



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

José Geraldo da Mota Júnior

**A INVESTIGAÇÃO DO ERRO: CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIDADES
DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EM QUÍMICA COM ALUNOS DE
ENSINO MÉDIO E SUA UTILIZAÇÃO PARA O ENSINO DE TITULAÇÃO**

Bauru

2021

JOSÉ GERALDO DA MOTA JÚNIOR

**A INVESTIGAÇÃO DO ERRO: CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIDADES
DAS ATIVIDADES INVESTIGATIVAS EM QUÍMICA COM ALUNOS DE
ENSINO MÉDIO E SUA UTILIZAÇÃO PARA O ENSINO DE TITULAÇÃO**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, área de concentração Ensino de Ciências, sob a orientação da prof^a Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani.

Bauru

Mota Júnior, José Geraldo.

A investigação do erro: características e potencialidades das atividades investigativas em química com alunos de ensino médio e sua utilização para o ensino de titulação / José Geraldo da Mota Júnior, 2021

136 f. : il.

Orientadora: Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2021

1. Ensino de Química. 2. Ensino por Investigação. 3. Erro. 4. Experimento Investigativo. 5. Ensino de Titulação.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JOSÉ GERALDO DA MOTA JÚNIOR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS DE BAURU.

Aos 24 dias do mês de fevereiro do ano de 2021, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JOSÉ GERALDO DA MOTA JÚNIOR, intitulada **A Investigação do Erro: características e potencialidades das atividades investigativas em Química com alunos de Ensino Médio e sua utilização para o ensino de titulação.** A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof^ª. Dr^ª. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências - UNESP - Bauru, Prof. Dr. JOÃO MANOEL DA SILVA MALHEIRO (Participação Virtual) do(a) Departamento de Pedagogia / Universidade Federal do Pará - UFPA, Prof. Dr. ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE (Participação Virtual) do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - UNESP - Bauru. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof^ª. Dr^ª. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

Prof. Dr. JOÃO MANOEL DA SILVA MALHEIRO

Prof. Dr. ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE

*Dedico este trabalho a minha esposa e a meu filho. Vocês dão
sentido à minha vida.*

Agradecimentos

A professora **Dra Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani**, pelas orientações em todas as etapas do projeto, pela liberdade de expressão e oportunidade dada para manifestar meus anseios diante deste trabalho.

Aos professores **João Malheiro e Alexandre**, pelas contribuições antes, durante e depois do processo de qualificação do meu trabalho. Agradeço a leitura criteriosa e cuidadosa, alinhando as correções necessárias para o meu exame de defesa.

A minha esposa, **Paula**, que sempre esteve ao meu lado, me motivando para ir atrás dos meus objetivos pessoais e profissionais. Agradeço também pela compreensão depositada, por entender que o desenvolvimento deste trabalho vai contribuir para a minha formação, e por sempre me lembrar dos nossos propósitos de vida.

Aos **meus pais**, que sempre colocaram em pauta a necessidade de estudar cada vez mais. Agradeço pelos pernoites após dias cansativos de trabalho e por me ouvir, sempre que precisava de um conselho.

Ao amigo **Célio**, novo amigo que a Unesp me deu. Sua história de vida, seus objetivos pessoais e sua força de vontade me inspiraram para desenvolver meu trabalho. Espero manter sua amizade por longa data.

Ao amigo **Renan**, que sempre esteve disposto a ajudar os que estavam a sua volta. Espero encontrá-lo novamente para, sem a exigência de correr contra o tempo, comemorar mais uma vitória, com muita Texana.

A minha amiga **Niomar**, pela força de vontade e história de vida. Por mostrar que as nossas dificuldades são mínimas diante da felicidade que nos espera.

Aos amigos do **Centro Paula Souza**, por compartilhar das mesmas dificuldades ao entrar no Programa de Pós Graduação em Educação para Ciência.

Aos amigos do **RIPEQ**, pelo compartilhamento das pesquisas desenvolvidas e pela ajuda no alinhamento dos meus objetivos de pesquisa.

Por fim, e talvez o mais importante, ao meu filho **Arthur**, que alinhado a toda a minha questão de pesquisa, é o responsável por me fazer as perguntas mais intrigantes. Espero que um dia, por livre e espontânea vontade, leia este trabalho e se inspire a sempre ser pesquisador de si.

Muito obrigado!

Todos os homens são passíveis de errar; e a maior parte deles é, em muitos aspectos, por paixão ou interesse tentada a fazê-lo.

John Locke

Resumo

Nesta pesquisa, procuramos investigar o desenvolvimento de um experimento com enfoque investigativo em alunos da segunda série de Ensino Médio, de uma escola Técnica Estadual. Para isso, selecionamos dentro dos conteúdos trabalhados nesta série, o tema titulação ácido-base, que contempla um conjunto de conhecimentos prévios necessários para sua estruturação. Alinhado ao experimento com enfoque investigativo, proposto neste trabalho e baseado em Cañal (1997), planejamos uma Unidade Didática Multiestratégica (BEGO, 2015), com o objetivo de nos dar um aporte teórico capaz de responder à questão de pesquisa. Monitoramos a formulação de hipóteses dos alunos, analisando o como eles reconhecem um erro experimental, de natureza conceitual e/ou procedimental (POZO, 2009), e como prosseguem na investigação. As análises possibilitaram a categorização dos turnos de fala dos alunos de acordo com o surgimento dos erros no experimento, permitindo compreender que, em sua maioria, os alunos apontam como causadores dos erros, as falhas metodológicas, associadas às técnicas manipulativas nos instrumentos. Também possibilitou a compreensão do prosseguimento na investigação, onde a reformulação do desenvolvimento experimental utilizando sequências manipulativas diferentes está presente. Nesse sentido, o trabalho demonstrou uma boa perspectiva futura quanto ao ensino do conceito de titulação para os alunos de Ensino Médio, pois possibilita ao aluno formular e reformular hipóteses durante a investigação, bem como permite, ao professor, reformular sua prática, integrando a ela a necessidade da sintonia entre educando e educador.

Paravras-Chave: Ensino de Química. Ensino por Investigação. Erro. Experimento Investigativo. Ensino de Titulação.

Abstract

In this search, we seek to investigate the development of an experiment with an investigative focus on the second year of High School students, from a State Technical School. For this, we selected within the contents already worked on in this series, the acid-base titration theme, which includes a set of prior knowledge necessary for its structuring. Aligned with the experiment with an investigative approach, proposed in this work and based on Cañal (1997), we plan a UDM (BEGO, 2015), to give us theoretical support to answer the research question. We monitored students' hypotheses formulation, analyzing how they recognize an experimental error of a conceptual nature and/or a procedural one (POZO, 2017), and how they proceed with the investigation. The analyses enabled the categorization of students' speech according to emerging errors in the experiment, allowing us to understand that, in most cases, the students pointed out the methodological flaws associated with the manipulative techniques in the instruments as the causes of errors. It also made possible the comprehension of the continuity of the research, where the reformulation of experimental development working with different manipulative sequences is being used. In this sense, the work presented a good future perspective regarding the teaching of the concept of qualification for High School students, as it allows the second-year learners to formulate and reformulate hypotheses during the research, as well as makes it possible for the teacher to reformulate his techniques, integrating into it the need for harmony between student and educator.

Keywords: chemistry teaching. Error. Investigative experiment. Titration teaching.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Análise de Conteúdo
CEFAM	Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério
ED	Excluir os Dados
EI	Ensino por Investigação
EM	Ensino Médio
ETIM	Ensino Técnico Integrado ao Médio
ID	Ignorar os Dados
MT	Mudar a Teoria
RD	Rejeitar os Dados
RiD	Reinterpretar os dados
RmP	Realizar Mudanças Periféricas
SD	Suspender os Dados
UDM	Unidade Didática Multiestratégica

LISTA DE QUADROS

- Quadro 01:** Definições sobre investigação em trabalhos americanos
- Quadro 02:** Princípios didáticos que norteiam o Ensino por Investigação.
- Quadro 03:** Conceitos científicos desenvolvidos na escola.
- Quadro 04:** Plano Didático da disciplina de Química para o ETIM Serviços Jurídicos.
- Quadro 05:** Análise científico-epistemológica da UDM.
- Quadro 06:** Contexto da Intervenção Didático Pedagógica
- Quadro 07:** Análise Didático Pedagógica da UDM
- Quadro 08:** Seleção dos objetivos e estratégias de avaliação da UDM.
- Quadro 09:** Seleção de estratégias didáticas e procedimentos de avaliação.
- Quadro 10:** Taxonomia de sete respostas possíveis a dados anômalos
- Quadro 11:** Categorias encontradas na AC do grupo 1.
- Quadro 12:** Análise global das categorias encontradas no grupo 1
- Quadro 13:** Categorias encontradas na AC do grupo 2
- Quadro 14:** Análise global das categorias encontradas no grupo 2
- Quadro 15:** Categorias encontradas na AC do grupo 3.
- Quadro 16:** Análise global das categorias encontradas no grupo 3
- Quadro 17:** Categorias encontradas na AC do grupo 4
- Quadro 18:** Análise global das categorias encontradas no grupo 4
- Quadro 19:** Síntese dos dados encontrados nos grupos 1, 2, 3 e 4.
- Quadro 20:** Contribuições do erro para a investigação do experimento.
- Quadro 21:** Ponto final e ponto de equivalência em uma titulação ácido-base

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Etapas de desenvolvimento dos experimentos e análise do erro

Figura 02: Planejamento da UDM

Figura 03: Etapas da pré análise dos documentos

Figura 04: Característica predominante da rejeição dos erros no experimento

Figura 05: Curva de titulação do ácido etanóico com hidróxido de sódio

Figura 06: Comparações entre a temperatura de ebulição de líquidos com interações intermoleculares diferentes

SUMÁRIO

Caminhos trilhados para o desenvolvimento deste trabalho	14
Objetivos e questão de pesquisa	19
1 Ensino por Investigação.....	22
1.1 Experimentação no Ensino de Ciências	22
1.2 A motivação do aluno na construção do conhecimento científico.	26
1.3 Ensino de Ciências por Investigação.	28
2 O Erro	39
3 Caminhos Metodológicos.....	48
3.1 Contexto em que o trabalho está inserido	48
3.2 Objetivos da UDM com enfoque investigativo	51
3.3 Unidade Didática Multiestratégica	52
4 Resultados e discussões	62
4.1 Análise dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito do estudo das soluções	62
4.2 Categorias utilizadas na Análise de Conteúdo (AC)	63
4.3 Pré análise dos documentos	67
4.4 Análise dos documentos textuais obtidos após a atividade prática investigativa	68
Considerações Finais	92
Referências	94
Apêndices.....	101
Apêndice 01: Fundamentos químicos para o experimento: titulação ácido – base	101
Apêndice 02: Transcrição da devolutiva do professor para toda a sala.....	111
Apêndice 03: Transcrição do grupo 01	115
Apêndice 04: Transcrição do grupo 02.	120
Apêndice 05: Transcrição do grupo 03.	126
Apêndice 06: Transcrição do grupo 04.	130
Apêndice 07: Registros dos Diários de Aula	133

Caminhos trilhados para o desenvolvimento deste trabalho

“A experiência é o nome que damos aos nossos erros.”

Oscar Wilde

Diante de todos os caminhos trilhados no desenvolvimento deste trabalho, direciono o leitor para um breve resumo, parafraseando Oscar Wilde, e coloco uma espécie de cartão de visitas para situá-lo. De certa forma, a análise que o erro pode inserir nas situações de aprendizagem é a mais interessante de todas as experiências produzidas ao longo da vida do sujeito.

No caminho de todo desenvolvimento desta pesquisa, preciso alocar toda minha vivência escolar e pessoal para justificar o que catalisou as escolhas. A curiosidade para investigar fenômenos e compreender cada vez mais o Universo que nos rodeia sempre estiveram presentes em minha vida.

Lembro-me de todos os sábados em que, junto a meu pai, passávamos horas tentando arrumar o motor do Fusca 1967. Era possível escutar um ruído diferente, estabelecer um conjunto de prováveis defeitos e começar a investigar. Nem sempre acertávamos, mas sempre havia uma dose de motivação para encontrar os motivos pelos quais não estava dando certo todo o empenho ao tentar arrumá-lo. A curiosidade adquirida para a resolução de um problema estava, mesmo que sem a minha ciência, atrelada às ideias de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1978). Para esse autor, a aprendizagem significativa acontece quando o indivíduo é capaz de associar novos conhecimentos com aqueles já adquiridos.

O erro não era bem visto na escola e em casa. Para minha mãe, a única obrigação era estudar. Isso inclui, também, não errar nos estudos. Falo sobre o erro, pois era inadmissível ter tempo para estudar e mesmo assim errar uma questão ou outra na prova. Em casa, sempre havia um castigo ou outro direcionado a minha irmã e a mim, devido aos erros por nós cometidos.

De certa forma, os conhecimentos adquiridos através da minha vivência na infância, serviram de motivadores para meu gosto pela disciplina Ciências no Ensino Fundamental. É importante destacar que, mesmo tendo muita curiosidade e gosto para aprender Ciências na escola, o Ensino de Ciências da época não era o mesmo dos dias atuais. Poucas eram as atividades práticas e os professores alegavam pouco

tempo e condições para o seu planejamento. Esta perspectiva está alinhada aos discursos de professores atualmente (RAMOS *et. al.*, 2008).

Minhas recordações sobre as primeiras séries do Ensino Fundamental permeiam as ideias dos conhecimentos prévios levados para a escola e dos novos, que foram adquiridos ao longo dos anos escolares. Mesmo que seja extremamente importante considerar que o aluno não é um vazio conceitual (GUIMARÃES, 2009) e que os conhecimentos prévios devem ser evidenciados no processo de aprendizagem, encontramos alguns trabalhos contendo estudos de casos onde o professor desconsidera os conhecimentos trazidos pelos alunos, alegando não fazer parte do conceito central que se desenvolve na escola (TEIXEIRA, 2010).

Campanário (2004) mostra que há, na literatura, diferentes definições sobre conhecimentos prévios. Para o autor, a maioria das definições estão diretamente relacionadas a concepções errôneas trazidas pelos alunos até a escola. Lembro-me que, quando cursava o Ensino Fundamental, a escola ainda tinha um número significativo de professores que não davam voz aos alunos.

Também era muito presente a ideia, na visão dos alunos, de não se manifestar de forma contrária a ideia do professor por medo de errar. Luckesi (1990) mostra que diante de algumas situações envolvendo o erro escolar as punições apareciam de forma mais ou menos intensa. Não cheguei a presenciar nenhuma punição mais severa, mas confesso que tinha muito medo de errar ao responder algo para a professora.

De certa forma, minha história com o erro começa aqui. O erro era tratado como algo a ser descartado. Essa difícil realidade permeou todo o Ensino Fundamental 1 e 2¹.

No ano de 2003, ingressei no CEFAM². Fazia o Ensino Médio junto ao curso de Magistério, onde estava me preparando para, ao final da terceira série, dar aulas para o Ensino Fundamental 1. Foi um período de estudos muito intensos, em que aprendi sobre alguns autores de renome no âmbito da Educação (PIAGET, 1970;

¹ Ensino Fundamental 1, hoje dividido entre o 1º ao 5º ano. Ensino Fundamental 2, hoje dividido entre o 6º e 9º ano.

² Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério. Neste curso, os alunos tinham a oportunidade de fazer o Ensino Médio e o Magistério juntos.

VYGOTSKY, 1984; FREIRE, 1997). De todos os momentos de aprendizagem adquiridos neste período, alguns ficaram marcados, pois se tratava de teorias muito importantes para o desenvolvimento da aprendizagem do aluno. As leituras e discussões permitiram uma introdução às teorias envolvendo os processos de aprendizagem, bem como o encantamento pela área e minha posterior escolha em ingressar no Ensino Superior, através da Universidade de Franca, no curso de Licenciatura Plena em Química.

Partindo de toda minha vivência nos anos anteriores a esta etapa, a Universidade possibilitou o aprofundamento de todas as concepções já estudadas. As aulas de Práticas de Ensino contribuíram para o alinhamento da minha prática enquanto professor. Nesta disciplina, o professor fazia questão de deixar claro que para ensinar Química no Ensino Médio bastavam poucos materiais. Isso veio reforçar algumas leituras que permitiam analisar a potencialidade do uso de materiais de baixo custo na disciplina (SANTOS, 2020) bem como o uso de recursos tecnológicos, como os laboratórios remotos (VIEIRA, 2012).

A motivação, em estar diante de um laboratório didático de uma Universidade, aumentava na medida em que o aprofundamento de conceitos em Química acontecia. O motor deste impulso era, em grande parte, causado pelas disciplinas que discutiam sobre as práticas do professor e do dia a dia da sala de aula. Havia uma incompatibilidade entre elas e algumas aulas experimentais, como Físico-Química 1, 2 e 3, que mostravam a rigorosidade do método científico e dos roteiros experimentais.

Lembro-me de todos os experimentos que deram “errado” nessas disciplinas. Não sabia onde estava o erro, mas em todos os referenciais teóricos utilizados (BACCAN, 2001; SKOOG, 2014) havia a exclusão, seguindo uma rigorosidade matemática³. Esta, sem dúvidas, foi a inquietude que mais motivou minha pesquisa. Não achava justo o experimento dar “errado” e nada de produtivo pudesse ser extraído.

Ao longo de 12 anos, após a conclusão deste curso, me dediquei a desenvolver minhas atividades como professor de Química nas redes pública e privada. Foram

³ O experimento deve ser feito em triplicata. O valor discrepante era desconsiderado, sem maiores reflexões sobre os causadores.

realidades muito diferentes, mas que de certa forma contribuíram muito para o meu crescimento profissional.

Como professor da rede pública, lecionava a disciplina de Química para alunos de Ensino Médio. Tinha que seguir um planejamento proveniente das Secretaria Estadual da Educação, mas tinha autonomia de adequar os conteúdos à realidade dos alunos, priorizando aquilo que julgava ser realmente valioso para eles, bem como propor atividades diferenciadas sempre que houvesse a necessidade. Foi muito bom. O antigo professor da disciplina não tinha o costume de trabalhar com experimentos, e minhas ideias eram aceitas pelos alunos, motivados pela novidade em se aprender os conhecimentos científicos de uma forma diferente.

Ainda estava adquirindo experiência diante das diferentes situações encontradas nas escolas em que lecionava. As dificuldades encontradas transitavam na questão da baixa participação dos alunos nas aulas, na falta de conhecimentos prévios para seguir com os conteúdos da série. Mesmo que hoje eu saiba que a falta de interesse dos alunos e a ausência de conhecimentos prévios podem ser um caminho para o planejamento das aulas de Química, naquela época eu encarava aquilo como um problema. Todas as situações de aprendizagem e discussões levantadas pelos alunos durante minhas aulas permitiram que eu me deparasse com a visão que os alunos carregam sobre a Química para o Ensino Médio. Eles queriam fazer experimentos, sair do ambiente da sala de aula para participar de uma aula no laboratório e, de certo modo, fui conquistando a confiança deles e adquirindo a experiência necessária para ser professor.

Na rede particular de Ensino não tinha a mesma autonomia. A rigorosidade e quantidade de conteúdos que tinham que ser desenvolvidos era muito grande. Os gestores incentivavam os professores ao uso de atividades experimentais, mas eram exigentes quanto ao cumprimento de todo o cronograma elaborado para a disciplina. Diante das exigências, eu seguia minha atuação, enquanto professor, me adaptando a todas as diferentes perspectivas dentro da escola, sempre deixando prevalecer minhas convicções a respeito do meu papel na formação dos alunos. A dicotomia, diante do uso das atividades inovadoras e a rigorosidade dos conteúdos a serem trabalhados, reforçavam a ideia de que os alunos precisavam ser preparados para passar no vestibular e não para interpretar, de forma crítica, os fenômenos que o cercam.

Percebi, ao longo de todos os experimentos propostos para os alunos de Ensino Médio, que os alunos gostavam bastante da Química que estávamos aprendendo. Encontro, atualmente, um conjunto de autores dialogando sobre a potencialidade que as atividades experimentais podem acarretar a aprendizagem em Ciências (DE JONG, 1998; GALIAZZI, 2004; ARROIO, 2006; SUART, 2009; OLIVEIRA, 2010; ATAIDE, 2011; SOUZA, 2013). Diante disso, a minha curiosidade em desvendar os mecanismos que facilitam a compreensão da Química utilizando a experimentação, foi aumentando cada vez mais.

Em meados de 2013 comecei a desenvolver minhas atividades como professor de Química para alunos de Ensino Médio e Técnico⁴. Resolvi aceitar o desafio ao elaborar a disciplina de Proteção contra Corrosão, para o nível técnico, e diante disso, encontrei vários percalços no meio do caminho. Os alunos tinham faixas etárias diferentes entre si, muitos vindos do Ensino Médio público, outros de colégios particulares, e meu maior estímulo estava em dar significado aos conceitos considerados essenciais para a disciplina, tanto para um grupo de alunos quanto para o outro. Os alunos que participavam da disciplina tinham uma certa resistência em desenvolver um experimento com elevado grau de abertura⁵, uma vez que os roteiros experimentais ainda faziam parte de suas rotinas no curso técnico. Oliveira (2010) destaca que os experimentos desenvolvidos através do uso de roteiros, seguem ao encontro de práticas meramente demonstrativas, tendo o professor como principal agente do processo de aprendizagem.

Neste período, comecei a inserir alguns experimentos com caráter investigativo. Coloquei todas as minhas convicções em pauta, na medida em que estava inserindo materiais de baixo custo em experimentos abertos e com elevado envolvimento do aluno. Percebi, então, que os alunos não estavam acostumados a ter autonomia na elaboração do experimento. Isso vai ao encontro do que Kamii (1990) diz ser a essência para a aprendizagem significativa, e resolvi dar continuidade aos experimentos com elevado grau de abertura (BELL; SMETANA; BINNS, 2005).

⁴ Modalidade de Ensino que integra o Ensino Médio ao curso Técnico em Administração de Empresas e Serviços Jurídicos.

⁵ Níveis, determinados de acordo com a proporção em que o professor facilita o desenvolvimento do experimento. Quanto maior o grau de abertura, maior deve ser a relação do sujeito com o fenômeno.

Em 2018, há exatos 10 anos da minha formação inicial, resolvi me inscrever no Programa de Pós Graduação em Educação para Ciência (PPGEDC), oferecido pela Faculdade de Ciências da Unesp de Bauru. Minhas convicções estavam alinhadas às linhas de pesquisa que eram desenvolvidas no Programa. Resolvi, diante de toda vivência em sala de aula e o novo universo em que estava entrando, seguir adiante na análise das atividades experimentais com enfoque investigativo, unindo-as com a antiga inquietude do erro.

Logo na primeira reunião de orientações para o desenvolvimento do projeto no PPGEDC, vimos a necessidade de ter um referencial teórico que valorizasse o erro na construção do conhecimento. Encontramos em Bachelard (1996) um aporte relevante para a análise do erro como inerente ao desenvolvimento científico, e em Pozo (2009) um aporte pedagógico que direciona o presente trabalho, pois considera que o aluno carrega para as aulas um conjunto de concepções que devem ser levadas em conta na construção do conhecimento científico.

Para tal, decidi analisar o desenvolvimento dos alunos diante de um experimento de titulação ácido-base⁶, tendo como base o processo mútuo de formação do aluno e do professor em uma atividade investigativa (CAÑAL, 1987). Por ser um experimento pouco utilizado nas aulas de Ensino Médio, o conjunto de vidrarias e técnicas para seu desenvolvimento é algo novo para a maioria dos alunos.

Nesse sentido, considero que minhas vivências durante a infância transpassando os Ensinos Fundamental e Médio e atingindo o Ensino Superior, influenciaram diretamente o planejamento da presente pesquisa. O erro, que não era visto como algo positivo na fase inicial da minha escolarização, é o ponto crucial do meu Mestrado. Sem ele, a análise não seria possível.

Objetivos e questão de pesquisa

Tendo em vista que o Ensino por Investigação (EI) produz um processo de reflexão sobre fenômenos sob os quais se investiga e considerando o erro como algo inerente ao fazer ciência, a questão que nos orienta no desenvolvimento dessa

⁶ Técnica utilizada para determinar a concentração desconhecida de uma substância, tendo como base uma substância de concentração conhecida.

pesquisa é: **Quais as características do erro em atividades experimentais investigativas e sua possível utilização para o ensino do conceito de titulação?**

A questão que me orienta no desenvolvimento deste trabalho, catalisa alguns objetivos fulcrais à sua reflexão. Pretendo, diante disso:

- a. compreender a natureza dos erros conceituais e procedimentais nas atividades investigativas da disciplina de Química;
- b. valorizar o erro nas práticas investigativas;
- c. analisar como os alunos identificam o erro e progridem na investigação;
- d. verificar as contribuições dos resultados obtidos para o ensino do conceito de titulação.

A estrutura deste trabalho está dividida em quatro capítulos de acordo com as temáticas essenciais para responder à questão de pesquisa.

No Capítulo 1, denominado **Ensino por Investigação**, vamos discorrer sobre a importância das atividades experimentais para o Ensino de Ciências, falando sobre a motivação do aluno ao realizá-la, bem como o desenvolvimento da autonomia para o estabelecimento das hipóteses. Vamos fazer uma breve análise sobre o significado do termo Investigação em diferentes referenciais e demonstraremos a definição utilizada no presente trabalho.

No capítulo 2, **O Erro**, vamos falar sobre o erro desde sua simples exclusão de todo processo experimental à reflexão sobre os causadores dos resultados inesperados no laboratório didático. Para isso, vamos utilizar Pozo (2009) para compreender as concepções alternativas que os alunos demonstram ao analisar o experimento e explorar seu potencial para o Ensino de titulação ácido-base.

No capítulo 3, denominado de **Caminhos Metodológicos**, vamos falar sobre a análise qualitativa que este trabalho se propõe a fazer e demonstrar, através de uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM), que o planejamento de experimentos com enfoque investigativo, podem contribuir para o Ensino de Ciências.

No capítulo 4, denominado de **Resultados e Discussões**, vamos analisar os dados coletados através da interação entre os alunos participantes e categorizá-los de acordo a Análise de Conteúdo (AC). Utilizaremos, para tal, categorias

estabelecidas *a priori*, tendo como referências algumas taxonomias de respostas a dados anômalos (CHINN, 1998).

Por fim, destacamos algumas considerações finais que direcionam as discussões presentes neste trabalho e colocam, de forma objetiva, alguns apontamentos para futuras pesquisas na área de Ensino de Química.

1 Ensino por Investigação

Neste capítulo vamos apresentar o Ensino por Investigação, proposto por Cañal (1997), estabelecendo um sentido cronológico para o uso da terminologia. Para isso, exibiremos algumas sessões que permitirão estabelecer a importância desta proposta para a experimentação no Ensino de Ciências.

1.1 Experimentação no Ensino de Ciências

Aristóteles, há mais de 2300 anos já destacava o papel primordial da experimentação para o desenvolvimento humano. Para ele, a falta de experimentação pode provocar o estabelecimento de hipóteses equivocadas sobre os fenômenos (GIORDAN, 1999). Séculos depois, consolidava-se a ciência indutivista, que consistia em creditar à ciência e à experimentação, todas as evidências empíricas necessárias para se compreender determinado fenômeno.

Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650) e Galileu Galilei (1564-1642), considerados fundadores da ciência moderna (GIORDAN, 1999), contribuíram para a estruturação do Método Científico, o que possibilitou a Augusto Comte (1798-1857) a desenvolver as ideias positivistas que influenciam até hoje as práticas pedagógicas em ciências. A partir da década de 60, houve o surgimento de linhas de pesquisa (SCHNETZLER, 1995; KRASILCHIK, 1987) que, influenciados pela psicologia cognitiva e pela epistemologia estruturalista de diversas áreas, desenvolveu um período fértil de discussões a respeito da imagem da ciência e do Ensino de Ciências em diferentes partes do mundo. Embora tenhamos inserido referenciais teóricos do final da década de 80 e início da década de 90, as discussões que eles trazem para o estudo das ciências são atuais, possibilitando que vários autores os utilizem como aportes teóricos no Ensino de Ciências (KRASILCHIK, 2000; SANTOS, 2007; BORGES, 2007; NASCIMENTO, 2010; ANDRADE, 2012).

Na perspectiva de contribuir para um conjunto de situações destinadas à formação docente, bem como seu uso na construção do conhecimento científico, a experimentação é aliada indispensável, pois possibilita a imersão do aluno no universo interpretativo dos fenômenos e possibilita ao professor o uso de uma ferramenta que, a priori, se sustenta através do envolvimento do aluno ao desenvolvê-la (CUNHA, 2012; SOUZA, 2013).

Laburú (2006) propõe que, diante do uso da experimentação nas aulas de ciências, o professor pode provocar o rompimento das atitudes de inércia, desatenção, apatia e de pouco esforço dos alunos, criando a motivação necessária para que os estudantes se dediquem às tarefas subsequentes na aquisição do conhecimento científico.

Diante do cenário que se estabelece nas relações de diálogo em sala de aula, e no desenvolvimento da experimentação em grupos que favoreçam o conflito entre as ideias, destaca-se a busca por dar sentido às relações do sujeito com o mundo, consigo mesmo e com o outro. À experimentação, também é atribuída a incumbência de relação entre os indivíduos, desenvolvida nos trabalhos práticos em grupos, nos debates acerca da interpretação dos fenômenos e na busca pelo consenso diante de exposições de ideias diferentes para uma mesma situação (MONTEIRO, 2004).

Entretanto, encontramos pesquisas com propostas antagônicas quando se analisa o desempenho dos alunos diante de atividades práticas. Leite (2002) estabelece a relação entre a aprendizagem dos alunos e as atividades experimentais de baixa consistência, argumentando sobre o falso cenário que se obtém a respeito da construção do conhecimento dos alunos, reduzida a rotinas de repetição e aplicação de técnicas que, *a priori*, já estão definidas nos manuais experimentais. Esta concepção carrega, em linhas gerais, um conceito ingênuo da ciência, fortalecendo ainda mais a ideia positivista da construção do conhecimento científico.

Por outro lado, Oliveira (2010) estabelece que a experimentação, mesmo aquelas com caráter puramente verificativo, possuem um traço construtivo que favorece a aprendizagem dos alunos. A mudança da rotina de sala de aula à execução de um experimento, já é um fator extremamente relevante para a aprendizagem dos alunos. A análise crítica a respeito de dois aportes teóricos diferentes entre si, a respeito da finalidade das atividades práticas, nos encaminha a investigação do desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, tendo como principal norteador de todo o processo, o planejamento de uma prática investigativa. Mais adiante, analisaremos o potencial erro na experimentação e, de acordo com as dinâmicas adotadas em todo o processo investigativo, compreender até que ponto ele sustenta suas convicções iniciais e as substitui, quando necessário, por novos conhecimentos científicos.

Guimarães (2009) diz que a experimentação pode servir de estímulo para investigação e questionamentos no ensino de ciências. O autor afirma:

Ao ensinar ciência, no âmbito escolar, deve-se também levar em consideração que toda observação não é feita num vazio conceitual, mas a partir de um corpo teórico que orienta a observação (GUIMARÃES, 2009, p.198).

Diante disso, os pressupostos que justificam a experimentação no Ensino de Ciências têm base nos conhecimentos que os alunos carregam para sala de aula e devem ser estimulados para a compreensão dos fenômenos que são observados.

Como ponto fundamental da experimentação, Chevallard (1985) mostra que o significado que o aluno vê naquilo que está aprendendo é determinante para a construção do conhecimento. A esse princípio o autor denomina de transposição didática e, diante disso, o aluno passa a compreender a linguagem teórica da ciência e a utiliza para a resolução de problemas cotidianos, estabelecendo hipóteses e testando-as quanto a sua veracidade.

Segundo Hodson (2005), quando os experimentos são feitos sem o planejamento necessário para que seu conteúdo tenha valor ao desenvolvimento cognitivo do aluno, elas acabam se transformando em simples demonstrações de fenômenos físicos e químicos, que não contribuem para a aprendizagem em Ciências.

De forma direta à redução epistemológica dos experimentos em manuais⁷, os alunos adquirem uma visão de desenvolvimento científico estático, onde os conceitos são inquestionáveis ao ponto de servir apenas para ilustrar o conteúdo desenvolvido teoricamente durante as aulas. Diante disso, o aluno não desenvolve o senso crítico frente ao fenômeno e, muitas vezes, reduz seu discurso ao apenas explicar os fatos ocorridos ao longo do experimento. Quando alguma situação inusitada se insere no desenvolvimento do experimento, não possui ferramentas capazes de investigar os motivos pelo qual o resultado foi contraditório ao que ele esperava.

A experimentação pode, diante de todos os pressupostos adquiridos historicamente ao longo do desenvolvimento científico, permitir uma reflexão mais incisiva a respeito da própria imagem que a ciência possui. Segundo Gil-Pérez e colaboradores (2001), o conhecimento científico passa por algumas distorções que,

⁷ Para maior aprofundamento, sugerimos uma leitura criteriosa sobre experimentos verificativos (SILVA, 2016).

grosso modo, estão em sintonia com o que se desenvolve em sala de aula e o que se produz nas pesquisas em Ensino de Ciências. Ao analisar um grupo de professores através de questionários, levando em consideração as práticas recorrentes durante o dia a dia de sala de aula, percebeu-se que a distorção mais recorrente se orientava para a concepção empírico-indutivista e atórica. Nessas concepções, os conhecimentos prévios dos alunos, bem como o estabelecimento de hipóteses não é parte integrante do desenvolvimento científico. Para os autores essa perspectiva vai ao encontro dos resultados obtidos, através das consultas bibliográficas de revistas de forte impacto no Ensino de Ciências, entre os anos de 1984 e 1998 (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001) e nos permite estabelecer uma comparação com as concepções atuais de Ensino de Ciências.

Nesse sentido, Bassoli, 2014 discute com referenciais teóricos do Ensino de Ciências, apontando as novas tendências, mitos e concepções a respeito da natureza da Ciência presente em diferentes modalidades de atividades práticas. Para a autora, a superação da visão deformada da ciência, fruto das interpretações equivocadas de professores, alunos, pesquisadores e trabalhadores das mais diferentes áreas é essencial quando o objetivo é favorecer a construção dos conhecimentos científicos.

Outra questão a ser considerada como determinante a respeito da imagem que a Ciência possui é a que se desenvolve perante uma rigidez científica. A Ciência, durante anos, foi sinônimo de trabalho individual, resultados inquestionáveis e infalíveis. Se desenvolvia Ciência com rigor acerca de um método próprio, que obedecia a uma lista de critérios que, sem eles, não se desenvolve o conhecimento científico. Não havia espaço para a criatividade e apenas o previsível era aceito. Essa segunda distorção do conhecimento científico é refletida nas práticas docentes que muitas vezes não passam de uma mera réplica do método científico adotado na sua formação inicial (CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2005; PRAIA *et al.*, 2007, GALIAZZI, 2012; BASSOLI, 2014; TRÓPIA, 2016).

Para o Ensino de Química, a experimentação é fundamental para a aprendizagem do aluno (GONÇALVES, 2006). Contudo, devemos reforçar a ideia de desenvolvimento científico como uma prática humana, e sua importância para a elaboração de hipóteses e desenvolvimento das concepções críticas dos alunos.

Oliveira (2010), destaca a importância da experimentação nas aulas de ciências e mostra que a motivação é o fator determinante tanto para os alunos, no que se refere ao empenho no seu desenvolvimento, quanto para os professores que demonstram o empenho dos alunos, principalmente aqueles mais dispersos durante as aulas, em realizar um experimento.

Francisco Jr (2008) destaca a ideia de que a motivação pode servir de elo para um bom envolvimento do aluno com as atividades experimentais, acarretando evoluções em termos conceituais. O ponto em comum entre as ideias levantadas pelos autores é a de que a experimentação é um ponto chave para a aprendizagem em ciências, e o planejamento de atividades práticas que levem o aluno a refletir sobre o fenômeno que se observa é papel do professor. Destacamos, contudo, que o uso da experimentação no Ensino de Ciências não garante a aprendizagem dos alunos, mas pode servir de catalisador para a curiosidade em aprender os conhecimentos científicos.

Alguns autores discutem sobre as características que cada professor possui e como esse conjunto de atributos podem influenciar no planejamento de experimentos no laboratório didático (BRAGA, 2005). Para eles, o planejamento dos experimentos que serão utilizados pode ser dividido em dois grupos: o ilustrativo e o investigativo. A experimentação ilustrativa pode ser caracterizada como uma atividade de baixo envolvimento do aluno, sem muita, ou nenhuma, problematização. Podem ser definidas como uma mera demonstração do experimento que se desenvolve ou até mesmo de uma verificação daquilo que, anteriormente, já foi desenvolvido através de teorias.

1.2 A motivação do aluno na construção do conhecimento científico.

As atividades práticas nas disciplinas de ciências podem provocar a curiosidade do aluno para a imersão no universo interpretativo presentes nos fenômenos naturais ou não. O envolvimento do aluno nas atividades práticas é o ponto crucial para a construção do conhecimento científico que fortalece a autonomia discente e estimula a reflexão do professor para uma prática dialética de fazer e do pensar sobre fazer. A motivação do aluno em produzir novos conhecimentos, propor hipóteses para a resolução de problemas e o desenvolvimento de práticas que dão sentido aos conhecimentos adquiridos, estão coligadas a um conjunto de estratégias que

valorizam a curiosidade nos momentos de ensino e aprendizagem desenvolvidos nas aulas de Ciências.

Segundo Carvalho e colaboradores (2013), o mundo tecnológico em que nossos alunos estão inseridos, exige que o professor recrie as suas aulas de forma a serem mais produtivas e eficientes. Para tal, as aulas de ciências precisam ser desafiadoras, possibilitando o conflito entre as ideias e a socialização como critérios de sistematização do aprendizado.

Assim, o professor anula a retórica discursiva, que ainda permanece presente em suas práticas, dando voz cada vez mais significativa às relações de diálogo em sala de aula. As limitações docentes a serem superadas diante da inserção das relações de diálogo em sala de aula, para muitos professores, é significativo. Para tal, há necessidade de analisar a aprendizagem do aluno como algo que, obrigatoriamente, necessita de envolvimento (MONTEIRO, 2016).

Diante disso, podemos elencar diferentes condições para que haja o comprometimento do aluno com aquilo que está sendo desenvolvido durante uma atividade experimental, mas a maioria, senão todas, relacionam-se ao sentido que o aluno estabelece naquilo que aprende. O objeto a ser analisado precisa ser factível àquilo que ele considera relevante no cotidiano do aluno (WILSEK, 2009). Sabemos que, uma das formas pelas quais os alunos desenvolvem o entendimento conceitual, é através da investigação, possibilitando a profunda reflexão sobre os fenômenos que se observa e sobre os quais se investiga e, consequência disso, julgamos ser importante o uso do modelo investigativo nas atividades de ensino (ZÔMPERO, 2011).

A análise sobre o ponto de vista da motivação que as atividades experimentais podem provocar nos alunos, nos permite chegar ao ponto central do planejamento do professor. Devem ser consonantes ao factível, na medida em que a construção do discurso científico aconteça diante daquilo que de fato produzam resultados. Em outras palavras, para que o desafio cognitivo presente nas atividades práticas tenha efeito nos processos de ensino e de aprendizagem dos alunos, não se deve planejar algo difícil de ser compreendido. Algumas atividades, por mais simples que pareçam, carregam uma bagagem reflexiva extremamente relevante à construção de conhecimentos científicos. Na medida em que os alunos conseguem visualizar o ponto central do experimento, permitindo a relação com outros assuntos pertinentes à

ciência, a motivação pode emergir como um elo incentivador do trabalho prático (LABURU, 2006).

1.3 Ensino de Ciências por Investigação.

Neste capítulo propomos estabelecer uma relação histórica da origem do termo Investigação, com apontamentos referenciados, triangulando com suas características mais relevantes. Diante disso, iniciamos com as influências de Dewey (1959) como precursor das ideias que este trabalho se propõe a analisar. Serão discutidos os apontamentos produzidos pelo professor Joseph Schwab (1909-1988) e o surgimento da perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) bem como sua influência no conceito de Investigação pelo mundo.

Faremos uma breve introdução sobre Investigação no Brasil, propondo a análise de sua indicação na LDB (Lei de Diretrizes e Bases) de 1996 (BRASIL, 1996) bem como nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997). Finalizamos este capítulo com a perspectiva espanhola de Investigação, utilizando as ideias de Cañal (1997), consolidando o referencial teórico do presente trabalho de pesquisa.

1.3.1 Características Gerais do Ensino por Investigação

Para aprofundar epistemologicamente a pesquisa que se desenvolve através de práticas experimentais com enfoque investigativo no laboratório de química, buscamos, em um breve histórico encontrado em artigos científicos, teses e dissertações, elaborar uma linha norteadora para o desenvolvimento das reflexões acerca do nosso objeto de estudo.

Para alguns autores, não há novidades em ensinar ciências através de um objeto a ser investigado (MUNFORD, 2007), pois o Ensino por Investigação tem como fundamento central a curiosidade para compreender o mundo. Diante dessa ideia, insere-se a investigação como algo inerente ao Ensino de Ciências, uma vez que compreender aquilo que nos cerca é trivial à atividade humana.

Hodson (1994) considera que os alunos estabelecem um valor muito importante no desafio cognitivo, nas atividades práticas com caráter desafiador. Essa característica importante das atividades práticas está muito presente em diferentes trabalhos que se dedicam a compreender a comunicação no Ensino de Ciências nos

diferentes níveis de ensino (ALVES FILHO 2000; LEITE, 2000; BORGES, 2002; LABURU, 2006; MALHEIRO, 2009; SUART, 2009; OLIVEIRA, 2010; NERY, 2018).

Diante disso, o presente trabalho se firma na condição de propor um desafio cognitivo ao aluno, utilizando um experimento envolvendo algo factível ao cotidiano.

1.3.2 Origem do Ensino por Investigação

Historicamente, podemos destacar as contribuições do filósofo Dewey (1959), para a teoria da investigação e as cinco fases do pensamento reflexivo: a. uma dúvida genuína ou um problema; b. a intelectualização do problema; c. o estabelecimento de hipóteses; d. raciocínio e; e. a verificação das hipóteses.

A primeira fase do pensamento reflexivo considera ter um problema a ser resolvido, desenvolvendo o conflito de situações rotineiras. O início da reflexão começa quando sentimos a interrupção de uma atividade e não sabemos como continuar (DORIGON, 2008).

A segunda fase se consolida na ideia de que todo problema bem analisado é meia resposta dada. O problema e a solução emergem, simultaneamente, através da intelectualização e da reflexão a respeito do conjunto de estratégias que serão consideradas para solucioná-lo.

A terceira e a quarta fase do pensamento reflexivo, em profundidade, extensão e perfeição, são determinantes para a construção do conhecimento através de experiências claramente reflexivas, transformando o ato de pensar em uma experiência (DORIGON; ROMANOWSKI, 2008). Nesse sentido, as ideias levantadas e o raciocínio sobre elas, caminham ao encontro da resolução da dúvida genuína, apontada na primeira fase do pensamento reflexivo. As ideias de Dewey contribuíram, de fato, para campo educacional, assim como provocaram, no campo da filosofia, a reflexão sobre a experiência do homem no mundo real.

Por fim, a verificação das hipóteses proposta por Dewey na quinta fase do pensamento reflexivo, se torna indispensável para a análise do problema que se pretende solucionar. O autor considera que a reflexão é uma consequência daquilo que tentamos fazer com aquilo que de fato acontece.

Os apontamentos e contribuições provocadas por Dewey durante um período em que a principal contribuição da ciência, na perspectiva escolar, era de acúmulo de

informações, o levou a questionar as propostas de ensino da época. Nesse contexto, Dewey justifica a necessidade de inserir atividades práticas nos currículos de ciências (DEWEY, 1938). Tal aporte teórico é marcado por apresentar os estágios principais do método científico e influenciou diversos textos científicos a considerarem a variedade de estratégias possíveis para a resolução de um problema.

Mesmo exercendo um papel importante e questionando a educação da época, as ideias de John Dewey não foram implantadas no sistema educacional dos Estados Unidos. Influenciadas pela forte oposição do modelo político da época, suas ideias foram colocadas de lado e somente retornaram no final do século XX, atuando não apenas no modelo americano como em outros países (VIEIRA, 2012).

Joseph Schwab (1909-1988), professor da Universidade de Chicago, exerceu importante papel na difusão da investigação. Entre as décadas de 50 e 60, os estudos de Schwab deixaram de ser implementados, devido a exigência de rigorosidade das investigações a serem realizadas pelos estudantes e, em meados de 1970, com o agravamento das situações ambientais, surge a necessidade de preparar cidadãos esclarecidos e capazes de interagir com o mundo científico (GUIDOTTI, 2017). Nesse sentido, a exigência da relação entre Ensino de Ciências e Educação Ambiental estava cada vez mais evidente, dando passe ao surgimento da perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que se tornou foco cada vez mais profuso nas Universidades no mundo inteiro.

Nesse período, em consonância com as influências de Dewey e Schwab para a educação em ciências, o foco era formar cidadãos capazes de interagir com o mundo científico (DEBOER, 2006). Nesse sentido, a ênfase dada aos conhecimentos científicos estava atrelada a resolução dos problemas sociais através da coleta de dados, interpretação e comunicação.

No Brasil, influenciado pela criação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC), em 1946, houve uma forte produção de materiais didáticos para a disseminação do princípio investigativo aos alunos. Para a maioria deles, era importante que os alunos participassem efetivamente das investigações no ensino de ciências e, contudo, desenvolvessem o raciocínio pertinente à construção de conceitos científicos. Algumas traduções de livros, como o *Chem Study*, são marcantes nessa época, reforçando ainda mais a ideia de repetir o que se entendia

por método científico (KRASILCHIK, 2008). Pouca importância se dava às relações com a imagem das investigações científicas, produzindo um conhecimento distante dos valores necessários para o fortalecimento da compreensão de evolução científica como uma construção social.

O significado do termo investigação, até 1980, não era consensual (ANDERSON, 2002; FLICK; LEDERMAN, 2006). Guidotti (2017) propõe a distinção de três definições para o termo investigação, tendo como base a influência da National Science Foundation (NSF) nos Estados Unidos.

Quadro 01: Definições sobre investigação em trabalhos americanos

Investigação Científica (<i>Scientific Inquiry</i>)	Aprendizagem por Investigação (<i>Inquiry learning</i>)	Ensino por Investigação (<i>Inquiry Teaching</i>)
Independência da ciência para com os processos educacionais. Referem-se às formas pelas quais os cientistas elaboram explicações sobre os fenômenos.	Construção dos conhecimentos científicos tendo como base o desenvolvimento dos cientistas. Trata-se de uma abordagem que reflete a natureza da investigação científica.	Trata-se de uma condição pela qual a aprendizagem dos conteúdos científicos pode ser facilitada pelo processo investigativo.

Fonte: Anderson (*apud*. Guidotti, 2017).

Diante do exposto no quadro 01, é possível estabelecer um novo conjunto de categorias relacionadas às visões sobre investigação nos trabalhos norte-americanos até a década de 80. Uma delas está diretamente relacionada com a aprendizagem por investigação, onde a premissa essencial é a de que o aluno aprende ciência fazendo ciência. Mais adiante, discutiremos o cenário brasileiro nessa abordagem.

Macêdo (2014) considera que essa definição se trata de uma transposição equivocada, onde a inserção do contexto científico no ambiente escolar é a chave para se aprender conceitos científicos. A segunda categoria presente nos trabalhos desenvolvidos, se relaciona diretamente a uma técnica de ensino. O objetivo central dessa modalidade é de provocar nos estudantes um conjunto de habilidades que fortalecem a ideia de compreensão dos saberes científicos, desenvolvendo a compreensão de fenômenos através da resolução de problemas e da proposição de hipóteses para serem testadas através de procedimentos experimentais. Trata-se de uma técnica em que os estudantes resgatam seus conhecimentos prévios e os utilizam para investigar os fenômenos.

No final da década de 80, as duas classificações foram unificadas, através do projeto Science For All Americans, havendo o surgimento do termo alfabetização científica (DEBOER, 2006). No entanto, vários documentos tentaram tornar consensual a ideia de investigação no âmbito escolar, deixando claro que até o final da década de 80 não se tinha uma ideia sólida sobre os procedimentos necessários para desenvolver a investigação em sala de aula.

No final da década de 90, o Brasil se consolidava na perspectiva educacional por destacar a investigação como necessária para o Ensino de Ciências. Os documentos oficiais destacaram essa perspectiva e com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997) começaram a ser publicados. Evidencia-se a presença da investigação como necessária em todas as disciplinas de Ciências da Natureza nos PCN:

A lógica quântica mostra que a intervenção do observador modifica o objeto observado. O observador interfere no fenômeno, pois a observação é uma interação. Assim, seria vã a esperança de um conhecimento objetivo do mundo desprendida de qualquer influência subjetiva. “O que nós chamamos de realidade não é nada mais que uma síntese humana aproximativa, construída a partir de observações diversas e de olhares descontínuos”. Essa continua sendo, no entanto, uma polêmica deste século, pois há ainda quem advogue uma total objetividade do conhecimento científico (BRASIL, 1998, p. 25).

Diante disso, a relação do observador com o objeto é colocada em pauta. Destaca-se a subjetividade na interpretação dos fenômenos e a busca por demonstrações a respeito da necessidade do rompimento da visão objetiva sobre a ciência que está sendo desenvolvida. Nesse sentido, ainda objetivando o rompimento da objetividade científica, destaca-se:

Finalmente, é importante reiterar que, sendo atividades humanas, a Ciência e a Tecnologia são fortemente associadas às questões sociais e políticas. Motivações aparentemente singelas, como a curiosidade ou o prazer de conhecer são importantes na busca de conhecimento para o indivíduo que investiga a natureza. Mas frequentemente interesses econômicos e políticos conduzem a produção científica ou tecnológica. Não há, portanto, neutralidade nos interesses científicos das nações, das instituições, nem dos grupos de pesquisa que promovem e interferem na produção do conhecimento (BRASIL, 1998, p. 25).

O preceito que finaliza a primeira parte desse documento, e se refere à caracterização da área de Ciências Naturais, é a demonstração de desenvolvimento científico como atividade humana, reforçando as influências políticas no seu avanço. Nesse sentido, espera-se que o indivíduo tenha condições de entender que a Ciência não é neutra a fatores externos, desenvolvendo então a motivação necessária para

investigar a natureza com uma perspectiva isenta de qualquer influência para a construção do conhecimento.

As reflexões apontadas nos documentos oficiais destacados anteriormente, devem ser utilizados para compreender o início da abordagem do Ensino por Investigação no Brasil que, mesmo que de forma minimizada, começa a surgir através de discussões a respeito do papel da Ciência, suas influências e sua necessidade para o Ensino de Ciências.

As provocações sobre Ensino por Investigação surgiram somente em 1996, após o surgimento da LDB (BRASIL, 1996). Em ambas as perspectivas, era tratado como uma atividade de ensino, se esquecendo da formação de professores para exercer o papel de mediadores em todos os processos investigativos em sala de aula.

Parente (2012) procura organizar o significado de investigação nas propostas de Ensino para aulas de Ciências, provocando algumas discussões a respeito de suas particularidades e dividindo os significados em: *a. Ensino por Descobrimento Dirigido; b. Investigação Dirigida; c. Investigação Orientada ou Trabalhos de Investigação; d. Ensino por Pesquisa; e. Educar pela Pesquisa; f. Investigação Escolar*. O processo de investigação é caracterizado, segundo a autora, por um esquema definido por perguntas, planejamento, realização e respostas. Abaixo, procuramos destacar algumas contribuições para a definição do termo utilizado neste trabalho de pesquisa.

No Ensino por descobrimento dirigido, um dos objetivos essenciais para sua utilização era a aproximação entre conceitos e métodos (MOREIRA; OSTERMAN, 1993). Esta aproximação criava uma visão distorcida do desenvolvimento científico, dando a ideia simplista de atividade científica (GIL-PEREZ, et al., 2001). Além disso, destacamos que neste modelo o professor era o centro da investigação, e as hipóteses eram conduzidas de acordo com um protocolo de rigor científico. O desenvolvimento das atividades precisava estar alinhado à reconstrução de um fato científico, em grupos de trabalho, para o fortalecimento da natureza social e do pensamento divergente.

Na investigação dirigida, a tentativa de reproduzir de forma fiel o trabalho desenvolvido pelos cientistas, é um dos pontos marcantes. O professor é fundamental para direcionar as discussões geradas durante a investigação. Trata-se de uma

prática aberta, onde o professor e o aluno dialogam para elaborar hipóteses na resolução de problemas.

Os trabalhos de investigação (VILCHES; SOLBES; GIL PEREZ, 2004) procuravam criticar a investigação centrada no professor. O objetivo central era que os alunos conseguissem desenvolver a investigação, tendo como plano de fundo, os conhecimentos científicos. Também notamos a busca pelo desenvolvimento CTS, mostrando que o desenvolvimento da investigação deve estar atrelado à busca de respostas para as questões de conotação social. Esta definição se assemelha ao Ensino por Pesquisa, mas este, por sua vez, adota a dimensão de que o professor também deve refletir sobre a sua prática.

A Pesquisa na Sala de Aula está fundamentada em Demo (2001). Nesta modalidade, o envolvimento do aluno e do professor em uma pesquisa permite o questionamento e da realidade, desenvolvendo, contudo, uma dimensão política muito importante na abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Lima (2002) reafirma esta ideia que a superação dos argumentos desenvolvidos só é possível quando há questionamento. Neste sentido, os conhecimentos científicos são considerados como extremamente importantes nesta abordagem, mas possuem a finalidade de desenvolver o aluno politicamente, deixando a ideia de verdade consensual e desenvolvida em grupo.

Por fim, a investigação escolar é definida como a aproximação entre a escola e a realidade do aluno e considera o encontro dos conhecimentos científicos dos escolares, na medida em que se progridem na investigação (PARENTE, 2012). Ao aluno, cabe a formulação de hipóteses, não para se adequar à realidade do cientista, muito menos para executar um trabalho individual durante o experimento, mas para assumir a posição de protagonista da investigação escolar, em conjunto com seus colegas. Diante disso, a investigação escolar parte do pressuposto de que o aluno precisa querer aprender (IZQUIERDO, 2010).

Por considerar que as atividades experimentais com enfoque investigativo são processos cíclicos de construção mútua de conhecimento, e por levar em conta a necessidade do professor estar sempre em sintonia com os alunos em todo o processo, caracterizando-se como pesquisador de sua própria prática, julgamos necessário tangenciar os preceitos americanos sobre Ensino por Investigação, uma

vez que não considera a formação de professores como essencial nas atividades de ensino.

Nesse sentido, encontramos em Cañal (1997) um aporte que supre as nossas convicções sobre Ensino por Investigação. Para que o professor esteja apto a inserir a proposta investigativa em sua prática, deverá antes de qualquer pressuposto, ser investigador de sua própria prática, o que permite se submeter a processos cíclicos de experimentação e avaliação, reformulação e melhora progressiva das atividades de ensino.

O ponto central de se considerar a investigação como um processo mutuo de formação entre alunos e professores, se deve ao fato de que o replanejamento de uma prática pedagógica permite ao professor analisar os pormenores mais relevantes da aprendizagem dos alunos, possibilitando corrigir aquilo que não deu certo, bem como dar sequência às práticas exitosas. Diante disso, encontramos diversos autores que consideram esta perspectiva relevante (CAÑAL, 1997; MALDANER, 1999). Zuliani (2006) adverte sobre a possibilidade dessas competências serem adquiridas logo na formação inicial do professor, pois o contato com pesquisadores e professores mais experientes podem fazer com que essa dinâmica seja mais eficiente.

Aliado ao Ensino Investigativo, alguns trabalhos destacam a importância das atividades experimentais como estratégias de ensino para alunos nas aulas de ciências (HODSON, 1994, 2005; GIL-PEREZ, 1996).

Suart (2008) propõe que ao inserir o aluno no processo de investigação em uma atividade prática, ele possivelmente desenvolverá habilidades para propor hipóteses na resolução de problemas. Nesse sentido, a proposta do Ensino por Investigação aliado às atividades práticas em laboratório de Ciências, serão o fio condutor para o desenvolvimento desta pesquisa.

Diante disso, levando em consideração a busca pelo estreitamento dos conteúdos desenvolvidos na atividade prática com os conhecimentos prévios que os alunos carregam, bem como a significância que o processo vai acarretar na vida do aluno, julgamos necessária a ideia de um referencial que dialogue com todos esses preceitos. Cañal (1997) dialoga entre a perspectiva da investigação dos alunos e os mecanismos que permitem ao professor ser o investigador de sua própria prática. Segundo o autor, os princípios didáticos que norteiam a investigação são assim definidos

Quadro 02: Princípios didáticos que norteiam o Ensino por Investigação.

Princípio	Objetivo
Autonomia	Oferecer aos alunos situações que propiciem o desenvolvimento de personalidade e conduta autônomas e aprendizagens significativas que se construam em contextos de autonomia individual e de grupo.
Predisциплиinaridade e interdisciplinaridade	Proporcionar através de atividades, aproximações sucessivas e estruturação das aprendizagens de maneira a conduzir a uma construção pessoal e coletiva de cada disciplina além das aproximações entre diferentes disciplinas.
Comunicação	Relacionar os códigos comunicativos próprios do saber acadêmico com os utilizados pelos alunos em sua comunicação cotidiana a fim de eliminar barreiras comunicativas que possam prejudicar a construção de processos investigativos.
Liberdade e cooperação	Estabelecer um esquema de relações que formalizem e concretizem as relações democráticas entre professor e aluno, a participação de todos nas decisões em todos os níveis e discussões baseadas na cooperação e debate para as propostas pedagógicas.
Ambiente de aprendizagem	Relacionar o favorecimento e reflexão sobre o meio, suas necessidades e superar o isolamento das escolas.

Fonte: CAÑAL (1997).

Notamos que o autor insere em seus trabalhos sobre investigação o papel determinante do professor. O planejamento de atividades investigativas deve seguir uma lógica intuitiva de reflexão da sua própria prática. Julgamos ser importante, não só para os estudos do referencial adotado, mas também para o trabalho em que essa pesquisa se propõe a desenvolver, analisar as falas dos alunos e professor.

A visão mais recente sobre o EI orientou vários estudos na Espanha (CLEMENT, 2015). Estes trabalhos apresentam reflexões a respeito do uso do EI como alternativa para estruturar o currículo, mas também como um modelo didático para o Ensino de Ciências. Diante disso, o EI proposto pela vertente espanhola (CAÑAL, 1997) é suficientemente capaz de dar o aporte teórico para o desenvolvimento do presente trabalho.

Cañal e Porlán (1987) descrevem o EI de acordo com o desenvolvimento de três fases: a. a investigação do aluno como um processo de aprendizagem significativa; b. o professor como facilitador desta aprendizagem e investigador de sua dinâmica em sala de aula e; c. o enfoque investigativo e evolutivo do desenvolvimento curricular. Dentre esses pressupostos, o EI consiste em dar autonomia ao aluno para propor hipóteses a respeito do fenômeno que se observa, bem como provocar a curiosidade em seguir adiante na investigação. O professor deve possuir, dentro dessa perspectiva, as ferramentas necessárias para que o aluno siga investigando o acontecimento, gerando um processo de aprendizagem significativa que pode, e deve, questionar suas concepções prévias. A construção cognitiva desse processo é orientada para a aplicação dos conhecimentos adquiridos em diferentes contextos e permite, ao aluno, acumular e difundir as informações adquiridas.

O EI é uma opção didática solidamente fundamentada e resultado de inúmeras discussões ao redor do mundo (CAÑAL, 2007). O autor comenta que as concepções atuais sobre o EI colocam em evidência o seu uso como estratégia de ensino e de formação de professores, mas adverte que algumas definições sobre o tema carregam uma visão ingênua sobre a própria investigação. Diante disso, Cañal (2007) argumenta que “[...] não há nada, em princípio, que justifique a exclusão ou restrição das potencialidades investigativas e comunicativas nas aulas escolares. (CAÑAL, 2007, p.10)”. Ainda neste trabalho, o autor aponta uma série de argumentos formulados a respeito do desenvolvimento dos processos de investigação nas aulas escolares:

[...] a investigação escolar não é mais que um dos possíveis métodos de ensino e aprendizagem para conseguir os objetivos curriculares...
 [...] a investigação escolar é um método de ensino muito lento...”
 [...] muitos alunos rejeitam a investigação, pois são tarefas incomuns para eles....
 [...] quando os alunos exploram aspectos problemáticos que lhes interessam, eles frequentemente encontram perguntas cuja resposta é desconhecida pelo próprio professor ou, às vezes, pela mesma ciência, que coloca o professor em uma posição embaraçosa e pouco compatível com o papel profissional...
 [...] a qualidade dos conhecimentos que os alunos atingem nas investigações são muito baixas... (CAÑAL, 2007, p.10, tradução nossa).

Algumas afirmações apontadas são, de fato, situações problemáticas de ensino, e mostram uma deficiência que não diz respeito a eficiência das investigações em sala de aula. Portanto, muitos desses apontamentos revelam situações que são

de domínio de outras vertentes de estudo e não podem inviabilizar o uso das atividades investigativas.

De acordo com estes pressupostos, a sequência deste trabalho será alinhada à perspectiva de Ensino por investigação para aluno e professor. Buscamos elaborar uma unidade didática seguindo os pressupostos do EI aqui demonstrado, considerando algumas situações inusitadas, tais como os erros conceituais e procedimentais, dentro do laboratório de Química. Para tanto, necessitamos de uma discussão sobre o tipo de erro gerado pelo procedimento experimental e como os alunos progridem através de sua investigação. No próximo capítulo, nos esforçamos para provocar no leitor, uma reflexão a respeito dos erros conceituais e procedimentais, de acordo com Pozo e Crespo (2006).

2 O Erro

Neste capítulo discutiremos o erro experimental e suas possíveis causas. Para isso, utilizaremos uma análise a respeito de como se apresenta a análise do erro em referenciais teóricos da Química Analítica e Química Geral, chegando às discussões pedagógicas e potencialidades dessa abordagem para alunos de Ensino Médio da disciplina Química.

Baccan (2001) propõe que os erros cometidos no desenvolvimento experimental possuem certo grau de incerteza. Para minimizá-los, necessita-se manter as incertezas abaixo do tolerável. Neste sentido, o autor destaca a precisão nas medições através da confiabilidade dos valores produzidos. Sem eles, a aceitação dos resultados obtidos dependerá de um tratamento estatístico.

Para efeitos de categorização, Baccan (2001) propõe que a análise dos erros cometidos possui dois tipos: os determinados ou sistemáticos e os indeterminados. Para os determinados, o autor estabelece novas categorizações subdivididas em 4 grupos: a. erros de método; b. erros operacionais; c. erros pessoais e; d. erros devidos a reagentes e instrumentos.

“Quando se realiza uma análise costuma-se seguir ou adaptar um procedimento ou método retirado da literatura. Entretanto, a realização de análises segundo um determinado método pode induzir a erros, inerentes ao próprio método, não importando quão cuidadosamente se trabalhe. Por exemplo, quando se faz uma análise volumétrica usando-se um indicador inadequado comete-se um erro. Este erro só será corrigido trocando-se o indicador usado. Os erros inerentes a um método são provavelmente os mais sérios dos erros determinados, pois são os mais difíceis de serem detectados” (BACCAN, 2001, p. 11).

Nesse sentido, o autor prevê que os experimentos devem seguir uma sequência de procedimentos encontrados na literatura, reforçando a ideia de desenvolvimento experimental de acordo com um roteiro previamente elaborado. Destaca-se a ideia de erro inerente ao método, e da dificuldade de se encontrar valores confiáveis no experimento. Encontramos, de acordo com o autor, um dos pontos chave para as reflexões que estarão contidas nas discussões dos resultados deste trabalho, pois pretendemos discutir os possíveis erros cometidos pelos alunos em uma prática envolvendo volumetria⁸. Para ele, a escolha do indicador correto à

⁸ Processo de análise quantitativa que consiste na adição gradativa de certo volume de uma substância (cuja concentração é conhecida) sobre outra (o objeto da análise) até que a reação se complete.

técnica de volumetria é essencial para se obter resultados confiáveis no processo experimental.

A respeito dos erros operacionais o autor faz a seguinte reflexão:

“São erros relacionados com as manipulações feitas durante a realização das análises. Eles não dependem das propriedades químicas e físicas do sistema, nem dos instrumentos utilizados, mas somente da capacidade técnica do analista. Alguns exemplos de erros operacionais em análises gravimétricas e volumétricas são: deixar um líquido contido em um frasco sob forte aquecimento, sem cobri-lo com um vidro de relógio; quando da filtração em uma análise gravimétrica, não remover o precipitado completamente; derramar inadvertidamente líquidos ou sólidos dos frascos que os contém; usar pipetas e buretas sujas; lavas em excesso ou insuficientemente um precipitado; calcinar precipitados durante um tempo insuficiente; pesar cadinhos ou pesa-filtros antes de estarem completamente frios; deixar o cadinho ou outro material esfriar fora do dessecador, antes de ser pesado,... etc” (BACCAN, 2001, p. 11).

Nesta categoria apresentada por Baccan, encontramos um conjunto de operações que podem influenciar nos resultados obtidos pelos alunos de Ensino Médio em uma prática volumétrica. Ao entrar no laboratório e ter um conjunto de vidrarias a sua disposição, o interesse maior está em visualizar o fenômeno, e muitas vezes se esquecem de manipular corretamente as vidrarias, preparar corretamente os reagentes entre outros. Esta segunda categoria, grosso modo, está vinculada com a próxima, que leva em conta os erros pessoais cometidos no desenvolvimento do experimento.

“Estes erros provêm da inaptidão de algumas pessoas em fazerem certas observações, corretamente. Por exemplo, alguns indivíduos têm dificuldade em observar corretamente a mudança de cor de indicadores. Outro erro, muito grave, classificado como erro pessoal, é o chamado erro de pré-julgamento ou de preconceito. Este erro ocorre quando o analista, após fazer uma determinação, força os resultados de determinações subsequentes da mesma amostra, de modo a obter resultados totalmente concordantes entre si” (BACCAN, 2001, p. 11).

De certa forma, os erros pessoais podem ser facilmente detectados quando os resultados preliminares de um procedimento se encontram diferentes dos previstos. Assim, para uma titulação⁹ onde a viragem¹⁰ do indicador¹¹ é um passo importante na determinação da concentração do titulado, o analista que não percebe o momento

⁹ Técnica de laboratório utilizada para determinar a quantidade de uma determinada espécie química em uma amostra

¹⁰ Momento em que duas substâncias em contato chegam em uma fase crítica da reação. Esta passagem é visível a olho nu, denunciado por uma mudança de cor ou pela transformação do estado físico.

¹¹ Composto químico que é adicionado em pequenas quantidades a uma solução, permitindo conhecer se seu pH se encontra acima ou abaixo de uma determinada faixa de valores.

exato da mudança de cor do indicador, cometeu um erro pessoal. Na tentativa de manipular resultados posteriores, o indivíduo realiza mudanças periféricas no desenvolvimento do experimento, que servirão de apoio na justificativa dos resultados obtidos.

Ainda podemos destacar a última categoria (erros nos instrumentos) proposta por Baccan, os instrumentos utilizados podem influenciar as medições encontradas.

“São erros relacionados com as imperfeições dos instrumentos, aparelhos volumétricos e reagentes. A existência de pesos e aparelhos volumétricos, tais como buretas, pipetas e balões volumétricos, mal calibrados, são fontes de erro em uma análise quantitativa. As impurezas presentes nos reagentes podem também interferir numa análise. Por exemplo, o uso de ácido clorídrico contendo impurezas de ferro ou a existência de uma substância no hidróxido de amônio (agente precipitante) que reagisse com Fe(III) e impedisse sua precipitação quantitativa, seriam causas gravíssimas de erro (erro devido a impurezas nos reagentes) numa análise gravimétrica de Fe(III)”. (BACCAN, 2001, p. 12).

Nesta categoria, encontramos um possível e importante fator na análise dos dados obtidos pelos alunos na atividade prática proposta. As amostras de analito¹² poderiam conter impurezas que influenciariam nas medições encontradas. Trata-se de um erro cometido não apenas pelo transporte do material utilizado no experimento, mas também da veracidade das informações contidas no frasco utilizado.

Na ausência dos erros determinados, as pequenas variações nos resultados obtidos quando o experimento é realizado várias vezes, podem, ser enquadradas nos erros indeterminados, e não podem ser localizados nem corrigidos (BACCAN, 2001). Nesse sentido, os dados estatísticos das medições podem auxiliar no aumento da precisão dos resultados, estabelecendo uma média aritmética de todos os valores encontrados.

Embora tenhamos encontrado neste referencial uma quantidade significativa de categorias relacionadas com os erros nas atividades experimentais, pouca importância se dá à reflexão dos causadores dos erros cometidos pelos alunos. As categorias estão relacionadas a “o que fazer depois do erro” e não os motivos pelos quais o analista errou.

Ainda encontramos na literatura de Fundamentos de Química Analítica, alguns fatores que podem influenciar nas medições obtidas nas atividades práticas de

¹² Substância ou componente químico, em uma amostra, que é alvo de análise em um ensaio.

laboratório. Para Skoog (2014), o acontecimento de um erro na atividade desenvolvida deve permitir que o analista elabore novamente o procedimento para que cada vez mais se aproxime do valor real a ser encontrado. Encontramos, de acordo com o autor, a busca incansável pelos resultados confiáveis, mas, através de uma análise crítica a respeito deste referencial muito utilizado nos cursos superiores, não se busca os fatores que impediram a obtenção de um resultado confiável no experimento. Esta perspectiva de rigor empírico de desenvolvimento da ciência se sustenta no pragmatismo ingênuo dos acertos e desprezam o erro como estágio inato do fazer ciência (GIORDAN, 1999).

Bachelard (1996) propõe que os erros devem ser entendidos como necessários na construção do conhecimento. Há, neste sentido, a necessidade de retificação e não a simples comprovação de hipóteses já elaboradas anteriormente. As atividades experimentais podem gerar conflitos cognitivos ao analista, uma vez que ao se deparar com uma situação de erro experimental, deve elaborar as hipóteses mais propícias para a interpretação do fenômeno que está desenvolvendo. Portanto, o erro assume uma função importante na gênese do saber (LOPES, 1996).

As contribuições de Bachelard (1996) mostram que o erro é inerente à Ciência. Ele deve deixar de ser interpretado como um equívoco ou uma anomalia e deve assumir função de retificação dos conhecimentos. Para os alunos de Ensino Médio, valorizamos a função que a identificação do erro acarreta na formulação de novas hipóteses, o que nos permitirá compreender as principais atitudes desenvolvidas por eles ao se deparar com tais situações inusitadas nas atividades experimentais.

A experimentação deve proporcionar ao aluno a possibilidade de reflexão sobre a sua própria prática. Neste sentido Pozo e Crespo (2009) propõem uma análise a respeito da Ciência a que os estudantes têm acesso. Destaca-se a busca por um Currículo de Ciências que se posicione acerca da promoção de procedimentos ou processos científicos sem se preocupar com o conjunto de conhecimentos conceituais que os alunos não possuem. De acordo com os autores, os conhecimentos podem ser divididos em três tipos: os dados, os conceitos e os princípios. Elaboramos o quadro 03 para melhor ilustrar os pormenores relevantes em cada um dos três tipos de conceitos científicos desenvolvidos na escola.

Quadro 03: Conceitos científicos desenvolvidos na escola.

Fato	Conceitos	Princípios
Informação que afirma ou declara algo sobre o mundo. A aprendizagem em ciências requer conhecer diversos dados e fatos concretos tais como: O símbolo do cobre é Cu, a densidade da água pura é 1g/cm^3, o gelo derrete. Alguns dados são aprendidos na escola, mas outros são domínio público. Para um estudante, não é necessário dizer que objetos sem apoio caem, mas a educação científica deve dar sentido e significado a esse fato. Compreender um dado requer utilizar conceitos para relacioná-los dentro de uma rede de significância que explique por que isso ocorre.	Cópia mais ou menos literal ou exata da informação proporcionada. Uma pessoa adquire um conceito quando é capaz de dotar de significado um material ou uma informação que lhe é apresentada. Compreender um determinado conceito significa traduzir, mais ou menos, algo para suas próprias palavras. Um aluno em sala de aula possui seus próprios modelos ou representações da realidade, e vamos poder dizer que aprendeu um determinado conceito quando traduz com suas próprias palavras as suas representações prévias.	São os conceitos gerais com um grande nível de abstração que geralmente são subjacentes à organização conceitual de uma área, embora nem sempre sejam suficientemente explícitos.

Fonte: Adaptado de Pozo e Crespo (2009)

A análise proposta pelos autores nos permite diferenciar fatos e conceitos como conteúdo da aprendizagem dos alunos. Um fato consiste em uma cópia literal do conceito, é aprendido através da repetição e é esquecido rapidamente. No entanto, os conceitos se localizam no mundo das relações com conhecimentos anteriores através dos significados, são adquiridos gradualmente e são esquecidos lenta e gradualmente (POZO, 1992). Neste sentido, torna-se importante a sintonia existente entre o sentido que todo conhecimento possui para o aluno, bem como a capacidade de propor hipóteses, tendo como plano de fundo os conhecimentos que já possui.

Neste sentido, a aprendizagem de conceitos, sustentada pelo sentido que é adquirido naquilo que se aprende, pode produzir um conjunto de concepções alternativas a respeito daquilo que está sendo desenvolvido na educação científica. Destacamos a importância desta perspectiva, utilizando Pozo e Crespo (2009) para dar um aporte relevante a esta pesquisa.

“As concepções alternativas não são um problema a mais, e sim uma outra manifestação do mesmo problema, que tem dimensões atitudinais, procedimentais e conceituais: a desconexão entre o conhecimento que os alunos geram para dar sentido ao mundo que os rodeia, um mundo de objetos e pessoas, e o conhecimento científico, infestado de estranhos símbolos e conceitos abstratos referentes a um mundo mais imaginário do que real. Enquanto o conhecimento conceitual que os alunos trazem para a aula – e com ele suas atitudes e procedimentos – refere-se ao mundo cotidiano, um

mesocosmos traçado pelas coordenadas espaço-temporais do aqui e agora, a ciência que lhes é ensinada transcorre mais na “realidade virtual” do microcosmos (células, partículas e outras entidades mágicas e não observáveis) e do macrocosmos (modelos idealizados, baseados em leis universais, não vinculados com a realidade concreta). Somente uma relação entre esses diferentes níveis de análises da realidade, baseadas justamente em sua diferenciação, pode ajudar os alunos a compreender o significado dos modelos científicos e, é claro, a interessar-se por eles”. (POZO e CRESPO, 2009, p. 89).

Diante disto, é necessário se compreender o estreitamento entre o mundo cotidiano e os conceitos científicos como algo inerente à aprendizagem em Ciências. Devemos considerar, então, o conjunto de concepções prévias ou teorias informais que os alunos carregam para a sala de aula.

As concepções alternativas que os alunos trazem em seu cognitivo para a sala de aula são espontâneas e geralmente obtidas para justificar suas ideias de mundo. São baseadas em um senso comum a respeito dos fenômenos que se observam e sob os quais se investigam e podem ser induzidas pelo próprio ensino, ou seja, os estudantes reelaboram suas concepções a cada fase do ensino pela qual eles passam. O confronto entre as ideias obtidas ou até mesmo o encontro com dados anômalos às concepções espontâneas geram, naquele que investiga, uma busca pela veracidade das informações. Isso implica dizer que tanto as concepções alternativas quanto ao resultado previsto estão sob análise, permitindo ao aluno o estabelecimento de hipóteses para comprovar, ou não, a veracidade dos dados experimentais. Neste sentido, Pozo e Crespo (2009) dialogam para estabelecer uma definição a respeito do potencial deste confronto cognitivo:

“Cada vez que enfrentamos um novo acontecimento, ou seja, algo moderadamente discrepante das nossas expectativas, iniciamos uma procura causal com a finalidade de encontrar informação que nos permita prever e controlar esse acontecimento. A origem dessas buscas é sempre um problema. Nem toda situação imprevisível é um problema; é necessário, também, que tenha uma certa relevância, uma influência na nossa vida cotidiana ou um interesse particular para que alguém viva uma situação como um problema” (POZO e CRESPO, 2009, p. 90).

A atividade prática sobre titulações ácido-base, bem como a análise dos resultados obtidos experimentalmente podem provocar no analista a sensação de desequilíbrio, onde os dados encontrados experimentalmente, não são coerentes com os valores estabelecidos nas rotulagens dos titulados. Nesse sentido, o estudante deve estabelecer suas hipóteses, bem como testá-las, e estabelecer uma boa explicação para explicar os dados obtidos. O que se percebe é que, em um

determinado momento, busca-se uma zona de maior conforto na análise de dados alternativos, reduzindo os conceitos e que alocam o analista em um patamar onde os erros são inerentes. Buscamos, através desta perspectiva, analisar os causadores dos dados alternativos e seu possível encaminhamento em direção aos erros conceituais em experimentos no laboratório de Química.

Pozo (1987) aponta alguns exemplos de concepções alternativas e destaca que sua origem está enraizada em algumas regras associativas que regem nosso pensamento causal cotidiano. Diante disso, se destacam:

[...] à semelhança entre causa e efeito ou entre a realidade que observamos e o modelo que explicaria; a contiguidade espacial e, se for possível, o contato físico entre causa e efeito; a contiguidade temporal entre a causa e efeito, que devem suceder-se de modo próximo não apenas no espaço, mas também no tempo; a covariação qualitativa entre causa e efeito. As variáveis relevantes serão aquelas que ocorram sempre que se produz o efeito; a covariação qualitativa entre causa e efeito, de modo que um aumento proporcional do efeito, e vice-versa.” (POZO e CRESPO, 2009, p. 91).

Tais regras heurísticas associadas à necessidade de minimizar as incertezas obtidas nos dados, possuem um caráter probabilístico que funciona de modo mecânico ou inconsciente, teriam uma natureza implícita e coincidiriam basicamente com as leis da aprendizagem associativa (POZO, 1989; 1996).

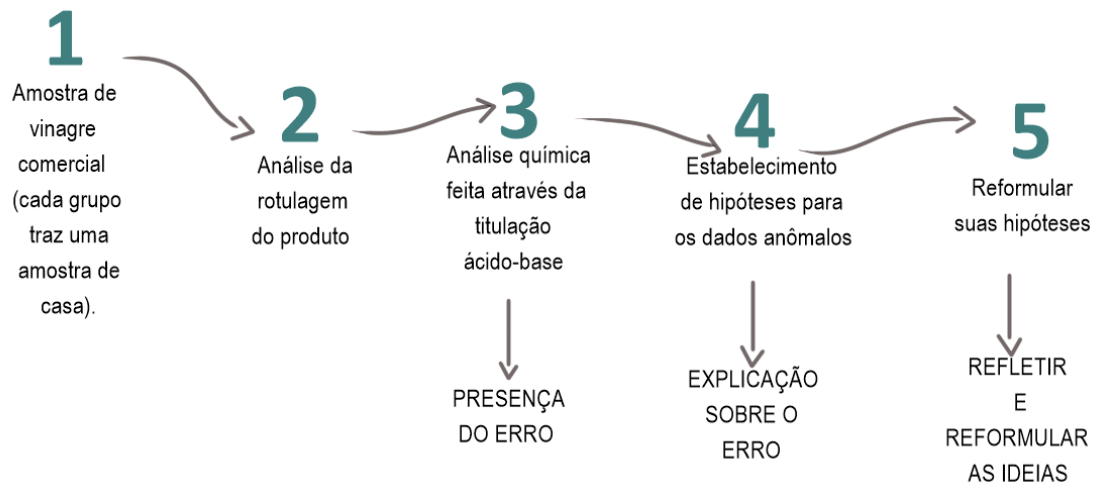
Outra regra associativa pertinente à interpretação das concepções alternativas leva em consideração o entorno social e cultural do indivíduo. Nesta perspectiva, o choque entre as concepções se consolida na base de todo o sentido das crenças daquela que analisa os fenômenos. De certo modo, a influência que o social e cultural exercem nas associações são fortemente alocadas no estabelecimento das hipóteses acerca do fenômeno que se investiga. Há, diante disto, uma elevada quantidade de conceitos que possuem significados científicos diferentes da linguagem cotidiana (POZO e CRESPO, 2009). O significado cotidiano para peso é completamente diferente do significado atribuído pela Ciência, isso evidencia ainda mais a relevância social e cultural dos conhecimentos espontâneos. A polêmica envolvida no uso de vacinas (por exemplo), atualmente, provoca uma elevada onda de descrença no conhecimento científico. Embora se tenha inúmeros estudos de alto impacto mundial a respeito das descobertas de novos medicamentos e vacinas, as crenças adquiridas socialmente enfraquecem o conhecimento científico e podem ser configuradas como um conhecimento alternativo.

No entanto, mudar as concepções alternativas dos alunos para uma proposição cientificamente aceita é uma tarefa árdua e requer um trabalho minucioso a respeito dos conhecimentos científicos. Para tal, necessita-se da formatação de um sistema cognitivo capaz de incorporar os conhecimentos apriorísticos aos conceitos cientificamente aceitos através de uma dinâmica dialógica de sala de aula.

De acordo com a visão epistemológica, os indivíduos possuem uma forte tendência de assumir uma postura realista, onde o mundo é tal qual podemos ver (POZO e CRESPO, 2009). Para fenômenos perceptíveis, esta visão se consolida no visível, podendo carregar consigo um conjunto de características do objeto que são condizentes com os conceitos científicos. No entanto, quando tratamos de fenômenos não visíveis, de transformações sem mudanças visuais, tampouco mudanças físicas ou organolépticas das transformações químicas, as análises alternativas permeiam a interpretação dos indivíduos. Queremos dizer, contudo, que esta visão realista dos objetos faz parte de um conjunto de regras heurísticas que surgem na interpretação sensorial do indivíduo, não permitindo que os conceitos sejam aprofundados e, de certa forma, alterados por novos conceitos sem o planejamento de situações desequilibradoras. Seria incoerente pensar, em uma perspectiva escolar, em que os alunos carregassem um conjunto de habilidades que permitisse que seus conhecimentos apriorísticos fossem colocados a prova. Esta visão permeou várias discussões ao longo dos anos, uma vez que até mesmo o desenvolvimento científico se firmava em um desenvolvimento positivista, contribuindo, então, para caracterizar a ciência como instrumento de busca para descobrir a natureza, em vez de construir modelos capazes de interpretá-las.

Propomos, no desenvolvimento deste trabalho, analisar o processo que envolve o erro em uma atividade prática com enfoque investigativo para alunos da segunda série de Ensino Médio. O experimento a ser investigado pelos alunos envolve um conceito importante no estudo das soluções químicas e seu desenvolvimento envolve um cuidado analítico extremamente relevante na coleta de dados. Nesse sentido, partimos da ideia de que comparar os valores obtidos através dos experimentos com os valores da rotulagem do vinagre permitirá que os alunos coloquem a prova suas hipóteses para explicar os possíveis valores inusitados presentes nesta comparação.

Figura 01: Etapas de desenvolvimento dos experimentos e análise do erro



Fonte: Elaboração própria.

3 Caminhos Metodológicos

Utilizaremos, para a análise dos dados, a metodologia qualitativa. Compreendemos que a análise qualitativa promove a compreensão mais próxima da realidade investigada e se demonstra mais adequada para este trabalho. A relação dos sujeitos com o objeto de análise está voltada para aspectos específicos (BEZERRA, 2014), e por se tratar de uma análise contextual, onde o próprio pesquisador é parte importante da pesquisa, e por considerar o conjunto de experiências, de origem profissional ou pessoal, que o observador carrega consigo, optamos por analisar os dados obtidos através da metodologia qualitativa.

Para Flick (2009), a pesquisa qualitativa refere-se a descrever fenômenos, analisando as experiências dos indivíduos e grupos, bem como suas interações. No que se refere ao contexto desta pesquisa, priorizamos a análise das experiências e interações durante os experimentos com enfoque investigativo, utilizando como foco principal, o estudo das soluções e titulação ácido-base, com vinagre comercial. Ainda procuramos descrever, diante de toda a coleta de dados, o potencial do erro experimental nas investigações.

O conjunto de fatores condutores do presente trabalho de pesquisa veio a tona para a elaboração da atividade prática de Química, para a segunda série do Ensino Médio, e envolveu o estudo das soluções, utilizando especificamente a determinação do teor de acidez do vinagre comercial. A escolha por este conteúdo se deu pelo fato de obedecer ao planejamento anual estabelecido na disciplina de Química.

No desenvolvimento do experimento investigativo neste trabalho, deixamos os alunos livres para estabelecer hipóteses para explicar os erros na medição da acidez do vinagre comercial. Para tal, podiam debater com os colegas, formular explicações baseadas nos conteúdos já estudados em aulas teóricas, propor uma nova metodologia experimental, elaborar o experimento novamente para diagnosticar o erro cometido e pedir auxílio ao professor titular da disciplina.

Nesse sentido, tentaremos analisar os dados obtidos nesta pesquisa para encontrar as concepções errôneas que os alunos demonstram no desenvolvimento do experimento e analisaremos as potencialidades que a mudança conceitual pode contribuir para o estudo das titulações no laboratório de Química.

3.1 Contexto em que o trabalho está inserido

A Escola em que a coleta dos dados foi executada oferece cursos técnicos na área de Gestão Empresarial e de Pessoas em período noturno para alunos de Itararé e das cidades da região sudoeste paulista. Para os alunos concluintes de 9º ano do Ensino Fundamental, são oferecidos os cursos de Ensino Técnico Integrado ao Médio em Administração (ETIM Administração) e Ensino Técnico Integrado ao Médio em Serviços Jurídicos (ETIM Serviços Jurídicos). Em todos os segmentos, os alunos que se candidatam a uma vaga para estudar na Instituição, devem se inscrever para o Vestibulinho nos períodos estabelecidos pelo Centro Paula Souza e realizar uma prova de caráter classificatório. De acordo com os trâmites relacionados à inscrição e ao dia de prova, 40 alunos são classificados e convocados a se matricular no curso em que se inscreveram.

O trabalho aqui apresentado, foi realizado na segunda série de Ensino Médio, na disciplina de Química dessa escola. No quadro 04, apresentamos a Matriz Curricular do presente curso, fornecido pelo Coordenador Pedagógico da escola.

Quadro 04: Plano Didático da disciplina de Química para o ETIM Serviços Jurídicos.

1º BIMESTRE	Conhecimentos	Procedimentos Didáticos	Cronograma Mês
	Projeto Carnaval – volta às aulas	- Produção de machinhas e adereços de carnaval - Apresentação das marchinhas	Fevereiro
	Energia exotérmica e de endotérmica; reação de combustão e termoquímica. Mol: unidade de medida da grandeza quantidade de matéria;	- Aulas expositivas dialogadas - Utilização do livro didático - Resolução de exercícios em grupo ou individual - Verificação das tarefas - Utilização do laboratório de Ciências	Fevereiro e Março
	Cálculo estequiométrico: equações das reações químicas e a resolução de problemas envolvendo cálculos;	- Aulas expositivas dialogadas - Utilização do livro didático - Resolução de exercícios em grupo ou individual - Verificação das tarefas - Utilização do laboratório de Ciências	Março
	Estudo dos gases; Reagentes e produtos: rendimento das reações	- Avaliação escrita e individual - Atividades de recuperação	Março
DATAS IMPORTANTES		REUNIÃO PEDAGÓGICA PLANEJAMENTO	23/02 25/02
		REUNIÃO DE CURSO	18/03 a 22/03
		ENTREGA DAS MENÇÕES	31/03
		CONSELHO DE CLASSE	15/04

2º BIMESTRE	Representação: linguagem química; Relações quantitativas – índice, coeficiente, balanceamento das reações. Combustíveis e ambiente e produção e consumo de energia; A natureza elétrica da matéria; Eletroquímica e Eletrólise.	- Aulas expositivas dialogadas - Utilização do livro didático - Resolução de exercícios em grupo ou individual - Verificação das tarefas - Utilização do laboratório de Ciências	Abril, Maio e Junho	
		- Avaliação escrita e individual - Atividades de recuperação	24/06 a 28/06	
	DATAS IMPORTANTES	ESCOLA ABERTA – ENCONTRO COM OS EMPRESÁRIOS REUNIÃO PEDAGÓGICA SEMANA PAULO FREIRE SIMPÓSIO DO ENSINO MÉDIO E TÉCNICO REUNIÕES DE CURSOS FESTA JUNINA- SÁBADO	Abril 27/04 06/05 a 10/05 Maio 13/05 a 17/05 22/06	
			ENTREGA DAS MENSÕES	29/06
			CONSELHO DE CLASSE	01/07

3º BIMESTRE	Cinética: rapidez de reações químicas ou velocidade reações químicas; Equilíbrio: reversibilidade de uma reação química.	- Aulas expositivas dialogadas - Utilização do livro didático - Resolução de exercícios em grupo ou individual - Verificação das tarefas - Utilização do laboratório de Ciências	Agosto, Setembro e Outubro	
		- Avaliação escrita e individual - Atividades de recuperação	12/09 a 16/09	
	DATAS IMPORTANTES	REUNIÃO DE CURSOS SEMANA DE ATIVIDADES SOLIDÁRIAS	16/08 a 19/08 22/08 a 26/08	
			ENTREGA DAS MENÇÕES	19/09
			CONSELHO DE CLASSE	24/09

4º BIMESTRE	Soluções: classificação, concentração e composição dos materiais.	• Aulas expositivas dialogadas • Utilização do livro didático • Resolução de exercícios em grupo ou individual • Verificação das tarefas • Utilização do laboratório de Ciências	Setembro, Outubro e Novembro.
	Soluções: classificação, concentração e composição dos materiais.	• Avaliação escrita e individual • Atividades de recuperação	28/11 a 02/12 05/12 a 07/12
	DATAS IMPORTANTES	ANIVERSÁRIO DA ESCOLA – FESTA A FANTASIA	08/10
		REUNIÃO DE CURSO	14/10 a 18/10
		REUNIAO DE CURSOS	11/11 a 15/11
		REUNIÃO PEDAGÓGICA	16/11
		BANCAS DE TCC	02/12 a 06/12
		FORMATURA	19/12
		ENTREGA DAS MENÇÕES	13/12
		CONSELHO DE CLASSE	16/12 a 18/12

Fonte: Cronograma fornecido pelo Coordenador Pedagógico da Escola

O quadro mencionada acima mostra que o 4º bimestre da disciplina de Química é plenamente dedicado ao estudo das soluções. Para o desenvolvimento das aulas, o professor possui autonomia para elaborar metodologias diferenciadas, incluindo para isso, o laboratório de Ciências.

3.2 Objetivos da UDM com enfoque investigativo

Uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM) consiste em um projeto de ensino que integra, de modo sequenciado e organizado, um conjunto de estratégias didáticas, de acordo com objetivos didáticos previamente definidos e delimitados (SILVA; MARQUES; BEGO, 2015). Para a construção de uma UDM, há necessidade de considerar que ela se desenvolve diante de um conjunto de atividades organizadas e estruturadas, favorecendo a construção da aprendizagem crítica (BEGO, 2015).

Por julgar a relevância da UDM (BEGO, 2016) como possibilidade de dar um aporte metodológico ao desenvolvimento do presente trabalho, aliada às atividades práticas investigativas (CAÑAL, 1996; CAÑAL, 2007) que dialoga com a metodologia adotada, uma vez que permite a reflexão crítica do professor como investigador de sua própria prática, utilizamos esses dois referenciais que coadunam no sentido de consolidar nossa análise a respeito dos potencializadores do erro no processo de aprendizagem dos alunos, através da atividade prática desenvolvida na disciplina Química. Por conseguinte, estabelecemos os objetivos da implementação da UDM com enfoque investigativo: a. estabelecer uma unidade didática adequada para sustentar a questão de pesquisa; b. consolidar a metodologia como uma inovação

pertinente ao Ensino de Química; c. fornecer um aporte metodológico em sintonia com o referencial teórico de Ensino por Investigação.

3.3 Unidade Didática Multiestratégica

A formação docente, diante dos cursos universitários, configurada pela formação inicial nas Instituições de Ensino Superior, deve possibilitar ao futuro professor, um conjunto de aportes teóricos suficientemente capazes de dar suporte ao desenvolvimento específico nas áreas de ciências, bem como oferecer um caminho metodológico para a formação do perfil docente quanto às práticas que serão desenvolvidas ao longo de sua carreira.

É inevitável o embate epistemológico ao se deparar com o “chão de sala de aula”, que se forma através de um conjunto de valores discentes que devem ser consideradas para o planejamento de práticas que provoquem a solidez dos conhecimentos a serem adquiridos nos anos escolares. Os alunos carregam diferentes práticas cotidianas, diferentes realidades que emergem diante da miscelânea cultural da sala de aula.

No professor, diante disso, talvez, predomina a impotência de ter estudado por anos, e chegar em uma sala de aula totalmente heterogênea – é claro, que apenas a prática contínua do exercício da docência pode minimizar essa fraqueza. Para muitos, a Universidade deve ensinar ao futuro professor, o conjunto de ações para se obter sucesso nas mais diferentes situações pertencentes ao cotidiano escolar. Sem mais se prolongar, e chegando ao consenso que se espera, o professor deve relacionar tudo o que desenvolveu em sua formação inicial com as rotinas escolares. Não há fórmulas infalíveis para se dar aula. O professor não pode se limitar àquilo que aprendeu em sua formação inicial. Para tal, a formação continuada deve ser a linha norteadora de cada professor, uma vez que novos aportes teóricos e metodologias de ensino surgem para auxiliá-lo nas diferentes práticas de ensino.

As Unidades Didáticas Multiestratégicas (UDM), se inserem nas práticas de ensino de acordo com um conjunto de objetivos de aprendizagem pré-estabelecidos. Sugerimos o uso de uma UDM para sequenciar a atividade prática investigativa e identificar as características do erro em todo processo experimental.

A *priori*, caracterizamos as três etapas de implementação da UDM através de uma reflexão sobre o Plano de Trabalho Docente da disciplina de Química da segunda série de Ensino Médio, levando em conta a relevância de se compreender o tema através de uma questão geradora: a. planejamento da UDM; b. intervenção didático pedagógica; c. replanejamento da UDM através de uma análise crítica sobre a intervenção analisada.

3.3.1 Planejamento da UDM com enfoque Investigativo

De acordo com o planejamento disponibilizado pela Coordenação Pedagógica, na disciplina de Química, que é o mesmo fornecido para toda a rede de Ensino Médio integrado ao técnico, o conteúdo priorizado para a realização da UDM com enfoque Investigativo foi o estudo de soluções. Diante disso, e após todos os conceitos determinantes serem vistos por todos os alunos, introduz-se o estudo de concentrações desconhecidas através de titulações.

Desta forma, em consonância com as etapas de desenvolvimento da UDM (BEGO, 201), dividimos o planejamento em seis sessões principais: a. contexto da intervenção didático-pedagógica; b. análise científico-epistemológica; c. análise didático-pedagógica; d. abordagem metodológica; e. seleção de objetivos e estratégias de avaliação; f. seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação.

No quadro 05, apresentamos a análise científico-epistemológica, uma vez que a primeira sessão, referente ao contexto da intervenção didático-pedagógica já foi explicitado no item 1.1 do presente capítulo. O objetivo desta seção é elucidar o tema central da atividade experimental investigativa bem como estabelecer uma relação entre os conteúdos essenciais para o desenvolvimento da UDM e o tema central da investigação.

Quadro 05: Análise científico-epistemológica da UDM.

Tema central da UDM	Determinação da acidez do vinagre
Pré requisitos para a UDM	- Massa atômica e massa molecular; - Concentração comum de soluções; - Concentração molar de soluções; - Título em massa (%);

	- Título em volume (%); - Volatilidade; - Diluição de soluções; - Misturas de soluções; - Pressão de vapor.
Conteúdo programático	- Reações entre ácidos e bases; - Indicadores de pH; - Titulação ácido-base.
Esquema conceitual científico sobre o objeto de estudos da UDM	<pre> graph TD A[Determinação da acidez do vinagre] -- Interpretar --> B[Valor descrito na rotulagem do produto] B -- Relaciona-se com --> C[Título em volume da solução em média 4%] A -- Adicionar --> D[25 mL de vinagre] D -- Adicionar --> E[3 gotas de fenolftaleína] D --> F[Transferir para um erlenmeyer] A -- Titulante --> G[Preparo de uma solução 0,1 mol/L de NaOH] G -- Relacionar com os conceitos de --> H[Cálculo de massa molecular] G -- Relacionar com os conceitos de --> I[Cálculo de concentração molar] G --> J[Titular a amostra de vinagre com uma solução conhecida de NaOH] F --> J J --> K[Análise dos dados e elaboração de hipóteses] K -- Relacionar com --> L[Possíveis erros de titulação] K -- Relacionar com --> M[Volatilidade do composto] K -- Relacionar com --> N[Controle de temperatura na titulação] </pre>

Fonte: Elaboração própria.

Diante da análise científico-epistemológica da UDM, os conteúdos exigidos como pré-requisitos na elaboração do procedimento experimental estão diretamente relacionados com as competências exigidas para o curso. Tal fato torna possível a quebra de paradigmas referentes à redução simplista da ciência bem como provocar a superação da visão fragmentada, uma vez que os componentes Matemática, Física e Biologia também utilizam as mesmas competências. Essa é uma característica

marcante das disciplinas ministradas na escola que, através de projetos interdisciplinares busca sempre a união entre os componentes curriculares.

Julgando necessária a ideia de compreender o contexto ao qual a intervenção didático-pedagógica foi inserida, buscamos identificar, através da caracterização da escola e dos estudantes, algumas peculiaridades estruturais e socioeconômicas dos indivíduos. Buscamos indicar, mais objetivamente, todas as informações referentes ao contexto da intervenção didático pedagógica no quadro 06.

Quadro 06: Contexto da Intervenção Didático Pedagógica

Unidade Escolar	Escola Técnica
Caracterização da Unidade Escolar	Na escola há 6 salas de aula, cada uma contendo: lousa branca, computador, projetor, ar condicionado, armários individuais para guardar os materiais dos alunos, TV de plasma, caixa de som conectada ao computador e quadro de avisos contendo o Plano de Curso. A escola ainda conta com um auditório de aproximadamente 100 pessoas, equipado com: lousa branca, computador, projetor, ar condicionado, caixa de som conectada ao computador e quadro de avisos contendo o agendamento da sala. Possui uma biblioteca, com vários exemplares de livros de literatura para o vestibular, livros didáticos, revistas, jornais, exposição de obras de arte, 4 computadores com internet para pesquisa dos alunos, um ambiente com sofás para leitura de livros, 3 ventiladores e um quadro de avisos contendo os horários de funcionamento da biblioteca. Possui 1 laboratório de informática, contendo 30 computadores conectados à internet, ar condicionado, lousa branca e quadro de avisos. Um laboratório de gestão de pessoas, contendo 20 computadores conectados à internet, mesas redondas para trabalhos em grupo, ar condicionado, lousa branca e quadro de avisos. Possui um laboratório de Ciências para 42 alunos, contendo 6 bancas em ilhas com capacidade de 6 alunos cada uma, 2 bancadas laterais contendo alguns equipamentos

	necessários ao laboratório, 2 bancadas laterais para uso dos alunos, cada uma comportando 3 alunos, 2 aparelhos de ar condicionado, lousa branca, sala de preparo de soluções, lava olhos, armários para os equipamentos de proteção individual e quadro de avisos. Cantina, refeitório, mesa de tênis de mesa, quiosque para reuniões de alunos, ambiente aberto para convivência. Possui vigias controlando as entradas de alunos, bem como a entrada de visitantes.
Disciplina	Química
Ano/Série/Turma	2º Ensino Técnico Integrado ao Médio de Serviços Jurídicos
Número de estudantes	40
Caracterização dos estudantes	Alunos entre 14 e 16 anos, provenientes de escolas públicas e particulares dos municípios de Itararé-SP e Sengés-PR.

Fonte: elaboração própria

Blanco e Perez (1993) destacam que os conhecimentos prévios dos alunos são importantes não só para apontar erros conceituais, mas também diagnosticar as concepções adequadas a respeito daquilo que se investiga. Dessa forma, creditamos um potencial extremamente relevante aos debates propostos na UDM, bem como a formulação de hipóteses na explicação do fenômeno. A elaboração de hipóteses, nesse sentido, é ferramenta fulcral àquilo que propomos nesse trabalho.

Quadro 07: Análise Didático Pedagógica da UDM

Conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema proposto pela UDM presentes na literatura	Dificuldades em vincular o estudo de soluções com os níveis microscópicos; há uma valorização dos aspectos quantitativos ao invés dos qualitativos; dificuldades em relacionar com conceitos prévios ao conteúdo; relacionar o estudo das soluções com apenas misturar substâncias; carregam concepções equivocadas a respeito das diferenças entre substâncias puras e
---	---

	misturas; possuem concepções fortemente apoiadas em aspectos perceptíveis. <i>Carmo, M. e Marcondes, M.E.R. Abordando soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. Revista Química Nova na Escola, n. 28, p. 37-41, maio 2008.</i>
Exigências cognitivas dos conteúdos abordados presentes na literatura	Reelaboração das ideias dos estudantes a respeito do estudo das concentrações, relacionando os níveis macroscópicos e microscópicos. Provocar a reflexão e interação entre as ideias manifestadas. <i>WHEATHEY, G.H. Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. Science Education. v. 75, p. 9-21, 1991.</i>

Fonte: elaboração própria.

A análise didático pedagógica da UDM considera o conjunto de conhecimentos prévios que os alunos manifestam acerca do tema a ser investigado e propõe as exigências cognitivas necessárias para a compreensão sobre o assunto. Nesse sentido, encontramos algumas concepções equivocadas a respeito do estudo das soluções químicas, tais como o conceito de pureza. O aluno pode esperar que os valores da rotulagem do vinagre sejam indícios acerca do critério de pureza, isto é, qualquer resultado experimental diferente demonstra uma solução impura. Esta análise permite planejar os níveis cognitivos exigidos para não desenvolver tais conhecimentos equivocados.

Diante de todo o planejamento estabelecido, veiculado através dos pressupostos de elaboração da UDM (BEGO, 2016), caminhamos ao encontro de uma abordagem subjetiva sobre o papel do professor em todo o processo de aprendizagem dos alunos.

A abordagem metodológica carrega consigo uma série de convicções que o professor adquire em sua formação inicial e continuada, e consolida o perfil docente diante das mais diferentes situações no âmbito escolar. Nossa proposta foi alinhar a elaboração da UDM de acordo com o desenvolvimento da autonomia do aluno, fortalecendo a ideia de que a educação é uma forma de intervenção no mundo (FREIRE, 1997). Nas palavras de Paulo Freire, temos:

Ao reconhecer que, precisamente porque nos tornamos seres capazes de observar, de comparar, de avaliar, de escolher, de decidir, de intervir, de romper, de optar, nos fizemos seres éticos e se abriu para nós a probabilidade de transgredir a ética, jamais poderia aceitar a transgressão como um direito, mas como uma possibilidade. Possibilidade contra a que devemos lutar, e não diante da qual cruzar os braços (FREIRE, 1997, p. 68).

Partindo dessa perspectiva, encaramos como uma importante ferramenta de avaliação da UDM, a elaboração de diários de aula (ZABALZA, 2004), possibilitando uma maior transparência a todo o processo investigativo, uma vez que deu voz a todos os participantes dos grupos e deu visibilidade aos registros produzidos pelo professor. Desta forma, utilizamos a plataforma *Google Forms*¹³ para o desenvolvimento desta etapa. Após o desenvolvimento da atividade prática com enfoque investigativo, os alunos leram os registros feitos pelo professor durante a prática e elaboraram seus relatos. Com isso, ficou padronizado o cronograma de elaboração dos registros em, no máximo, 24 horas após a atividade experimental. O laboratório de informática foi reservado para que os alunos terminassem a atividade experimental e registrassem as discussões com o uso da internet.

O desenvolvimento da UDM com enfoque Investigativo, bem como o planejamento dos objetivos gerais e específicos do presente trabalho, segue alinhados aos exigidos no Plano de Curso (PC) e o Plano de Trabalho Docente (PTD) do professor titular. Desta forma, consideramos necessária a exposição dos objetivos da UDM, das Sequências Didáticas (SD) e do planejamento de duração e avaliação para cada etapa do processo. No quadro 08 buscamos exemplificar mais objetivamente cada etapa da UDM, para maior comodidade do leitor.

Quadro 08: Seleção dos objetivos e estratégias de avaliação da UDM.

Orientação Curricular Oficial sobre o Tema	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (BRASIL, 2015).
Objetivo da UDM	Questionar processos naturais, socioculturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções.

¹³Aplicativo de gerenciamento de pesquisas. Os usuários podem usar o Google Forms para pesquisar e coletar informações sobre outras pessoas e também podem ser usados para questionários e formulários de registro.

Sequência Didática	Objetivo da SD	Conteúdo Programático	Tempo aproximado	Avaliação
1. Conhecimentos essenciais para o desenvolvimento da AI.	Compreender o conceito de massa atômica; Estabelecer a massa molecular dos compostos.	- Massa atômica - Massa molecular	2 aulas	Lista de exercícios.
2. Conhecimentos essenciais para o desenvolvimento da AI.	Estabelecer relações entre o uso das concentrações comum, molar e título no cotidiano; Compreender os mecanismos de determinação da concentração das soluções.	- Concentração Comum - Concentração molar - Título em massa - Título em volume	4 aulas	Debate.
3. Conhecimentos essenciais para o desenvolvimento da AI.	Analisar a utilização da diluição e de misturas no cotidiano, bem como propor hipóteses para o seu uso.	- Diluição - Misturas	3 aulas	Socialização das principais ideias.
4. Experimentação	Avaliar a importância de determinar uma concentração desconhecida através de procedimentos experimentais.	- Titulação	2 aulas	Diários de aula.

Fonte: elaboração própria.

Por fim, estabelecemos um conjunto de estratégias didáticas com seus respectivos procedimentos de avaliação. Nessa etapa, achamos necessário destacar as características de problematização, experimentação e estabelecimento de hipóteses da atividade investigativa. As etapas que tornam o índice de conteúdo divisíveis estão descritas no quadro 09, e para cada conteúdo está previsto um objetivo didático. Como dinâmica controladora de toda a atividade experimental, adotamos diferentes instrumentos de avaliação que permitiram o processo de reflexão sobre a prática docente, criando um ambiente de readaptação e adequação dos procedimentos adotados nas etapas subsequentes.

Quadro 09: Seleção de estratégias didáticas e procedimentos de avaliação.

Sequência Didática						
Cronograma	Estratégia didática	Objetivo da atividade didática	Conteúdo	Descrição da Atividade	Recursos Didáticos	Instrumentos de avaliação
	Problematização	Associar o uso de concentrações à experimentação	O que é massa atômica; Determinação da massa molecular;		Tabela periódica; Projetor.	Resolução de lista de exercícios na lousa.
	Problematização	Determinar as concentrações das substâncias	Cálculos de concentração	Leitura de rótulos de substâncias do cotidiano, relacionando com os conteúdos sobre concentração	Rótulos de: acetona, vinagre, água mineral e álcool comercial.	Socialização das ideias através de debates.
	Problematização	Aplicar os conceitos de diluição de soluções em situações cotidianas.	Diluição e misturas	Desenvolver problematizações a respeito da diluição nos sucos de caixinha.	Rótulos de sucos de caixinha.	Socialização das ideias através de debates.
	Experimentação e elaboração de hipóteses.	Relacionar os conceitos sobre concentração com a determinação de uma concentração desconhecida.	Titulação ácido-base Reações de neutralização	Aplicar os conceitos de titulometria na determinação da acidez do vinagre	Equipamentos descritos no roteiro.	Socialização nos grupos, na sala e registros em diários de aula
Referência Harris, D. C.; Análise química quantitativa . LTC. Rio de Janeiro, 2001.						

Fonte: Elaboração própria.

No quadro acima, nota-se a busca pela problematização sobre os temas a serem estudados. Esta estratégia reforça a ideia de que os conteúdos devem ser relevantes ao cotidiano do aluno e exige um bom planejamento do professor. Para finalizar todos os conteúdos e avaliar o desenvolvimento dos alunos bem como o seu planejamento da UDM, é proposto o experimento de titulação ácido-base, onde os alunos devem relacionar todos os conhecimentos adquiridos anteriormente e propor hipóteses.

O desenvolvimento de toda UDM, apoiada em um planejamento que levou em conta os conteúdos propostos pela Instituição e o PTD do professor titular da disciplina

Química, foi devidamente videogravada para que a análise do conteúdo subsequente pudesse evidenciar as características mais relevantes do erro no processo de aprendizagem dos alunos.

A análise do produto obtido com todas as intervenções, bem como a análise dos dados já categorizados, permitiu a reflexão docente sobre possíveis adequações e potencializadores de futuras práticas investigativas, valorizando a autonomia do aluno no desenvolvimento da experimentação no Ensino de Ciências.

Figura 02: Planejamento da UDM

Planejamento da Unidade Didática Multiestratégica



Fonte: Elaboração própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estabeleceremos, neste capítulo, uma discussão a respeito dos dados empíricos levantados no desenvolvimento da atividade prática com enfoque investigativo, bem como sua divisão em categorias de acordo com o contexto a que se inserem. Desta forma, julgamos pertinente a divisão do presente capítulo em seções que norteiam as discussões subsequentes: Análise dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito do estudo das soluções; análise das transcrições obtidas através das gravações das atividades desenvolvidas durante a atividade prática; análise dos documentos textuais obtidos após a atividade prática investigativa e; análise das compreensões sobre as contribuições que o erro experimental proporcionou para o desenvolvimento do aluno.

Diante disso, as análises propostas nas próximas linhas vão proporcionar uma reflexão sobre o potencial da identificação do erro experimental em um procedimento de titulação ácido-base, servindo então de base para a análise do progresso dos alunos diante da prática investigativa.

4.1 Análise dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito do estudo das soluções

De acordo com o cronograma e planejamento da disciplina, justificada pelos questionários aplicados para os alunos através de formulários eletrônicos antes de todo procedimento investigativo acontecer, os alunos já tinham estudado as propriedades das substâncias, bem como todos os fatores que podem interferir em uma medição no laboratório. Dentro da distribuição dos conteúdos, o estudo das concentrações das soluções, propriedades coligativas das substâncias, volatilidade, titulação ácido-base e o manuseio das vidrarias de laboratório eram temas que já haviam provocado discussões em sala de aula e no laboratório de Química. Diante disso, alinhado a todo o planejamento desenvolvido pelo professor para o período letivo deste trabalho, os alunos possuíam um conjunto de conhecimentos que estavam frescos na memória.

Para melhor organizar as discussões sequentes, utilizamos um conjunto de categorias estabelecidos a priori com base no artigo de Chinn e Brewer (1998), relacionando-as com os documentos produzidos pelos alunos durante o experimento.

4.2 Categorias utilizadas na Análise de Conteúdo (AC)

Buscamos distribuir os atos de fala dos alunos, transcritos através dos vídeos gravados durante as atividades práticas com enfoque investigativo, de acordo com as sete categorias estabelecidas em Chinn e Brewer (1998), estabelecendo uma análise de conteúdo (BARDIN, 2016). Abaixo, nos dedicamos a deixar explícito as categorias em um formato bem objetivo e, durante a leitura desta mesma seção, vamos detalhar de uma forma em que possamos encontrar os pormenores mais relevantes de cada categoria, estabelecendo uma relação entre as propostas estabelecidas pelos autores e a realidade em que este trabalho está inserido. As categorias são distribuídas da seguinte forma:

1. Ignorar o erro;
2. Rejeitar o erro.
3. Excluir o erro;
4. Suspende o erro;
5. Reinterpretar o erro;
6. Realizar mudanças periféricas e;
7. Mudar a teoria.

Munidos de todas as categorias propostas por Chinn e Brewer (1998), analisamos os documentos produzidos na AC, de acordo com momentos específicos de cada desenvolvimento experimental. Partimos da ideia que o desenvolvimento do experimento vai gerar uma diferença entre a previsão teórica e prática.

Para melhor situar o leitor, retomaremos o ponto central da atividade prática. Na determinação da acidez do vinagre, muitas são as variáveis que podem interferir na obtenção de um resultado coerente com o que se encontra no rótulo do produto. Variáveis como contaminação do frasco em que se transporta o vinagre ao laboratório (devido a exigência de se coletar amostras de vinagre de casa), a volatilidade do vinagre, a diferença na pressão de vapor da amostra de ácido acético e água dentro do frasco de vinagre, entre outros. Portanto, partimos de uma previsão de erro na atividade experimental para provocar as discussões a respeito dos motivos pelos quais o experimento produziu dados anômalos.

Neste momento, julgamos como necessária a definição por trás de cada uma das categorias propostas pelos autores, estabelecendo as conexões necessárias ao desenvolvimento do presente trabalho.

Em Chinn e Brewer (1998), encontramos o resultado de três décadas de pesquisas na área da educação, mostrando que os conhecimentos prévios que os alunos carregam para as aulas de ciências são resultados de uma visão um tanto quanto distorcida do conhecimento científico. Por exemplo, após estudar todas as propriedades e os mecanismos que envolvem o processo de fotossíntese, os alunos continuam com a visão de que as plantas retiraram seu alimento única e exclusivamente do solo (CHINN e BREWER, 1998). Na perspectiva da química, essa comparação seria o mesmo que acreditar que as moléculas de água possuem exatamente a mesma representação que uma gota de água, uma vez que é a menor porção de água que, a olho nu, conseguimos visualizar. Para defender suas convicções, os alunos adotam mecanismos para fortalecer sua dinâmica enquanto gerador de hipóteses no desenvolvimento de um experimento. Esta prática acaba distorcendo a construção do conhecimento, bem como fortalece ainda mais a ideia de uma ciência imune a erros e equívocos. Contudo, podemos inserir como um plano de fundo do nosso trabalho, a imagem que a ciência carrega ao longo dos anos e, atualmente, isso continua presente.

Ao ignorar o erro, o aluno não acredita no valor discrepante obtido durante a atividade prática e não se preocupa em explicá-lo. Ele não se preocupa em explicar os motivos pelos quais o resultado é diferente do que ele estabeleceu teoricamente, muito menos se preocupa em buscar algum referencial que possa justificar aquele dado anômalo. Talvez, de todas as categorias que propomos de acordo com o referencial de Chinn e Brewer, esta é a que o aluno menos reflete a seu respeito, por ele literalmente a ignora.

A rejeição dos dados anômalos proporciona ao aluno o apoio na falha metodológica. De acordo com essa atitude adotada pelo aluno, há uma reflexão a respeito do erro e ele vê a necessidade de maiores explicações a respeito dos dados obtidos. Significa, em outras palavras, e utilizando as habilidades exigidas em atividades experimentais de elevado nível de exatidão, justificar o erro encontrado quanto ao uso de uma vidraria errada, ou inserir um suposto erro volumétrico no experimento. Colocamos, nesta perspectiva, a busca pela exatidão e o

desenvolvimento de um trabalho com elevado nível de exigência quanto ao conjunto de técnicas manipulativas dentro do laboratório. Muitos alunos inseridos nesta categoria, procuram refazer o experimento até encontrar um resultado adequado ao valor estabelecido teoricamente, mas após obter um conjunto de medições constantes, anulam o dado discrepante obtido sem maiores reflexões sobre os motivos pelos quais ele errou.

A exclusão dos dados anômalos diante das atividades práticas de laboratórios transita entre as duas primeiras categorias. O indivíduo pode ou não acreditar nos resultados obtidos, mas diante de todo o contexto em que está inserido o valor discrepante, ele julga como irrelevante para o contexto global. Seria como encontrar um dado anômalo em uma atividade prática e julgar como irrelevante a reflexão a respeito dos valores obtidos, justificando uma possível margem de erro no resultado.

Utilizando o contexto em que o trabalho de Chinn e Brewer foi desenvolvido, considerar a suspensão dos dados anômalos em uma atividade prática consiste em acreditar que em um momento futuro alguém terá maiores condições de explicar o erro cometido. A transposição desta categoria para o desenvolvimento de uma atividade prática escolar consiste em analisar que o aluno acredita que o dado obtido, mesmo que diferente daquele estabelecido teoricamente, é verdadeiro, mas ele não possui o conjunto de habilidades necessárias para estabelecer as hipóteses para sua explicação. Esse aluno sempre questiona o professor para que possa encontrar alguma pista sobre os possíveis causadores do erro experimental cometido por ele ou pelo grupo. É, talvez, o principal mecanismo de defesa do aluno em uma atividade prática. Muitas vezes, ele faz os registros dos dados obtidos nos relatórios e nos diários de anotações de experimentos, mas não o explica devidamente.

A reinterpretação do erro consiste em criar uma atmosfera propícia, embora que as vezes possa ser ilusória, sobre um fator externo às condições em que o experimento acontece. A relação pode ser parecida com a ideia de justificar os dados anômalos com as condições em que o experimento está acontecendo. Por exemplo, ao encontrar uma acidez de 6%, o aluno acredita neste resultado, mas justifica esse valor através da temperatura em que o laboratório, e conseqüentemente a reação, estão inseridos. Fatores como a umidade, pressão, temperatura podem sempre servir de justificativa na reinterpretação dos resultados obtidos.

Alguns alunos podem manifestar a necessidade de mudanças periféricas para justificar os dados obtidos. Trata-se de acreditar que existe um erro experimental, mas realiza algumas mudanças periféricas, sem abrir mão da teoria central para explicar o dado anômalo. Mesmo que estejamos analisando um campo diferente, pois Chinn e Brewer (1998) estabelecem a análise dos dados anômalos em cientistas, podemos notar que dentro de um mesmo grupo, quando há conflito de ideias entre os alunos, alguns são submetidos a constantes questionamentos a respeito da sua prática experimental e da metodologia adotada. É possível perceber a mudanças periféricas quando o aluno estabelece um conjunto de hipóteses para explicar o dado obtido, mas o outro aluno tem uma ideia um pouco diferente a respeito do ocorrido. Sem anular as hipóteses estabelecidas por A, ele realiza pequenas mudanças periféricas para justificar o erro encontrado.

Por fim, a última categoria em que selecionamos os atos de fala dos alunos nas atividades experimentais consiste em mudar a teoria. Para tanto, também propomos uma adequação desta categoria para o ambiente escolar, uma vez em que a mudança da teoria é algo importante para a ciência, e para o desenvolvimento científico, mas é algo completamente equivocado para o ambiente escolar, em alunos de ensino médio. Portanto, julgamos como mudança da teoria, a ideia contraditória à que está sendo desenvolvida por um membro da equipe. Por exemplo, o aluno C estabelece uma hipótese interpretativa para os dados anômalos, mas o aluno D o questiona, mudando a teoria previamente estabelecida. Como trata-se de uma atividade investigativa, o estabelecimento de hipóteses é extremamente importante e o conflito entre as ideias dos alunos é algo que deve ser levado em consideração.

Propomos, assim, no quadro a seguir, um resumo das categorias que serão utilizadas neste trabalho, considerando seus pormenores mais relevantes:

Quadro 10: Taxonomia de sete respostas possíveis a dados anômalos

Respostas aos dados anômalos	O indivíduo aceita o erro?	O indivíduo propõe uma explicação para o erro?	O indivíduo rejeita a teoria atual?
Ignorar os dados (ID)	Não	Não	Não
Rejeitar os dados (RD)	Não	Sim	Não

Excluir os dados (ED)	Sim ou Não	Não	Não
Suspender os dados (SD)	Sim	No início não, mas explicar tarde	Não
Reinterpretar os dados (RiD)	Sim	Sim	Não
Realizar mudanças periféricas (RMp)	Sim	Sim	Sim, parcialmente
Mudança na teoria (MT)	Sim	Sim	Sim, completamente

Fonte: Chinn e Brewer (1998), tradução própria.

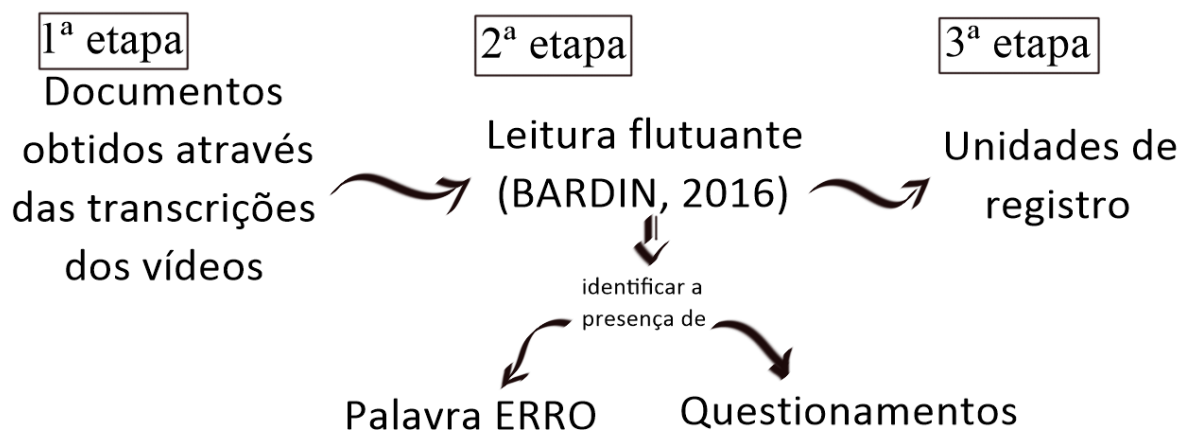
Podemos ressaltar, de acordo com o exposto no quadro de taxonomia de respostas de dados anômalos que em ID e ED não há maiores reflexões dos motivos pelos quais os dados anômalos foram obtidos. Para tanto, os alunos que se enquadram nesta categoria, em cada turno de fala, são provocados a refletir sobre os motivos pelos quais obteve esses dados, mas a categorização levou em conta, no primeiro momento, a atitude inicial de se ignorar ou excluir os dados. As demais categorias, quando identificadas, provocaram várias reflexões considerando os documentos produzidos por este trabalho e serão distribuídas mais adiante, de acordo com o desenvolvimento de cada grupo.

4.3 Pré análise dos documentos

Para a análise dos documentos produzidos pelos alunos nas gravações dos experimentos, utilizamos uma leitura flutuante (BARDIN, 2016). Diante disso, buscamos identificar os turnos de fala mais significantes da atividade investigativa, objetivando dar suporte à questão de pesquisa e aos objetivos propostos neste trabalho. Os critérios utilizados na leitura flutuante estão diretamente relacionados com a presença de incertezas nos resultados, onde presença da palavra erro possibilitaram a separação dos turnos para as unidades de registro (UR). Outro fator importante para a escolha das unidades de registro foi a presença de questionamentos entre os integrantes dos grupos, pois estamos levando em consideração que toda dúvida produz o diálogo entre os participantes, possibilitando a análise de indicadores que nos levam às categorias utilizadas.

Neste sentido, a pré análise dos documentos possibilitou a escolha dos grupos a serem analisados, uma vez que foram os que produziram resultados relevantes a serem utilizados na pesquisa. A justificativa por não ter escolhido os demais grupos está diretamente relacionada com a ausência de erros no experimento. As discussões seguem, então, levando em consideração os documentos produzidos por 4 grupos, resultando em um total de 20 alunos.

Figura 03: Etapas da pré análise dos documentos



Fonte: Com base em Bardin (2016).

4.4 Análise dos documentos textuais obtidos após a atividade prática investigativa

Para melhor comodidade do leitor, escolhemos os turnos mais relevantes à análise das categorias propostas por este trabalho. Nos anexos o leitor pode ter acesso à íntegra dos turnos desenvolvidos durante as investigações, bem como a intervenção, quando necessário, do professor para provocar maiores discussões, contribuindo ao estabelecimento de hipóteses dos alunos.

Diante disso, nesta seção dividiremos os 5 grupos de trabalho em cinco etapas e análises distintas. A sequência de apresentação segue uma mera ordem de desenvolvimento dos experimentos, uma vez que cada grupo participou da atividade de acordo com um planejamento previamente definido. Também adotaremos siglas para representar os alunos que terão suas falas categorizadas, utilizando então (G1A01) para o primeiro aluno do grupo 1, (G1A02) para o segundo aluno do grupo 1 e assim por diante, obedecendo uma ordem alfabética para dividir todas as siglas entre os alunos. Conforme dito nos capítulos anteriores, a divisão do grupo foi

elaborada de acordo com o grau de afinidade entre os alunos, para que as discussões possam acontecer de forma mais harmoniosa entre os integrantes de cada grupo. Para melhor identificação e discussões futuras, identificaremos cada turno de fala com as siglas (T1) para o primeiro turno de fala, (T2) para o segundo turno de fala, (T3) para o terceiro turno de fala etc. Continuaremos a sequência dos turnos para a análise do próximo grupo, para que tenhamos análises individuais dos turnos de fala.

Quadro 11: Categorias encontradas na AC do grupo 1.

Turnos	Categorias
(T47)G1A02: Mas esses 4% é a concentração?	(T47) – (ED)
(T49)G1A02: Mas não é o 4,1 que eu encontrei antes?	(T49) – (RD)
(T54)G1A04: Pode ter sido a água.	(T54) – (RD)
(T65)G1A02: Por causa da soda?	(T65) – (RD)
(T67)G1A02: Eu acho que é a concentração.	(T69) – (RD)
(T68)P: A concentração do NaOH?	(T70) – (RD)
(T69)G1A02: É.	(T72) – (RD)
(T70)G1A01: Eu acho que é a fenol.	(T80) – (RD)
(T71)P: Então tem duas ideias diferentes. O que você propõe AJ?	(T83) – (AD)
(T72)G1A01: Se for fazer novamente esse experimento eu colocaria mais fenolftaleína. Chegaria no resultado mais rápido. Aí eu acho que o valor da soda seria menor.	(T84) – (RD)
(T79)P: E o que você propõe.	(T88) – (ED)
(T80)G1A02: Eu acho que faria novamente o experimento, e não adicionaria muita água no NaOH. Ficaria uma base mais forte.	
(T81)P: Deixaria a base mais concentrada?	
(T82)G1A01: Mas daí a gente demoraria mais tempo, igual demorou antes.	
(T83)G1A02: Mas quando a gente aumentou foi mais rápido. Eu acho que a concentração influencia.	
(T84)P: Então vamos colocar aqui: ela sugere que seja feito novamente o experimento e colocado mais fenolftaleína. A G1A02 sugere uma concentração maior de NaOH	
(T88)G1A05: Ah eu não sei. Eu fiquei em dúvida entra as duas. Eu acho que as duas daria certo.	
(T96)G1A02: Não tem aqueles negócios tipo, aqui não tá marcando, mas tipo, aqui não mostra. Mas é igual o do álcool que eles falam é 87% de álcool. Será que não é por causa dessa mesma propriedade?	(T96) – (SD)
(T97)P: Como assim?	(T104) – (AD)
(T98)G1A01: É que, o vinagre puro a gente não usa. Então, será que a concentração de vinagre a água naquele ali possa ser diferente?	(T106) – (RD)
(T99)P: Então, aquela concentração de 4%, o título de 4% já fala isso, que tem 4% de ácido acético ali, e o resto é água ou outros aditivos. No álcool, sei lá, vamos pegar o exemplo do 80%, são 80% de álcool e 20% de água. Por isso que a Bianca fez aquela	

conta usando regra de três: 25 mL era a amostra de 100%, já os 4,1 mL seria os 16%. (T102)G1A01: Então, mas será que é possível? (T103)P: Essa ideia que você teve aí, em outras palavras, significa aumentar a concentração. (T104)G1A01: Não, eu entendi, eu sei, mas na sua cabeça isso é aprovado? (T105)P: A ideia é plausível. Quanto maior a concentração da base, menor é o volume adicionado à titulação para neutralizar esse ácido. Mas precisamos de maiores evidências de que é exatamente isso que pode ter gerado um resultado muito diferente daquele que está no rótulo do vinagre. (T106)G1A01: Então no próximo experimento vamos aumentar a concentração da base. (T107)P: Vocês sugerem refazer novamente o experimento para encontrar um outro resultado? (T108)G1A02: Sim	
---	--

Fonte: Elaboração própria

Ressaltamos que os quadros apresentados, referentes ao trabalho prático desenvolvido pelos alunos do grupo 1, pretende trazer um resumo dos turnos mais relevantes à cada contexto. Desta forma, para a análise dos motivos pelos quais em (T47) houve uma ED, há necessidade de analisar os turnos anteriores, expostos anteriormente ao turno em que se analisa. Chinn (2001) sugere que nesta categoria o indivíduo se depara com uma situação de erro no resultado obtido e tem como principal mecanismo de defesa a exclusão, tentando influenciar os demais participantes do grupo que os dados encontrados são irrelevantes para a análise do ocorrido. Galiuzzi (2004) vai ao encontro desta abordagem, no sentido de que a comunicação existente na exclusão dos dados e a socialização com integrantes desse grupo, são importantes para a aprendizagem dos alunos.

A partir das respostas obtidas pelos alunos na exclusão dos dados, encontramos uma posterior busca pela rejeição dos dados obtidos. Houve, nesse sentido uma mudança nas visões dos alunos, na medida em que passam a rejeitar os dados a partir das discussões elaboradas no desenvolvimento do experimento. É possível identificar que os alunos passam a refletir sobre os causadores dos erros, mas sempre buscam falhas metodológicas ou procedimentais no desenvolvimento experimental. Chinn (2001) aponta que a rejeição dos dados se apoia na fragilidade de alguns processos experimentais, ou seja, os alunos encontram na metodologia uma vulnerabilidade capaz de explicar os dados anômalos.

Em (T65), (T69), (T70) e (T72), os alunos G1A01 e G1A02 apontam como principal causador do erro experimental, as quantidades utilizadas na titulação, ou seja, relacionando quantidade com concentração. Nesse sentido, acreditam que adicionando mais vinagre, hidróxido de sódio ou a própria fenolftaleína podem interferir na qualidade das medições. Silva (2019) aponta que as estratégias de resolução dos problemas, por parte dos alunos, muitas vezes são repetições dos procedimentos anteriores.

Em (T96) percebe-se que a aluna chama o professor e nitidamente acredita nos dados obtidos, mas tenta questionar o professor para tirar uma possível dica para a resolução do problema. Esta postura, de acordo com Chinn (1998), aponta que o indivíduo possui incertezas no resultado obtido e se afasta cada vez mais da possibilidade de encontrar os causadores do erro, mas os suspende para que, com maiores dados coletados nas discussões, possam retomar aos dados e reformulá-los. Atribuímos a esse turno a categorização (SD), pois após a tentativa de coletar maiores informações a respeito do erro cometido, o aluno volta aos dados encontrados para propor hipóteses e, conseqüentemente, explicá-los.

A análise do conteúdo de G1 mostra que em vários turnos de fala, a principal resposta ao erro encontrado na atividade experimental é a rejeição (RD). Tal atitude se consolida como a mais presente em G1, pois os alunos demonstram não saber ao certo o que fazer com o erro que supostamente foi cometido em todo o processo. Em G1A01 encontramos, diante de (T98), uma tímida busca pelos causadores do erro cometido, pois a aluna relaciona a concentração de ácido no vinagre com algum fator externo ao frasco do produto. Por fim, temos em (T100) a proposta de aumentar a concentração de titulante para diminuir o volume adicionado à titulação, demonstrando que os dados foram rejeitados e, após a reflexão e discussão produzida pelo grupo, eles foram retomados e analisados para quantificar o aumento necessário da concentração de hidróxido de sódio utilizado.

Quadro 12: Análise global das categorias encontradas no grupo 1

Turnos categorizados	Categorias presentes	Principal atitude desenvolvida pelo grupo

T54, T65, T69, T70, T72, T80, T83, T84, T88, T96, T104 e T106	RD, AD, ED e SD	Refazer o experimento até encontrar um resultado plausível
---	-----------------	--

Fonte: elaboração própria

O fato de G1 estar empenhado a refazer o experimento para obter um resultado aproximado ao que se estabelece no rótulo do produto, mostra uma visão de conformidade com a rotulagem. Esses alunos descartam a possibilidade de que a amostra possa ter, de fato, uma concentração diferente daquela que está descrita no frasco de vinagre.

Quadro 13: Categorias encontradas na AC do grupo 2

Turnos	Categorias
(T122) (G2A07): Aí, começou. Mas presta atenção que na hora que mudar de cor você tem que fechar. (T123) (G2A08): Vai mexendo. Assim ó (movimento do titulado). (T128) (G2A08): Demora né. Algo deu errado! Está no nove. Tinha que contar as gotas? (T141) (G2A09): É, tinha dado 8 e pouco. (T151) (G2A09): Olha o que eu coloquei até agora: Colocamos o vinagre na proveta para depois passarmos para o erlen, 25 mL de vinagre. Depois colocamos três gotas de indicador de pH. Depois adicionamos, gota a gota, a soda cáustica no vinagre. Os 25 mL não foram suficientes para neutralizar. (T156) (G2A09): Ele tem que ficar bem “rosão”. (T157) (G2A06): Por enquanto, se ela parar, vai ficar transparente de novo. (T158) (G2A08): Espere para você virar ali (falando da torneira da bureta). (T159) (G2A07): Deu já! (T160)P: Quanto que foi? (T162)P: Tem que ver se vai voltar a ficar transparente. (T165)P: Olha, é legal colocar numa superfície branca pra você ver bem certinho a cor. Então, quanto de NaOH vocês tiveram que colocar? (T166) (G2A10): 45 mL. (T172) (G2A07): Olha só, deu 10,28. (T173)P: 10,28 o quê? (T174) (G2A07): por cento. (T175)P: Quanto que tinha que dar? (T176) (G2A10): Entre 4 e 6. (T177)P: E por que não deu? (T178) (G2A06): Porque gastou mais.	T128 – RD e ED T151 – RD T182 – ID

(T179)P: No vinagre? Então o frasco de vinagre está errado? (T182) (G2A06): Imagina se tudo que a gente comprar fosse fazer isso! (T185)P: Não, será que o vinagre está realmente errado? (T186) (G2A09): Ah, imagina! Se estivesse realmente errado eles não poderiam vender. Com informação errada. (T187) (G2A07): Quem vai fazer uma conta pra ver se está errado ou não? (T188) (G2A06): Mas eles alteram né, eu acho. (T189)P: Então, onde que está o erro aqui? (T190) (G2A06): Vinagre. (T192) (G2A09): Eu acho que não. (T195)P: Tem alguma hipótese? (T196) (G2A09): Ah sei lá, não sei se isso faz sentido. Acho que pode ser o negocinho que colocamos antes. Nós colocamos as 3 gotas de fenolftaleína antes de adicionar o vinagre no Erlenmeyer. (T197) (G2A07): Acho que não tem nada a ver. (T198)P: A fenolftaleína pode ter alterado então? (T199) (G2A09): Não, eu pensei, mas não sei se faz sentido isso. (T202)P: Tá, mas então eu vou reformular minha pergunta. Pra refazer esse experimento, o que vocês alterariam? (T203) (G2A09): Eu ia fazer uma coisa de cada vez. Ia fazer bem com calma e colocaria as gotas depois. Sei lá, mas na minha cabeça isso não tem nada a ver. (T204) (G2A07): Eu alteraria o indicador de pH também. (T205)P: Então o indicador de pH você colocaria depois? Então vamos fazer algumas etapas aqui. A primeira etapa foi o vinagre. (T206) (G2A09): Primeiro foi o vinagre, nós colocamos lá (aponta para o Erlenmeyer). Aí, depois, a gente ia adicionar as três gotas. Depois eu ia passar esse aqui pra esse aqui (NaOH para a bureta). (T207) (G2A08): Acho que evaporou? (T208)P: A gota evaporou? (risos) (T209) (G2A10): Ai, eu quero saber logo o que está errado. (T210) (G2A06): Será que nós fizemos direito? As gotas da titulação em alguns momentos ficava parando. (T211) (G2A08): Voltou a ficar transparente. (T213) (G2A07): Faltou soda! (T217) (G2A08): Eu acho que vamos ter que refazer o experimento. (T218)P: Refazer? (T219) (G2A09): Diferente. (T220)P: Refazer de um jeito diferente?	T186 – ID T196 – RD T202 e T203 – RD T207 – RID T209 – SD T217 – RD T224 e T225 – RD
---	---

(T221) (G2A08): É, vai que foi alguma coisa a mais. (T222) (G2A09): Eu acho que se fosse menos da soda estaria certo. (T223)P: Legal, mas você quer refazer pra chegar nos 4% ou pra você ver onde errou? (T224) (G2A08): Sim pra ter a certeza do resultado. Por que se não chegar no resultado de 4%, é porque está errado. (T225) (G2A06): Não pra chegar nos 4%, mas pra chegar no certo. (T226) (G2A09): Eu ia buscar os 4%. (T227) (G2A07): Mas como você vai chegar se não sabe se o vinagre realmente tem 4%?	
---	--

Fonte: elaboração própria.

A análise do conteúdo nos documentos produzidos através da atividade experimental do grupo 2, permitiu que no T207 e T235 os alunos chegassem em uma hipótese plausível no ponto de vista da volatilidade da amostra analisada. Embora as discussões tenham sugerido, em grande parte, uma predominância da categoria que indica ID e RD, o alinhamento das discussões, bem como a análise da situação inusitada em que eles se depararam, contribuíram para que as novas hipóteses, sugeridas no T209, pudessem catalisar a curiosidade em investigar o erro.

Também notamos a presença de um maior diálogo com o professor, demonstrando certa insegurança ao propor uma explicação e estabelecer novas hipóteses. Sasseron (2016) destaca que a figura do professor é importante nas relações de diálogo com os alunos, promovendo a articulação de conhecimentos técnicos com a realidade dos alunos. Nesse sentido, encontramos, após as discussões entre professor e alunos, uma reinterpretação daquilo que está sendo desenvolvido e, conseqüentemente, o surgimento da rejeição dos dados com a necessidade de explicar o ocorrido.

Nos turnos subsequentes também é possível encontrar na narrativa do professor a direção necessária para que os alunos tomem suas próprias decisões e elaborem, em conjunto, um novo consenso na explicação.

A aluna G2A08, entre os T128 e T134 sugere que a titulação pode dar errado, mostrando uma postura pessimista quanto a manipulação do experimento. Mesmo não tendo os resultados em mãos, aponta algumas possíveis falhas que podem interferir na medição. Destaca-se neste grupo, principalmente nos turnos

categorizados como RD, que dão maior importância à uma sequência metodológica, rigorosa e extremamente cuidadosa, chegando a dialogar a respeito de uma possível falha volumétrica no controle de adição de indicador de pH na titulação.

Por fim, as ideias levantadas pelo grupo, serviram para o incentivo à repetição do experimento para que de uma forma ou outra encontrem o valor determinado na rotulagem do material. Esta concepção fortalece a ideia de que o procedimento experimental não pode ter falhas e a rotulagem do material em questão está correta.

Quadro 14: Análise global das categorias encontradas no grupo 2

Turnos categorizados	Categorias presentes	Principal atitude desenvolvida pelo grupo
T128, T151, T182, T186, T196, T202, T203, T207, T209, T217, T224 e T225	RD, ED, ID, RID e SD	Refazer o experimento até que os resultados obtidos sejam os mesmos da rotulagem do produto

Fonte: elaboração própria

Posteriormente, na aula de finalização da atividade prática, o professor vai retomar as ideias levantadas por cada um dos grupos, bem como a estratégia do grupo 2 em refazer o experimento para chegar no título descrito no rótulo. O professor também vai retomar as principais ideias discutidas em cada um dos grupos, para que possam estabelecer uma nova estratégia de resolução do erro cometido na atividade prática. No entanto, nesta seção nos limitaremos apenas em expor as principais ideias, bem como as principais categorias encontradas, deixando a análise da potencialidade dos erros experimentais para o ensino de titulação para as próximas páginas.

Quadro 15: Categorias encontradas na AC do grupo 3.

Turnos	Categorias
(T297)P: Quanto deu? (T298)G3A14: 3,88%. (T299)P: E aí? (T300)G3A14: O permitido é 4%. (T301)P: O permitido é entre 4 e 6%. Nós chegamos em 3,88%. (T302)G3A15: Ah, ficou perto. (T303)P: O permitido é entre 4 e 6%. Que tipo de conclusão podemos chegar? Nós temos uma	T302 – ED T304 – RD T306 – RD

(T326)P: E o que vocês fariam de diferente pra não chegar nos 3,88%? (T327)G3A14: teria medido melhor. (T328)P: mais alguma ideia? Tudo aquilo que vocês falaram anteriormente está relacionado com o experimento. Existem várias outras coisas que a gente pode analisar também. Por exemplo: por que o frasco de acetona não pode ficar aberto? (T329)G3A14: Por que ela vai evaporar. (T330)G3A11: A fenoltaleína cheira álcool. (T331)G3A14: Ela evapora. (T332)P: Qual é o nome dessa propriedade? (T333)G3A13: A calorimetria? Não, volátil. (T334)P: Isso, o álcool é volátil. Lembra que volátil é a passagem do líquido ao vapor ou gasoso a temperatura ambiente? (T335)G3A14: Sim. (T336)P: Imagina que eu tenho um copo cheio de água e sal, totalmente dissolvido. Se a água está evaporando, o que está acontecendo com aquela solução? Você tem água com sal misturados, a água está evaporando e o que vai ficar ali? (T337)G3A14: O sal. Vai aumentar a concentração. (T338)P: Certo. E no caso desse experimento, nós temos vários, várias situações que podem interferir na medição. Então, partindo disso que eu acabei de falar pra vocês aí sobre os fatores que não dependiam de vocês. Lembra aquela pergunta que eu fiz pra vocês sobre o posto de gasolina? Como eu vou medir a qualidade do combustível de um posto de gasolina? Então, agora a pergunta é sobre o vinagre. Por que deu abaixo do esperado que era de 4%? (T339)G3A13: Por que pode ser que tenha evaporado. (T340)P: É claro que pode ter algum erro de procedimento, como vocês apontaram. (T341)G3A14: Vamos refazer. (T342)P: Então o ideal é você refazer o experimento pra você encontrar o erro que você cometeu ou pra você encontrar um erro no frasco do vinagre? O que é mais vantajoso pra vocês? Por que vocês disseram que tem que fazer novamente o experimento, não é isso? (T343)G3A13: Sim. (T344)G3A14: Sim. (T345)G3A12: Sim (T346)P: Então vocês querem fazer novamente o experimento pra quê? O que vocês querem encontrar? (T347)G3A12: Pra ver o erro que nós tivemos na medição. (T348)G3A13: Pra tentar chegar no 4%.	T341, T342, T343, T344 e T345 – RD T354 - RD
--	--

(T349)P: E se não chegar nos 4%? (T350)G3A13: Aí nós vamos culpar o vinagre. (T351)G3A14: Nós vamos deixar de lado esses 3,88%, refazer o experimento e comparar. (T352)G3A13: Pra depois identificar o erro e poder fazer sem erro. (T353)P: No desenvolvimento do experimento, o que vocês vão fazer de diferente? (T354)G3A13: Obedecer a uma sequência.	
---	--

No que tange as discussões referentes a análise experimental do grupo 3, devemos levar em consideração que o resultado obtido no experimento chegou a 3,88%. Isso pode, de certa forma, nos levar a acreditar no bom desenvolvimento do experimento, levando em consideração as técnicas adotadas, a volumetria utilizada e os cálculos produzidos. A diferença existente entre os valores do rótulo e os valores obtidos experimentalmente é facilmente justificada pela volatilidade da amostra, ou até mesmo pelo transporte da amostra de vinagre até o laboratório. Concluimos então que qualquer discussão acerca de uma falha em todos os processos acima citados, podem ser consideradas irrelevantes para a interpretação de um erro cometido na investigação.

Diante disso, o plano de fundo adicionado à prática desenvolvida por G3 na atividade investigativa mostra que um possível erro experimental ou metodológico é mínimo. Esta análise nos dá uma perspectiva um pouco diferente das análises feitas anteriormente em G1 e G2, permitindo que os documentos produzidos na AC bem como as categorias selecionadas para alguns turnos de fala dos alunos estivessem direcionados para os pequenos detalhes do desenvolvimento do experimento.

Nos turnos T316 e T311 os alunos associam a velocidade de escoamento do titulante com uma possível falha procedimental no experimento, mesmo antes do resultado da titulação acontecer. A ideia é plausível, uma vez que o ponto de viragem, e consequentemente da mudança de cor, deve ser encarado com cautela para um melhor resultado. Nesse sentido nos turnos subsequentes (T320, T321 e T322) encontramos um conjunto de falas que permitiram o confronto entre as ideias levantadas anteriormente, permitindo a categorização em MT, uma vez que o questionamento existente entre os alunos deste grupo ocasionou uma mudança conceitual do fenômeno que se investiga. Destacamos em T323 o desequilíbrio

provocado em G3A15, quando questionada, permitindo a análise da exclusão dos dados (ED) pela aluna.

Notamos, em T330 - T331 - T332 - T333 - T334 e T335, a presença de um diálogo a respeito dos motivos pelos quais o resultado foi menor que o esperado. As hipóteses estabelecidas para explicar o motivo do erro experimental se relacionam com o conceito de volatilidade. Os alunos, nestes turnos, relacionam os conceitos estudados anteriormente com a titulação utilizada, mas atribuem a diferença nos valores à volatilidade do indicador de pH, deixando a amostra de vinagre isenta de questionamentos. De certa forma, essa visão demonstra que eles acreditam que o valor da rotulagem deve, em qualquer hipótese, ser atingido com os valores práticos, e atribuem o erro a outros.

Nos turnos seguintes, diante do erro encontrado, a principal atitude a ser tomada, na visão dos alunos, é de refazer o experimento e rejeitar os dados obtidos. Essa ideia se destaca na perspectiva do grupo e os dados são rejeitados para que um novo procedimento seja feito, com a ideia de se obter uma maior rigorosidade no processo.

Quadro 16: Análise global das categorias encontradas no grupo 3

Turnos categorizados	Categorias presentes	Principal atitude desenvolvida pelo grupo
T302, T304, T306, T309, T311, T316, T320, T321, T322, T323, T330, T331, T332, T333, T334, T335, T341, T342, T343, T344, T345, T354.	RD, MT, ED, RMP	Refazer o experimento até que os resultados obtidos sejam os mesmos da rotulagem do produto

Fonte: elaboração própria

A dinâmica desenvolvida pelo grupo 3 permitiu o uso de uma quantidade significativa de unidades de registro na AC, e possibilitou destacar a mudança na formulação de hipóteses dos causadores do erro no experimento.

Quadro 17: Categorias encontradas na AC do grupo 4

Turnos	Categorias
(T360) P: Vamos começar a titulação.	

(T401) G4A19: Acho que pode ter influenciado aí. (T402) P: tem mais alguma coisa que pode,... (T403) G4A19: Acho que é isso. (T404) P: Bom, aqui foram três ideias diferentes. A primeira é que o fabricante está mentindo, essa é a primeira hipótese. A segunda hipótese é que o hidróxido de sódio não estava em uma concentração correta. Tem uma terceira hipótese? (T405) G4A17: A conta pode estar errada. (T406) P: Realmente, pode ser um erro de cálculo. Então são três hipóteses. O que a gente acredita mais? (T407) G4A19: Confere aí G4A20. (T408) G4A20: Vou conferir na calculadora. (T409) G4A19: Nossa, está dando um número muito baixo. (T410) G4A20: Deu menor ainda o meu resultado. (T411) P: Então deu diferente? (T412) G4A20: Sim. (T413) P: Então nós temos que decidir o que vamos fazer com esse erro. O que vocês acham que realmente está errado? O cálculo? O experimento? O vinagre? (T414) G4A20: Acho que o que tem mais chance de ter dado errado é o experimento. Pode ser porque não fazemos titulação com tanta frequência, isso pode ter influenciado. (T415) G4A17: Pode ser também a maneira com que estava sendo agitado. Ele estava muito parado, quando o G4A19 começou a agitar mais ele começou a mudar de cor. (T416) P: Então o que vocês vão fazer com esse resultado? (T417) G4A20: Fazer novamente. Para ver se fica igual o resultado. (T418) P: E se der diferente? (T419) G4A20: Fazemos mais uma vez. Fazemos até dar certo. (T420) P: Vamos imaginar que você encontre um valor de 3%. E você fez mais uma vez e encontrou 3%. (T421) G4A19: Quando eu faço uma coisa e o resultado começa a repetir, eu considero aquilo certo. (T422) P: Então você vai fazer o experimento várias vezes até encontrar um resultado constante? O que deu diferente você “joga fora”? (T423) G4A20: Não joga fora, posso dizer que eu deixo de lado. (T424) P: Legal. Então vou provocar uma reflexão aqui. Diante dos resultados constantes que você teve, qual foi o erro que você cometeu no primeiro experimento? (T425) G4A20: Aí eu vou ter que ver o que eu estou fazendo nos outros e que eu deixei de fazer no primeiro.	(T401) RiD (T405) RD (T408) SD (T414) RD (T415) RD (T417) RD (T423) SD
--	--

(T426) P: O que vai te motivar mais: Descobrir o que está errado ou buscar um valor constante? (T427) G4A16: Descobrir o que está errado. Se você descobrir o erro, você não vai mais cometê-lo.	
--	--

Em T379 e T383, referentes às análises do grupo 4, notamos que os alunos confundem concentração de substâncias com o volume. O principal motivo para as dificuldades apresentadas é resultado da falta de relações com os conhecimentos prévios referentes ao estudo das soluções (CARMO, 2005). Isso justifica a presença, nos próximos turnos, a fala do professor resgatando alguns conceitos de diluição importantes para interpretar o fenômeno. Destacamos que para o Ensino por Investigação proposto neste trabalho, o professor assume o papel de facilitador do aprendizado, norteando as ações dos alunos para a formulação de hipóteses na resolução dos problemas (CARVALHO, 2013; CAÑAL; PORLÁN, 1988).

Quadro 18: Análise global das categorias encontradas no grupo 4

Turnos categorizados	Categorias presentes	Principal atitude desenvolvida pelo grupo
T379, T383, T395, T399, T401, T405, T408, T414, T415, T417, T421, T423	MT, ID, RiD, SD e RD	Refazer o experimento até que os resultados obtidos sejam os mesmos da rotulagem do produto

Fonte: elaboração própria

As dinâmicas produzidas pelos alunos, bem como as reformulações de hipóteses através das falas do professor, permitiram a rejeição dos dados obtidos. O consenso dos participantes do grupo 4 é de que o experimento precisa ser feito novamente até obterem resultados constantes, através de uma média confiável (BACCAN, 2001).

A análise geral dos grupos 1, 2, 3 e 4, nos levam a algumas reflexões importantes para responder à questão de pesquisa deste trabalho, bem como nos norteiam ao encontro dos objetivos estabelecidos inicialmente. No quadro 19 procuramos elaborar a síntese dos dados obtidos.

Quadro 19: Síntese dos dados encontrados nos grupos 1, 2, 3 e 4.

Grupo	Categorias levantadas	Unidades de Registro	Natureza do erro	Como os alunos identificam o erro	Novas hipóteses para a resolução do erro
1	RD, AD, ED e SD	Presença de questionamentos entre os participantes do grupo; Surgimento da palavra erro e suas variáveis.	Erro conceitual: dificuldade em compreender as relações existentes entre volume e concentração das substâncias (SILVA, 2011).	Através da comparação entre os valores obtidos com o rótulo de vinagre; Estabelecem a confiabilidade ao rótulo do produto, não considerando que a concentração pode realmente ser diferente.	Atribuem o erro obtido à concentração de titulante e propõem refazê-lo até atingir valores próximos a 4%.
2	RD, ED, ID, RID e SD	Presença de questionamentos entre os participantes do grupo; Surgimento da palavra erro e suas variáveis.	Erro procedimental: apontam várias possíveis falhas manipulativas no desenvolvimento do experimento.	Através da comparação entre os valores obtidos com o rótulo de vinagre; Julgam importante o uso de uma sequência de técnicas procedimentais para interpretar o erro (POZO, 1996)	Atribuem o erro às técnicas procedimentais e propõem refazer o experimento com sequência procedimental diferente e chegar em um valor confiável.
3	RD, MT, ED, RMP	Presença de questionamentos entre os participantes do grupo; Surgimento da palavra erro e suas variáveis.	Erro procedimental: apontam possíveis falhas manipulativas no desenvolvimento do experimento e na possível interferência das volatilidades do soluto e do indicador.	Através da comparação entre os valores obtidos com o rótulo de vinagre; Relacionam o princípio da volatilidade como o possível causador do erro procedimental no experimento.	Atribuem o erro às técnicas procedimentais e propõem refazer o experimento com sequência procedimental diferente e chegar

					em um valor confiável.
4	MT, ID, RiD, SD e RD	Presença de questionamentos entre os participantes do grupo; Surgimento da palavra erro e suas variáveis.	Erro conceitual e procedimental: dificuldade em compreender as relações existentes entre volume e concentração das substâncias (SILVA, 2011). Apontam falhas manipulativas no desenvolvimento do experimento.	Através da comparação entre os valores obtidos com o rótulo de vinagre. Julgam importante o uso de uma sequência de técnicas procedimentais para interpretar o erro (POZO, 1996)	Propõem refazer o experimento para atingir a confiabilidade matemática nos dados obtidos.

Fonte: elaboração própria.

Diante dos dados obtidos e registrados no quadro 19, podemos destacar o papel do professor no processo de compreensão do experimento. A visão que os alunos possuem ao se deparar com um experimento, mesmo que de forma apriorística, é uma forma espontânea de interpretar o mundo (POZO; CRESPO, 2009). Nesse sentido, o professor executa o trabalho de dar sentido aos códigos propostos pela Ciência, tornando-os cada vez mais acessíveis aos alunos.

Para Pozo e Crespo (2009)

A função do professor durante esta fase vai além da visão de apenas “explicar”: trata-se aqui de supervisionar o exercício da prática, corrigindo erros técnicos e proporcionando não só reforços, mas sobretudo informações para corrigir os erros cometidos. (POZO; CRESPO, 2009, p. 56).

Neste sentido, o professor explora as capacidades reflexivas dos alunos, tentando fazer com que se reflita sobre as hipóteses sugeridas e o conhecimento seja adquirido desenvolvendo a autonomia dos indivíduos (BULGRAEN, 2010).

Segundo Rocha (2016), há necessidade de conhecimento mais profundos a respeito das dificuldades dos alunos. Alinhado a esta perspectiva, as o Ensino por Investigação proposto neste trabalho tem como ponto imprescindível a atuação do professor no processo de aprendizagem em Ciências. Nesta modalidade, o planejamento da prática docente é o fio condutor da execução de um experimento com enfoque investigativo.

Segundo Pozo e Crespo (2009), as técnicas que o aluno já possui devem ser utilizadas como ponto estratégico para prosseguir na elaboração de experimentos em Ciências. O ponto fulcral está em alinhar aquilo que o aluno já sabe com aquilo que ele pode fazer para explicar o fenômeno que se investiga. Encontramos, na análise dos 4 grupos, que esta etapa foi determinante para a elaboração de novas hipóteses. Seguindo a terminologia que Vygotsky (1978) compreende como Zona de Desenvolvimento Proximal, o objetivo seria estimular a potencialidade dos alunos para prosseguir na investigação.

Para Silva (2019), o erro é visto como uma barreira a ser vencida. Neste sentido, ao se deparar com um problema a ser resolvido, o aluno tem como principal ponto de partida um dado anômalo, um erro encontrado no experimento, que acaba catalisando a investigação.

Os dados obtidos mostraram que o Ensino por Investigação é uma abordagem didática que demanda a constante participação do professor no processo (SASSERON, 2015). Neste sentido, o experimento proposto para os alunos serve de ferramenta para a construção do conhecimento do aluno, enquanto investigador do fenômeno que se observa, e de ferramenta de formação continuada do professor, enquanto investigador de sua própria prática (CAÑAL, 1997).

Quadro 20: Contribuições do erro para a investigação do experimento.

	Característica do erro	Como os alunos progridem na investigação
Grupo 1	Erro conceitual: os alunos atribuem o erro à concentração de titulante .	Os alunos sugerem refazer o experimento utilizando uma concentração diferente de titulante. Não cogitam a hipótese de que o titulado realmente pode ter uma concentração diferente do rótulo.
Grupo 2	Erro procedimental: atribuem o erro às técnicas manipulativas das vidrarias e mistura de reagentes.	O erro motivou a busca por uma explicação do fenômeno. As técnicas utilizadas na titulação eram novas para os alunos e a insegurança em manipular novas vidrarias e utilizar novas formas para determinar as concentrações de substâncias, permitiram a insegurança. A principal hipótese, ao final das discussões, foi de refazer o experimento com sequências diferentes de técnicas manipulativas.
Grupo 3	Erro procedimental: relacionam a relação entre o uso de um soluto volátil com os resultados obtidos.	Refletem a respeito do assunto volatilidade de substâncias, pois relacionam os conteúdos aprendidos anteriormente com as técnicas utilizadas no experimento. A ideia predominante do experimento foi o da volatilidade e a nova formulação de hipóteses gira em torno do controle da perda de partículas em sistemas abertos, ou seja, refazer o experimento com ênfase no controle da volatilidade das substâncias.
Grupo 4	Erro conceitual e procedimental: dificuldades em relacionar os assuntos estudados anteriormente, referente às	As dificuldades em relacionar concentração e volume no estudo das soluções foi determinante para a reformulação das hipóteses. A ideia predominante nas discussões produzidas pelo grupo está diretamente relacionada com a confiabilidade nos resultados. Não se busca a causa dos erros, apenas se busca um critério de confiabilidade

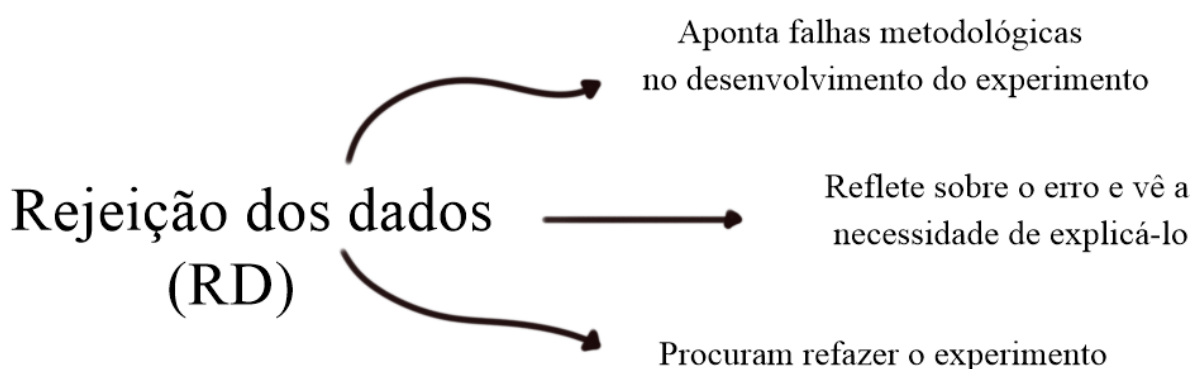
	relações de volume e concentração.	matemática, onde um mesmo resultado encontrado várias vezes se transforma em um dado confiável, mesmo que seja um resultado diferente do rótulo do produto.
--	------------------------------------	---

Os erros encontrados, na perspectiva da Química, fazem sentido quando se analisa o grau de dificuldade que os conteúdos essenciais são inseridos em uma prática de titulação. Os aportes teóricos encontrados para nos auxiliar neste trabalho, estão diretamente ligados ao estudo das soluções químicas, utilizando as relações existentes entre concentração comum, molar, título em massa, título em volume (BRAIBANTE, 2012; PEIXOTO, 2012; GONÇALVES, 2016; ROSA, 2020), mas não fazem nenhuma relação com as técnicas utilizadas para a determinação de concentrações desconhecidas, em que a titulação pode ser utilizada.

Neste sentido, os resultados encontrados apontam que os experimentos com enfoque investigativos carregam uma forte contribuição para o Ensino de Química, uma vez que os alunos possuem, normalmente, uma base sólida a respeito dos assuntos essenciais para a compreensão da técnica de titulação.

Mesmo que a ideia predominante nas tomadas de decisão dos grupos analisados seja a rejeição dos dados, o diálogo entre professor e alunos foi determinante para a formulação das hipóteses. Notamos que, no primeiro momento, os alunos ficaram sem saber o que fazer com o resultado encontrado e na medida em que as discussões foram acontecendo e a abertura que o professor colocou para os alunos, permitiu maior autonomia no debate.

Figura 04: Característica predominante da rejeição dos erros no experimento

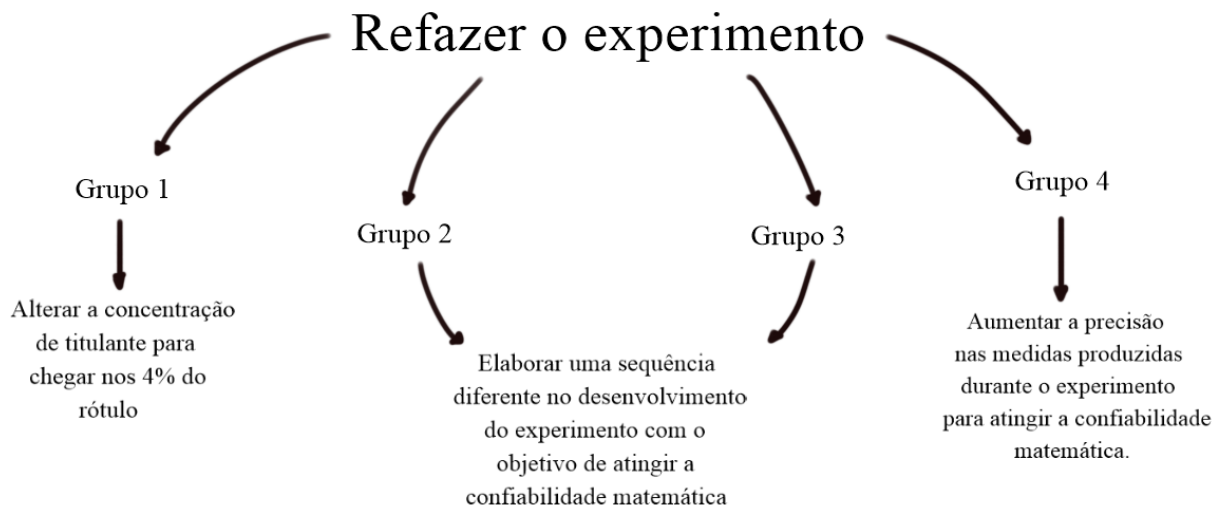


Fonte: Elaboração própria

Destacamos a ideia de que nesta categoria (RD) os alunos não aceitam o erro como um resultado coerente a sua análise. No entanto, procuram uma explicação, mediada pelo professor, para propor as hipóteses e testá-las. Neste sentido, para provar as

suas novas hipóteses, todos os grupos sugerem refazer os experimentos com objetivos distintos. Para analisar o como os alunos prosseguem nas investigações, sugerimos a imagem xxx:

Imagem xxx: Qual o objetivo almejado ao refazer o experimento



Fonte: Elaboração própria

Com os objetivos traçados pelos grupos e analisados nesta pesquisa, destacamos que o perfil das novas hipóteses desenvolvidas pelo grupo 1 vão ao encontro de uma visão distorcida do conhecimento científico.

Segundo Cachapuz (2005), o Ensino de Ciências deve abordar alguns aspectos relevantes para o rompimento deste paradigma. Para os autores, o Ensino de Ciências deve:

- apresentar situações problemáticas abertas;
- propor reflexões a respeito dos interesses da situação proposta;
- propor uma análise qualitativa, significativa, que ajude a compreender e a balizar as situações propostas e a formular perguntas operativas sobre o que se procura;
- propor a emissão de hipóteses, fundamentadas nos conhecimentos disponíveis;
- propor a elaboração de estratégias, incluindo, no seu caso desenhos experimentais e;
- propor a análise profunda dos resultados.

Neste sentido, os alunos devem ser motivados a questionar os resultados obtidos durante o experimento, proporcionando o debate entre os integrantes do grupo e elaborando novas hipóteses a serem testadas.

No que tange as decisões tomadas por todos os grupos, em refazer os experimentos adotando técnicas diferentes ou realizando alguma espécie de mudança periférica no desenvolvimento, o professor deve se atentar para o aluno não

estabeleça uma nova reprodução do processo experimental adotado anteriormente, pois caso o faça, os resultados obtidos serão sempre os mesmos e os alunos não vão atingir o êxito que se espera em uma análise experimental (SOUZA, 2019).

Considerações Finais

O Ensino por Investigação proposto neste trabalho de pesquisa leva em consideração que aluno e professor participam em conjunto do processo formativo. Pudemos encontrar maiores evidências deste processo ao longo das análises feitas, com os alunos da segunda série de ensino médio.

A UDM, proposta de acordo com as etapas apresentadas anteriormente, demonstrou ser um instrumento organizado para a organização do experimento com enfoque investigativo. As três etapas de elaboração da UDM (planejamento, a intervenção didático-pedagógica e o replanejamento) deram suporte à prática docente, pois permitiram que os pontos mais relevantes do processo fossem aprimorados, bem como permitiu a correção de eventuais falhas.

O erro, de acordo com todos os dados coletados, validou o aporte teórico adotado neste trabalho de pesquisa, demonstrando-se extremamente relevante ao processo de ensino e de aprendizagem dos alunos da segunda série de Ensino Médio. As características mais relevantes do erro são de rejeição aos dados adquiridos, e catalisaram o desenvolvimento da investigação pelos alunos, que puderam propor hipóteses, elaborar e reformular as ideias durante os processos de diálogo com os demais alunos e o professor.

Neste sentido, a análise do desenvolvimento dos grupos permitiu uma reflexão a respeito da utilização das atividades experimentais sobre titulação de substâncias. A titulação exige um elevado nível de relação entre os conteúdos trabalhados anteriormente, tais como concentração de substâncias e propriedades coligativas. A análise do erro possibilitou, ao aluno, o resgate destes conteúdos e demonstrou ter um potencial considerável para relacionar os conceitos científicos com o cotidiano do aluno.

Evidenciamos também a presença de erros de natureza procedimental, onde os alunos justificam o dado anômalo encontrado a falhas metodológicas, o que permite a rejeição dos dados e a conclusão de ter que refazer o experimento até adquirir a confiabilidade matemática nos dados. Tal análise vai ao encontro dos mecanismos envolvidos na formação inicial do professor em Química, que utiliza referenciais teóricos para as disciplinas práticas de laboratório excludentes ao erro. Esta prática é refletida à prática docente. O professor, diante disso, deve reformular

sua concepção a respeito das características do erro nas atividades práticas, permitindo então a consolidação de investigados de sua prática.

Ainda a respeito dos erros procedimentais, notamos que o uso excessivo de vidrarias e reagentes podem justificá-los. A análise dos dados permitiu compreender que a taxonomia de resposta aos dados anômalos, em grande parte, está associada ao número de processos que devem ser desenvolvidos em uma atividade experimental. Sempre que necessário, o professor deve intervir para valorizar o debate e a reformulação de hipóteses dos alunos.

A valorização do erro nas atividades experimentais em Química, demonstra-se uma ferramenta importante na construção de argumentos e reformulação de hipóteses pelos alunos e pelo professor. Deve ser valorizada e não excluída do processo de aprendizagem dos alunos.

Defendemos, assim, que é possível inserir atividades experimentais com enfoque investigativo sobre titulação de substâncias para alunos de Ensino Médio, mas o professor deve estar preparado para replanejar sua prática diante dos erros cometidos no desenvolvimento da prática.

Assim, tanto os erros de natureza conceitual quanto os procedimentais, podem ser evidenciados na prática de titulação, e devem ser valorizados para a construção de conhecimentos em Química para alunos de Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. **Atividades Experimentais: do método à prática construtivista**. Santa Catarina, 2000. Tese(Educação), Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC, Florianópolis, 2000.

SCHENTZLER R.P., ARAGÃO R.M.R. **Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química**. Revista Química Nova na Escola. nº 1, v. 27, 1995

ARROIO, A., DINIZ, M.L., GIORDAN, M. **A utilização do vídeo educativo como possibilidade de domínio da linguagem audiovisual pelo professor de Ciências**. V Encontro Nacional De Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

ATAÍDE, M. C. E. S.; SILVA, B. V. C. **As metodologias de Ensino de Ciências: contribuições da experimentação e da História e Filosofia da Ciência**. HOLOS, v. 4, p. 171-181, 2011.

AUSUBEL, D. **In defence of advance organisers: A reply to my critics**. Review of Educational Research, vol. 48, pag.251-257. 1978.

BACCAN, N. et al. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. São Paulo: Edgard Blucher. 3ª Edição. 2001.

BACHELARD, G. **Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1 ed. São Paulo: Edições 70. 2016.

BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

BEGO, A. M. **A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de Química**. Coleção Textos FCC (Online), v. 50, p. 55-72, 2016.

BELL, R. L.; SMETANA, L.; BINNS, I. **Simplifying Inquiry Instruction**. The Science Teacher. p. 30-33, 2005.

BLANCO, G. S.; PÉREZ, M. V. V. **Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales**. Enseñanza de las ciencias, v. 11, n. 1, p. 33-44, 1993.

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

BORGES, O. N. **Situações inesperadas no laboratório escolar**. In: VIII Encontro de Pesquisa no Ensino de Física, Águas de Lindóia, 2002.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. **Tendências contemporâneas no ensino de Biologia no Brasil**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Uvigo, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

BRAGA, S. M.; FERNANDES, C. V. S. **Performance de Sensores de Precipitação do Tipo “Tipping Bucket” (Báscula) – Um Alerta para a Ocorrência de Erros**, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2007.

BRASIL. **Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, 20 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 5 mar. 2020.

BRASIL. **Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Temas transversais. Brasília: Ministério da Educação, 1997.

CACHAPUZ, A. **A necessária renovação do ensino de ciências**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2005. Educ., Rio de Janeiro, v.27, n.103, p. 271-290, abr./jun. 2019. Disponível em: www.scielo.br/pdf/ensaio/v27n103/1809-4465-ensaio-S0104-40362018002601470.pdf. Acesso em: 27 dez. 2020.

CAMPANARIO, J. M. **Algunas posibilidades del artículo de investigación como recurso didáctico orientado a cuestionar ideas inadecuadas sobre la ciencia**. Enseñanza de las Ciencias, v. 22, n. 3, p. 365-378, 2004.

CAÑAL, P. et al. **Investigar la escuela: elementos para una enseñanza alternativa**. Sevilla: Díada, 1997.

CAÑAL, P. **La investigación escolar, hoy**. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 52. p. 9-19 , 2007.

CAÑAL, P.; PORLAN, R. **Enseñanza-aprendizaje por investigación: La urgente necesidad de un modelo didáctico global**. IV Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, 4., 1986, Sevilla. Actas [...] Sevilla: Universidad de Sevilla, 1986.

CAÑAL, P.; PORLÁN, R. **Investigando la realidad próxima: Un modelo didáctico alternativo**. Enseñanza de las Ciencias, v. 5, n. 2, p. 89-96, 1987.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas** São Paulo: Cengage Learning, cap. 1. p.1-20, 2013.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné, Grenoble**. La pensée sauvage. 1985.

CHINN, C. A. e BREWER, W. F. **An empirical text of a taxonomy of responses to anomalous data in science**. Journal of Research in Science Teaching, v.35, n.6, p. 623–654, 1998.

CHINN, C. A. e BREWER, W. F. **The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science education.** Review of Educational Research, v.63, n.1, p.1–49, 1993.

CLEMENTE, C. M. **Gestão Democrática na Escola.** Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional, 2015.

CUNHA, M.B. **Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula.** Química Nova na Escola, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

DE OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente/Contributions and approaches of the experimental activities in the science teaching: Gathering elements for the educational practice.** Acta Scientiae, v.12 , n.1. 139-153, 2012.

DEBOER, G. E. **Historical perspectives on Inquiry Teaching in Schools.** Springer, p. 17-35, 2006.

DEMO, P. **Pesquisa e informação qualitativa: aportes metodológicos** (Coleção Papirus Educação). 3. ed. Campinas: Papirus, 2001.

DEWEY, J. **Democracia e educação: uma introdução à filosofia da educação.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

DORIGON, T. C.; ROMANOWSKI, J. P. **A reflexão em Dewey e Schön.** Revista Intersaberes, Curitiba, ano 3, n. 5, p. 8-22, 2008.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa.** 3. Ed., Trad. Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRANCISCO JR., W.E. **Uma proposta metodológica para o ensino dos conceitos de pressão e diferença de pressão.** Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, v. 9, n. 1, p.121-135, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00152.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários a prática educativa.** São Paulo, Paz e Terra. 1997.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. **A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na Licenciatura em Química.** Química Nova, v.27, n.2, 2004. p.326-331.

GIL-PÉREZ, D. FERNÁNDEZ, I.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico.** Ciência & Educação, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de Ciências.** Química Nova da Escola, n.10. p.43-49, 1999.

GONÇALVES, A. S. **Reflexões sobre educação integral e escola de tempo integral**. São Paulo, n.2, p. 129-135, 2006.

GUIMARÃES, C. C. **Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa**. Química Nova na Escola. v. 31, n. 3, p.198-202, ago. 2009.

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

HODSON, D. **Experiments in science and science teaching**. Journal of Educational Philosophy and Theory, p. 53-66, 1988.

HODSON, D. **Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório**. Enseñanza de las Ciencias, v.12, n. 13, p.299-313, 1994.

IZQUIERDO, M. A. **La lengua española en América: normas y uso actuales**. Universitat de Valencia, 2010.

KAMII, C. **A criança e o número: Implicações educacionais da teoria de Piaget para a atuação com escolares de 4 a 6 anos**. 11. ed. Campinas, SP: Papirus, 1990.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo, EPU/Edusp, 1987.

KRASILCHIK, M. **Reformas e Realidade: o caso do ensino de Ciências**. São Paulo em Perspectiva, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

LABURÚ, C. E. **Fundamentos para um experimento cativante**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p.382-404, 2006.

LEITE, L. **As actividades laboratoriais e o desenvolvimento conceptual e metodológico dos alunos**. Boletín das Ciencias, 51, p. 83-92, 2002.

LUCKESI, C. C. **Filosofia Da Educação**. São Paulo: ed. Cortez,1990.

MACÊDO, J. A.; VOELZKE, M. R. **As concepções prévias, os recursos tradicionais e as tecnologias digitais no ensino de astronomia**. Revista Imagens da Educação, v. 4, n. 3, p. 27-38, 2014.

MALDANER, O. A. **A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de Química**. Química Nova, v. 2, n. 22, p. 289-292, 1999.

MALHEIRO, J. M. S. **A resolução de problemas por intermédio de atividades experimentais investigativas relacionadas à biologia: uma análise das ações vivenciadas em um curso de férias em Oriximiná (PA)**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, 2009.

MONTEIRO, M.A.A. e TEIXEIRA, O.P.B., **“Uma Análise das Interações Dialógicas em Aulas de Ciências nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental”**, *Investigações em Ensino de Ciências*, v.9, n.3, 243-263, 2004.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** *Revista Ensaio*, v.9, p. 72-89, 2007.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H.L.; MENDONÇA, V.M. **O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais**. *Revista História, Sociedade e Educação no Brasil*, 39, p. 225-249, 2010.

NERY, G. L. **Interações discursivas e a experimentação investigativa no Clube de Ciências Prof. Dr. Cristovam Wanderley Picanço Diniz**. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) –Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém. 2018.

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

PARENTE, A. G. L. **Práticas de investigação no ensino de ciências: percursos de formação de professores**. Tese Doutorado em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista, 2012.

PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**. Rio de Janeiro: ed. Forense Universitária, 1970.

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

POZO, J.I. **Teorias cognitivas de aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 1989.

PRAIA, J; GIL-PÉREZ, D; VILCHES, A. **O papel da natureza da Ciência na Educação para cidadania**. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

RAMOS, M. **Concepção de Ensino Médio Integrado**. Secretaria de Educação do Estado do Paraná, 2008.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada**. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. Anais [...]. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

SANTOS, W. **Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica**. *Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

SASSERON, L. H. & DUSCHL, R. A. **Ensino de ciências e as Práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes.** Investigações em Ensino de Ciências, 21, p. 52-67. 2016.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; WEST, D.M. **Fundamentals of Analytical Chemistry**, 9ª ed. Orlanda, Flórida, EUA: Saunders College Publications, 2014.

SOUZA, A. C.; **A experimentação no ensino de ciências: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem.** Monografia de Especialização da UTFPR. Medianeira, 2013.

SUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo -USP, 2008.

SUART, R. D. C.; MARCONDES, M. E.R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química.** Ciências & Cognição, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

TRÓPIA, G.; DUTRA, L. B. **Histórias do ver, do não ver e do transver o mundo em labirintos formativos de professores de ciências.** Educação em Foco, v.21, n.1, 2016.

VIEIRA, E.; MEIRELLES, R. M.S.; RODRIGUES, D. C.G. A. **O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do laboratório virtual química fácil.** VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – VIII ENPEC – Campinas, São Paulo – 5 a 9 de dezembro de 2011. Anais [...]. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0468-1.pdf. Acesso em: 10 dez. 2020.

VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D. **Construyamos un futuro sostenible: diálogos de supervivencia.** Madrid: Cambridge University Press, 2004.

VYGOTSKY, L. S. **A formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WILSEK, M.; TOSIN, J. (2009). **Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas.** Estado do Paraná, 2008. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2020.

ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens.** Ensaio: pesquisa em educação em ciências, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/309/715>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

ZULIANI, S. R. Q. A. **Prática de Ensino de Química e Metodologia Investigativa: uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social.** 388 p. Tese (Doutorado em Educação) –Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE 01: Fundamentos químicos para o experimento: Titulação ácido – base

Os métodos mais utilizados em laboratório para determinação de uma concentração desconhecida, utilizando uma solução padrão, são volumetria ácido – base, condutometria e potenciometria (BACCAN, 2001; VOGEL, 2002). Neste trabalho, vamos conduzir as reflexões acerca dos procedimentos contidos no estudo de soluções, utilizando a volumetria como princípio norteador. A técnica de volumetria consiste em utilizar uma reação de neutralização entre ácido e uma base para determinar a concentração desconhecida. Diante disso, utilizaremos uma solução padrão de hidróxido de sódio, NaOH, com concentração de 0,1 mol/L, padronizada antecipadamente pelo técnico de laboratório, realizando então a titulação em uma amostra de vinagre comercial, de concentração desconhecida. Cada aluno ficou responsável em coletar a amostra em casa e levar ao laboratório para sua análise.

A volumetria é uma técnica que pode ser utilizada em laboratórios didáticos, utilizando materiais de baixo custo e amostras de substâncias do cotidiano do aluno, como o vinagre proposto neste experimento. O conjunto de instrumentos para a execução dessa técnica é um obstáculo para o professor que a utiliza, embora algumas pesquisas mostrem que é possível executar este experimento com o uso de materiais alternativos (ASSUMPÇÃO, 2010; SANTOS, 2016).

Em uma titulação, pequenos volumes da solução de reagente – o titulante – são adicionados ao analito (titulado) até que a reação termine. A partir da quantidade de titulante que foi usada podemos calcular a quantidade de analito que está presente. (HARRIS, 2005).

Para o processo de titulação, é importante que se atente ao ponto de equivalência. Harris (2005) mostra, através de uma breve definição, que o ponto de equivalência ocorre quando a quantidade de titulante adicionado é a quantidade exata necessária para uma reação estequiométrica com o analito. Visualmente, o indicador de pH mostrará uma mudança de cor no titulado que indicará o momento em que a concentração de íons H^+ será igual a concentração de íons OH^- .

O ponto de equivalência é o resultado teórico do procedimento experimental. Ele se configura como uma mudança repentina em uma propriedade física da solução (HARRIS, 2005). Para a titulação ácido-base em questão, ao adicionar fenolftaleína na solução de vinagre, notamos que não há mudanças nas propriedades físicas do sistema porém, com a adição de hidróxido de sódio ao sistema, a proporção de íons H^+ comparado aos íons OH^- vai diminuindo, acarretando em um aumento de pH e uma mudança de coloração acontece no sistema. A fenolftaleína em meio básico possui coloração rósea, e essa evidência é a que se objetiva no experimento. Harris (2005) fala sobre o ponto de equivalência da seguinte forma:

O primeiro vestígio de cor púrpura (usando o exemplo da reação entre ácido oxálico e permanganato, em um processo semelhante ao que esse trabalho se propõe a analisar) indica o ponto final. Quanto melhor forem os olhos do operador, mais o ponto final, que é medido experimentalmente, se aproxima do ponto de equivalência (HARRIS, 2005).

O autor destaca que as evidências visuais no experimento são extremamente importantes na determinação da concentração do titulado. A primeira evidência de mudança de coloração na solução determina o momento exato de parar o experimento, pois o ponto de equivalência foi atingido. Devido a isso, o autor destaca que a diferença entre o ponto final e o ponto de equivalência é o inevitável erro de titulação.

Quadro 21: Ponto final e ponto de equivalência em uma titulação ácido-base

Ponto final do experimento		Ponto de equivalência do experimento
Resultado da atividade experimental que está relacionada com a mudança súbita de propriedade física da solução.	A diferença entre o ponto final e ponto de equivalência é reconhecida como erro de titulação.	Resultado ideal, e teórico, do que procuramos na titulação.

Fonte: Elaboração própria

Basset et al. (1978) propõe um conjunto de métodos para interpretação do ponto final e ponto de equivalência através do uso das curvas de titulação. Entre os métodos apontados pelo autor estão os métodos geométricos, método das bissetrizes, método das tangentes paralelas, método dos círculos ajustados e os métodos numéricos. Barroso (1987) propõe um modelo matemático para a interpretação da curva de titulação dos quais os métodos da derivada primeira e método da derivada segunda estão presentes. Nosso foco com esse trabalho é deixar o experimento mais próximo da realidade do aluno, permitindo que as discussões aconteçam ao longo de sua realização e, assim, mantendo-os motivados para estabelecer hipóteses sem a obrigação de seguir um método preexistente. Contudo, julgamos como essencial para a análise dos dados coletados, a interpretação do ponto final da titulação, discutindo sobre o enredo do experimento como um todo, não se preocupando com a formalidade de construção da curva de titulação. Dessa forma, as hipóteses levantadas pelos alunos estarão consolidadas aos fenômenos vistos e discutidos, deixando de lado os modelos matemáticos de interpretação do ponto de equivalência. É importante destacar que o ponto de equivalência não ocorre necessariamente em pH 7, pois uma neutralização não produz, obrigatoriamente, uma solução neutra. Diante disso, deve-se escolher o indicador adequado à titulação em que se pretende desenvolver (RUSSELL, 1994).

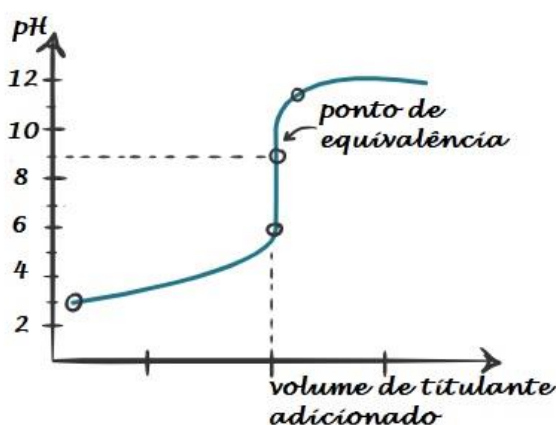
De certa forma, o ponto central da titulação é detectar o momento exato em que o volume de titulante é igual ao requerido em relação estequiométrica entre titulante e analito (ATKINS, 2006). A essa análise, podemos utilizar o termo ponto estequiométrico.

Portanto, no desenvolvimento do experimento, os alunos devem analisar o ponto estequiométrico da reação de neutralização entre o ácido etanoico, presente na amostra de vinagre, com hidróxido de sódio, NaOH 0,1 mol/L, preparada antecipadamente pelo técnico de laboratório da escola. A análise experimental permitirá a comparação dos valores experimentais com o valor do rótulo do material.

Titulação de um ácido fraco com uma base forte

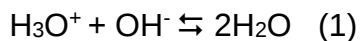
Diante das discussões anteriores, o experimento exige atenção daquele que o executa, pois, a mudança abrupta da coloração indicada pela fenolftaleína é determinante para a identificação da concentração do ácido titulado. Graficamente, o ponto de equivalência da reação entre o ácido etanoico com o hidróxido de sódio pode ser representado como uma mudança repentina no potencial hidrogeniônico do sistema.

Figura 05: Curva de titulação do ácido etanoico com hidróxido de sódio



Fonte: Elaboração própria

Ao se conduzir o experimento acima, deve-se ficar atento à primeira mudança de coloração do sistema, evidenciando uma mudança física do sistema e, conseqüentemente, indica que as concentrações de H^+ e OH^- são iguais. Esse método de análise, que leva em consideração a relação entre íons H_3O^+ e OH^- é baseado na reação (1), cuja extensão é governada pelo produto iônico da água (2) (BACCAN, 1979).



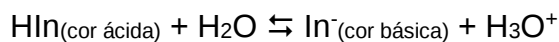
$$K_w = [H_3O^+].[OH^-] \quad (2)$$

A escolha do indicador

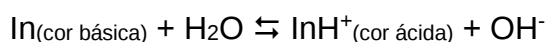
Um indicador ácido-base é um ácido ou base orgânicos fracos cuja forma não dissociada difere da cor de sua base ou ácidos conjugados (SKOOG, 2014).

Desta forma, o comportamento de um indicador pode ser dividido em dois tipos: indicador do tipo ácido e indicador do tipo básico (SKOOG, 2014).

Para indicadores do tipo ácido, temos o seguinte equilíbrio químico:



Indicadores do tipo básico são representados de acordo com o seguinte equilíbrio químico:



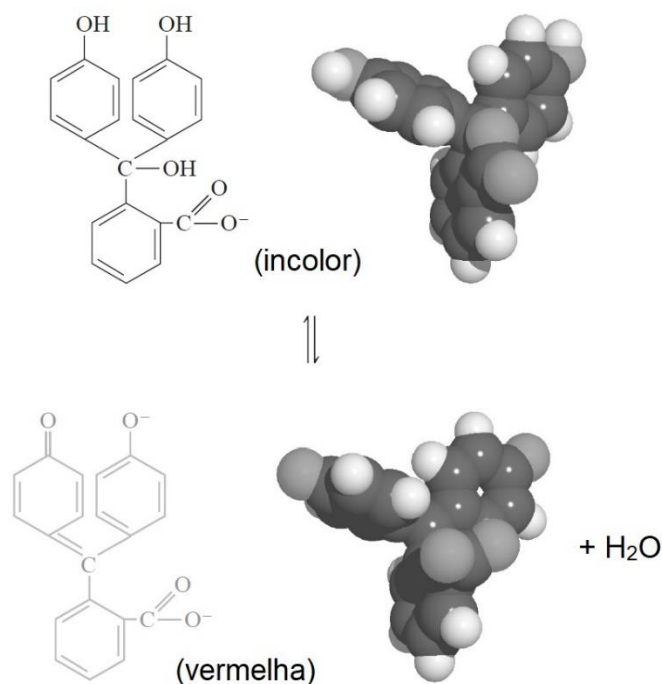
Utilizaremos, para a titulação do ácido etanoico com hidróxido de sódio, a fenolftaleína, que se comporta como um indicador do tipo ácido. Diante disso, a expressão da constante de equilíbrio para a dissociação do indicador deste tipo é:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^{+}][\text{In}^{-}]}{[\text{HIn}]}$$

Para uma melhor interpretação, rearranjaremos a expressão acima para estabelecer uma razão pertinente ao uso da fenolftaleína neste experimento:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^{+}]}{[\text{In}]} = K_a \cdot \frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}]}$$

Quando a razão existente entre $[\text{HIn}]/[\text{In}]$ assume valores entre 10 e 0,1, a visão humana é capaz de identificar a diferença de cores produzidas. Portanto, a fenolftaleína assume uma cor ácida quando $[\text{HIn}]/[\text{In}]$ é maior ou igual a 10, no entanto, quando esta razão for menor ou igual a 0,1 ela se mostrará com a cor característica da base, mesmo que a visão humana consiga identificar apenas a faixa descrita acima.

Imagem XXX: Equilíbrio químico da fenolftaleína

Fonte: Adaptado de Skoog (2014)

Utilizando a expressão descrita anteriormente, a mudança de cor característica da fenolftaleína em meio ácido e em meio básico pode ser assim determinada (utilizando $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$):

Meio incolor (característico do meio ácido)	Meio vermelho (característico do meio alcalino)
$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10 \cdot K_a$	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \cdot K_a$

Fonte: Elaboração própria

Skoog (2014) elabora um conjunto de procedimentos para a execução de uma titulação. Esses procedimentos levam em consideração:

1. O uso correto de frascos volumétricos, que inclui a pesagem direta em frascos volumétricos, transferência qualitativa de líquidos, e diluição até a marca;
2. A calibração do material de vidro volumétrico através da medida em massa do líquido.

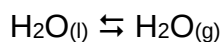
A calibração e a seleção dos materiais que foram utilizados pelos alunos foram feitas antecipadamente pelo responsável pelo laboratório de Química, junto com o professor titular da disciplina para os alunos da 2ª série de Ensino Médio.

Fatores que podem influenciar nas medições coletadas durante a titulação: Erro de titulação

Skoog (2014) aponta dois erros comuns aos processos de titulação ácido-base, o erro determinado e o indeterminado. Ao primeiro, o autor se refere ao uso indevido do indicador de pH, pois a mudança de cor característica do indicador escolhido difere do ponto de equivalência. Ao segundo erro característico dos processos de titulação, o autor argumenta sobre a habilidade limitada da nossa visão em identificar as cores na viragem. Além disso, o autor revela algumas variáveis que influenciam o comportamento dos indicadores, como a temperatura, a força iônica e a presença de solventes orgânicos e partículas coloidais.

Pressão de vapor e volatilidade do ácido acético

Em um recipiente fechado, como o vinagre comercial utilizado no experimento que este trabalho se propõe a analisar, as fases líquido e vapor encontram-se em equilíbrio dinâmico. Nesse equilíbrio, há moléculas em processo de evaporação assim como moléculas em condensação e esse processo acontece muito rapidamente e na mesma velocidade. Utilizaremos o exemplo da água para melhor representar o processo ocorrido.





Fonte: Adaptado de Russell (1994)

A pressão exercida pelas moléculas de água na fase gasosa, em equilíbrio com a água no estado líquido é chamado de pressão de vapor e depende da tendência de escape das moléculas da fase líquida. Se as interações intermoleculares da solução são fracas, a tendência é que o líquido possua uma elevada pressão de vapor (RUSSELL, 1994).

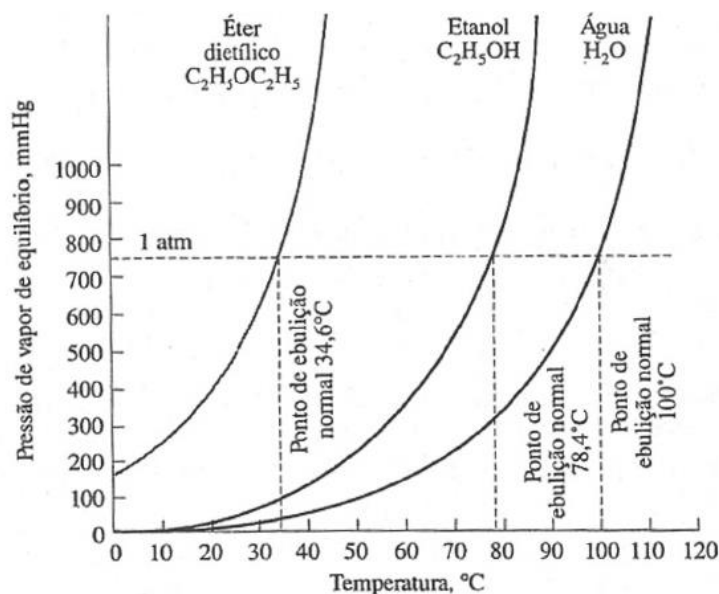
Estamos, até certo modo, justificando a pressão de vapor de um sistema como a tendência que as moléculas na fase líquida possuem de “escapar” do sistema, isso implica dizer que alguns fatores adjacentes a esse processo podem influenciar na medição da pressão de vapor. A temperatura em que a medição é feita é um ponto relevante em todo processo. Quando a temperatura do sistema é elevada, a tendência de escape das moléculas na fase líquida é elevada. Quando a temperatura atinge valores ainda maiores, as moléculas da fase líquida entram em ebulição.

Destacamos como importante a relação existente entre a ebulição do composto e a pressão atmosférica, uma vez que a definição proposta para o ponto de ebulição é de temperatura na qual a pressão de vapor do líquido é igual a pressão atmosférica. Isso implica dizer que à elevadas altitudes, com uma pressão atmosférica menor que a evidenciada ao nível do mar, a temperatura que a substância entra em ebulição é menor (RUSSELL, 1994).

Um líquido cuja pressão de vapor é alta nas temperaturas ordinárias é chamado de volátil (ATKINS, 2006). Podemos dizer que a pressão de vapor é alta quando as moléculas de um líquido são mantidas por forças intermoleculares

fracas, já as moléculas mantidas por forças intermoleculares fortes possuem uma baixa pressão de vapor, devido a baixa tendência de escape do sistema.

Figura 06: Comparações entre a temperatura de ebulição de líquidos com interações intermoleculares diferentes



Fonte: Russell (1994)

A comparação entre as três substâncias descritas na Figura 06, nos possibilita estabelecer a relação entre o ponto de ebulição e as forças intermoleculares. A água possui uma elevada interação intermolecular, as ligações de hidrogênio, por possuir um elemento muito eletronegativo com pares isolados de elétrons, normalmente O, N ou F.

Diante disso, é de se prever que o ácido acético utilizado no procedimento experimental em questão, tenha um ponto de ebulição maior que as temperaturas de líquidos formados por dipolos permanentes, devido a presença das ligações de hidrogênio em sua molécula (SOLOMONS, 1996).

A diferença de eletronegatividade existente entre o hidrogênio e o oxigênio, na molécula de ácido acético, possibilita a formação de um momento dipolo negativo nas proximidades do átomo de oxigênio e um momento dipolo positivo nas proximidades do átomo de hidrogênio. As cargas formadas interagem com o dipolo das outras moléculas, criando uma interação muito intensa que resulta no aumento do ponto de ebulição do composto.

Considerando que a pressão de vapor é um estado de equilíbrio existente entre a fase líquida e gasosa em um sistema fechado, ao se abrir um frasco contendo ácido acético, parte dessas moléculas pertencentes a fase gasosa “escapam” do sistema, diminuindo a concentração da mistura. O cheiro característico de vinagre, contido nessa dinâmica, é uma evidência de se tratar de um líquido volátil, podendo justificar, até certo ponto, um possível erro no experimento.

APÊNDICE 02: Transcrição da devolutiva do professor para toda a sala

P: professor

A: alunos

P: Pessoal, vamos bater um papo sobre os experimentos, dos grupos que apresentaram no período da manhã. Eu acho que aconteceram algumas coisas interessantes, como o pessoal do suco de uva aí, né, eles falaram que querem o vídeo do experimento pra eles poderem rir também. Mas esse experimento de titulação que vocês fizeram, tinha a proposta de estabelecer hipóteses sobre os dados que vocês coletaram e foi muito interessante o que eu pude ver. Então vamos fazer um apanhado geral e depois a gente vai discutir aí sobre os resultados que cada grupo obteve.

P: Um dos grupos, levanta as mãos aí o pessoal do grupo, o último grupo que fez o experimento hoje pela manhã. Fala aí o valor que vocês chegaram da acidez do vinagre.

A: 4,06%.

P: Eles chegaram em 4,06% do valor.

A: Conte sobre o suco de uva.

P: O grupo ali, dos meninos, pra falar sobre a concentração e tal, chegou em uma discussão sobre o suco de uva do almoço de vocês. E aí eu perguntei se o suco de uva é igual todos os dias. Alguns responderam que é igual todos os dias. Aí o Thiago falou que alguns dias ele é mais doce, outros nem tanto, um dia se “erra a mão” pra fazer o suco, não é isso? E qual é o principal conceito que podemos tirar disso? Muda a concentração!

P: Mas vamos voltar aos resultados. O último grupo chegou em 4,06%. O valor estabelecido como padrão admitido pra esse controle é entre 4 e 6%. Vamos agora falar um pouquinho sobre os dados que os grupos obtiveram. O primeiro grupo, encontrou quanto?

A: 16,1%.

P: 16,1% foi o teor de ácido acético que o primeiro grupo encontrou. O grupo optou por fazer várias vezes o experimento, com concentrações de titulantes diferentes. O segundo grupo...

A: 10%.

P: 10% já está diminuindo, não é? Próximo grupo...

A: 3,88%.

P: 3,88%. Um valor abaixo. Vamos colocar também o que os grupos estabeleceram como hipóteses para interpretar os resultados obtidos. Por que vocês encontraram esse erro no experimento de vocês? A quem vocês atribuíram o erro do experimento?

A: A baixa concentração da soda.

A: É, a baixa concentração do NaOH.

P: No outro grupo.

A: Nossa, nós falamos um monte de coisa. Mas achamos que foi porque evaporou.

P: O grupo aqui falou sobre a questão da volatilidade. Os líquidos que estávamos utilizando, são líquidos voláteis e isso, conseqüentemente, influencia em todo o processo. Depois nós tivemos um grupo aí que chegou a 1,6%, não foi? A principal hipótese levantada foi sobre a concentração do NaOH. Nós utilizamos alguns exemplos sobre isso e um dos problemas que nós encontramos é que estavam associando a concentração à quantidade. Imagina que aquele galão de 20 litros, no fundo da sala está cheio de gasolina. A gasolina tem uma determinada quantidade de álcool dentro dela, não tem? Vamos supor que seja de 20% de álcool e 80% de gasolina em todo aquele galão de 20 litros. Se eu tirar um copo de gasolina dali qual é a concentração de gasolina que teremos nesse copo?

A: 80%.

P: 80%. Então continuamos tendo a mesma concentração independentemente do volume. Então nós não conseguimos justificar o erro na titulação através do

volume. Ah, foi uma quantidade maior que a outra e tudo mais. No primeiro experimento que vocês fizeram, usando uma concentração de 0,1 mol/L de NaOH, a quantidade de titulante adicionado foi maior que nas demais, usando concentrações maiores. O que permitiu isso foi a concentração e não o volume. É um equívoco que as vezes comentemos associando concentrações com volume, coloração etc.

P: Vocês não iam encontrar o valor dos 4% exatos para esse experimento. Se você fizer esse experimento várias e várias vezes, você vai ver que vai dar valores diferentes para cada um.

P: Um dos grupos, depois levanta as mãos quem teve essa ideia, falou sobre fazer várias vezes o experimento e quando encontrar um padrão de resultados, ou seja, um resultado constante, você pega aquele resultado diferente e não considera. Que grupo foi esse?

P: O grupo ali do Willian. Eles encontraram 1,6%. Nós vamos fazer novamente esse experimento, se encontrarmos 3%, nós vamos fazer de novo. Se encontrarmos 3%, vamos fazer de novo e quando chegar em um valor constante, inalterado, é por que nós fizemos alguma coisa no primeiro experimento que deu errado e nós não vamos cometer o mesmo erro. Agora, que tipo de erro é esse?

A: Fazer novamente o experimento é a possibilidade de encontrar o erro cometido no primeiro.

P: Então a ideia que eles tiveram foi de fazer novamente o experimento pra encontrar um padrão e depois que encontrei esse padrão, eu vejo o que eu fiz de diferente,... até pode pensar em fazer algo realmente diferente, como por exemplo o grupo que pensou em colocar a fenolftaleína antes do vinagre no Erlenmeyer, pra ver se influencia, propondo alguns testes e adequando o experimento.

P: Acho importante destacar que, as vezes o erro não está no procedimento, não há uma receita pra vocês seguirem. Por exemplo, o grupo dos 1,6% fez novamente os cálculos e quanto que deu?

A: 0,000...

P: 0,000...

P: Legal. Na próxima aula vamos falar mais um pouco sobre o que vocês desenvolveram e, na medida do possível, refazer os experimentos.

Apêndice 03: Transcrição do grupo 01

(T1)G1A01: 25 mL de vinagre.

(T2)P: Só lembrando que eu coloquei no final da folha impressa, o teor de acidez permitida em legislação para o vinagre.

(T3)G1A01: Entre 4 e 6%.

(T4)P: Imagina você ingerir um produto com excesso de ácido. Ou mais ácido do que ele deveria ser. O que o ácido pode gerar no seu organismo?

(T5)G1A01: Três gotas de fenolftaleína. 25 mL de soda.

(T6)P: Vamos lá então? G1A03 é quem vai titular?

(T7)G1A03: Sim.

(T8)G1A01: Nenhuma mudança. Já foram 10 mL e nenhuma mudança de cor. 15 mL e nenhuma mudança.

(T9)G1A02: Acho que vai ter que ser umas duas dessa.

(T10)G1A04: Acho que vai umas quatro.

(T11)G1A01: Não feche, não chegou nem no 24 ainda.

(T12)G1A01: Vamos adicionar mais 25 mL de NaOH. Nossa, mais um pouquinho.

(T13)G1A02: Passou? Não? Não sei!

(T14)G1A01: Não, está certo.

(T15)G1A02: É que aqui parece que está “passado”.

(T16)G1A01: Mas está certo.

(T17)G1A02: Parou.

(T18)G1A01: Mudou! 10,5.

(T19)P: Quanto deu? Qual foi a quantidade de NaOH adicionada para neutralizar o ácido?

(T20)G1A01: 35,5 mL.

(T21)G1A02: 35,5 mL.

(T22)P: 35,5 mL?

(T23)G1A01: Essa é a segunda bureta, adicionamos 10,5 mL dela. A outra foi de 25.

(T24)P: 35,5 mL. Vamos determinar a acidez então.

(T25)G1A01: Finalmente. Uhul!

(T26)G1A02: Eu posso tirar uma foto disso? Acho tão bonito.

(T27)G1A02: Então de vinagre foram 25 mL.

(T28)P: 25 mL de vinagre, né?

(T29)G1A02: A quantidade de NaOH foi de 35,5 mL. E a concentração do vinagre? (Bianca olhando para as anotações e a fórmula).

(T30)G1A01: Você vai encontrar, né.

(T31)G1A02: Esse que eu encontro? Ah tá.

(T32)G1A05: Tem alguns valores na parte de trás da folha.

(T33)G1A02: E a concentração da base é de 2 mols/L.

(T34)G1A02: Eu tenho que transformar o volume pra litros na fórmula de concentração, não é?

(T35)P: Sim. A concentração é em mol por litro.

(T36)G1A02: então fica 0,035 litros.

(T37)G1A02: Nossa, os valores estão muito altos.

(T38)P: Lembrando vocês que o que queremos encontrar é a concentração do ácido. Não é?

(T39)G1A02: Ah, então é 25 mL.0,025 litros.

(T40)P: Isso.

(T41)G1A02: O volume do ácido foi de 4,1 mL.

(T42)P: Então você encontra agora o teor.

(T43)G1A02: 16,4%

(T44)P: Ali no rótulo do vinagre está escrito o teor de ácido.

(T45)G1A02: Acidez volátil mínima 4,0%.

(T46)P: 4,0%. Aí você chegou em um valor equivalente a 16,4%. Por que será que deu uma diferença gigantesca nos valores obtidos?

(T47)G1A02: Mas esses 4% é a concentração?

(T48)P: Isso, os 4% do rótulo do vinagre é o título da amostra. Por que deu essa diferença?

(T49)G1A02: Mas não é o 4,1 que eu encontrei antes?

(T50)P: O 4,1 é o volume de ácido na amostra de 25 mL. Você fez os cálculos, usando uma regra de três, não foi isso?

(T51)G1A02: Sim. Ah é.

(T52)P: Você achou 16,4%. O cálculo não está errado. Mas pode ter outras coisas dentro desse experimento que não tenham dado certo. O que pode ser?

(T53)G1A01: A fenol? Será que é a quantidade que a gente colocou?

(T54)G1A04: Pode ter sido a água.

(T55)P: Onde você usou água?

(T56)G1A04: No vinagre.

(T57)G1A01: Sim, colocamos um pouco de água no vinagre.

(T58)G1A02: Mas a água nós adicionamos só no NaOH.

(T59)G1A01: Ah é, verdade. Foi no NaOH.

(T60)P: Então o que foi feito?

(T61)G1A01: Foi misturado água na soda cáustica.

(T62)P: Então vocês colocaram água no hidróxido de sódio, no vinagre não colocaram nada?

(T63)G1A02: Sim.

(T64)P: Então o que pode ter dado essa diferença? Por que deu uma diferença muito grande?

(T65)G1A02: Por causa da soda?

(T66)P: O que tem a soda?

(T67)G1A02: Eu acho que é a concentração.

(T68)P: A concentração do NaOH?

(T69)G1A02: É.

(T70)G1A01: Eu acho que é a fenol.

(T71)P: Então tem duas ideias diferentes. O que você propõe AJ?

(T72)G1A01: Se for fazer novamente esse experimento eu colocaria mais fenolftaleína. Chegaria no resultado mais rápido. Aí eu acho que o valor da soda seria menor.

(T73)P: Então a fenolftaleína é que tá errada?

(T74)G1A01: Eu acho que é.

(T75)P: Eu quero que você fale pra mim o que você acha.

(T76)G1A02: Eu acho que não. Na minha cabeça, ela só é usada para marcar,... tipo a passagem dela. Tipo, pra mostrar que está tendo reação.

(T77)P: A neutralização?

(T78)G1A02: É, isso.

(T79)P: E o que você propõe.

(T80)G1A02: Eu acho que faria novamente o experimento, e não adicionaria muita água no NaOH. Ficaria uma base mais forte.

(T81)P: Deixaria a base mais concentrada?

(T82)G1A01: Mas daí a gente demoraria mais tempo, igual demorou antes.

(T83)G1A02: Mas quando a gente aumentou foi mais rápido. Eu acho que a concentração influencia.

(T84)P: Então vamos colocar aqui: a AJ sugere que seja feito novamente o experimento e colocado mais fenolftaleína. A Bianca sugere uma concentração maior de NaOH.

(T85)G1A01: Pode ser também. Na verdade a gente tem que aumentar o,... como eu posso dizer, eu não sei como chama, mas,... ou aumenta aqui, ou aumenta ali. As duas eu acho que daria certo.

(T86)G1A02: Faz sentido.

(T87)P: Então vamos fazer uma votação aqui. G1A05, você iria pela ideia da AJ ou da Bianca?

(T88)G1A05: Ah eu não sei. Eu fiquei em dúvida entra as duas. Eu acho que as duas daria certo.

(T89)P: G1A04, você prefere a ideia da AJ ou a da Bianca?

(T90)G1A04: Eu já tinha falado da soda cáustica.

(T91)P: Então você tá na ideia da Bianca? Ou seja, aumentar a concentração do NaOH?

(T92)G1A04: É.

(T93)G1A02: Você, G1A03.

(T94)G1A03: A da Bianca tem mais chance de dar certo.

(T95)P: Tá, então a ideia mais aceita é que temos que aumentar a concentração de NaOH, porque quanto maior a concentração da base, menor será a quantidade a ser adicionada para neutralizar o ácido? E será que é por esse motivo que deu uma porcentagem muito maior.

(T96)G1A02: Mas P, não tem aqueles negócios tipo, aqui não tá marcando, mas tipo, aqui não mostra. Mas é igual o do álcool que eles falam é 87% de álcool. Será que não é por causa dessa mesma propriedade?

(T97)P: Como assim?

(T98)G1A01: É que, o vinagre puro a gente não usa. Então, será que a concentração de vinagre a água naquele ali possa ser diferente?

(T99)P: Então, aquela concentração de 4%, o título de 4% já fala isso, que tem 4% de ácido acético ali, e o resto é água ou outros aditivos. No álcool, sei lá, vamos pegar o exemplo do 80%, são 80% de álcool e 20% de água. Por isso que a Bianca fez aquela conta usando regra de três: 25 mL era a amostra de 100%, já os 4,1 mL seria os 16%.

(T100)G1A01: Então se a gente dobrasse os valores de soda, por exemplo, ter colocado 4^o gramas de NaOH, será que diminuiria o volume?

(T101)P: Essa é a ideia que a Bianca propôs.

(T102)G1A01: Então, mas será que é possível?

(T103)P: Essa ideia que você teve aí, em outras palavras, usando os termos da Bianca, significa aumentar a concentração.

(T104)G1A01: Não, eu entendi, eu sei, mas na sua cabeça isso é aprovado?

(T105)P: A ideia é plausível. Quanto maior a concentração da base, menor é o volume adicionado à titulação para neutralizar esse ácido. Mas precisamos de maiores evidências de que é exatamente isso que pode ter gerado um resultado muito diferente daquele que está no rótulo do vinagre.

(T106)G1A01: Então no próximo experimento vamos aumentar a concentração da base.

(T107)P: Vocês sugerem refazer novamente o experimento para encontrar um outro resultado?

(T108)G1A02: Sim.

Apêndice 04: Transcrição do grupo 02.

(T109)G2A10: (lendo o roteiro) Separe 25 mL de vinagre e adicione 3 gotas de fenolftaleína.

(T110)(G2A06): Ela colocou já (Falando de G2A07).

(T111)P: Então a G2A10 vai colocando ali, enquanto vocês colocam o titulante na bureta.

(T112)(G2A07): Ali, né?

(T113)(G2A08): Cuidado! Cuidado!

(T114)P: Você precisa ter cuidado para zerar ali (leitura do menisco).

(T115) (G2A09): Vou ver onde tá o zero. Pra lá ou pra cá?

(T116)P: Tanto faz!

(T117) (G2A07): Devagarzinho!

(T118) (G2A10): Passou, passou!

(T119)P: Volta e coloca mais uma vez. Se passar não tem problema. (...) isso, agora vamos lá. Vamos fazer a titulação agora.

(T120)(G2A09): Como que é o nome daquela vidraria com a base vermelha Zé?

(T121)P: Proveta.

(T122) (G2A07): Aí, começou. Mas presta atenção que na hora que mudar de cor você tem que fechar.

(T123) (G2A08): Vai mexendo. Assim ó (movimento do titulado).

(T124) (G2A09): E o nome disso aqui? (apontando para o bequer).

(T125)P: Béquer.

(T126)P: Vocês já fizeram titulação, vocês se lembram?

(T127) (G2A07): Sim!

(T128) (G2A08): Demora né. Algo deu errado! Tá no nove. Tinha que contar as gotas? (risos)

(T129) (G2A08): Olha só, vai ficar rosa.

(T130)P: Será?

(T131) (G2A08): Foi mais da metade aqui já.

(T132) (G2A06): Se não der certo, na próxima a gente coloca as gotas depois.

(T133)P: Como assim?

(T134) (G2A06): É que nos colocamos antes o indicador.

(T135)P: Antes de colocar o vinagre?

(T136) (G2A06): É.

(T137) (G2A10): Isso altera?

(T138)P: Não.

(T139) (G2A08): Vai ficar agora, presta atenção.

(T140) (G2A07): Se não me engano, na outra titulação que fizemos tinha dado pouco.

(T141) (G2A09): É, tinha dado 8 e pouco.

(T142)P: Se chegar aqui no 25 e não mudar a cor, você fecha a torneirinha e coloca mais titulante.

(T143) (G2A08): É, não vai ter jeito.

(T144)P: Mo, fecha o frasco de fenolftaleína, por favor.

(T145) (G2A08): Porque precisa ficar fechado?

(T146)P: Aí dentro tem uma substância volátil.

(T147) (G2A09): O que é isso?

(T148)P: Uma substância que evapora a temperatura ambiente, sem a necessidade de aquecimento.

(T149) (G2A06): Não deu certo.

(T150)P: Acabou o titulante, você precisa colocar mais na bureta.

(T151) (G2A09): Olha o que eu coloquei até agora: Colocamos o vinagre na proveta para depois passarmos para o erlen, 25 mL de vinagre. Depois colocamos três gotas de indicador de pH. Depois adicionamos, gota a gota, a soda cáustica no vinagre. Os 25 mL não foram suficientes para neutralizar.

(T152)P: Quem vai continuar? Nohana?

(T153) (G2A10): Vai Mo.

(T154)P: troca de lugar então.

(T155) (G2A06): Tá ficando rosa. Mas tem que ficar mais rosa né? Porque quando para ele fica transparente. Pare pra ver.

(T156) (G2A09): Ele tem que ficar bem “rosão”.

(T157) (G2A06): Por enquanto, se ela parar, vai ficar transparente de novo.

(T158) (G2A08): Espere pra você virar ali (falando da torneira da bureta).

(T159) (G2A07): Deu já!

(T160)P: Quanto que foi?

(T161) (G2A08): Nossa, deixa eu ver.

(T162)P: Tem que ver se vai voltar a ficar transparente.

(T163) (G2A09): No relatório eu coloco: e mudou de cor?

(T164)P: Essa é uma anotação sua!

(T165)P: Olha, é legal colocar numa superfície branca pra você ver bem certinho a cor. Então, quanto de NaOH vocês tiveram que colocar?

(T166) (G2A10): 45 mL.

(T167)P: Quanto?

(T168) (G2A10): 45 mL.

(T169)P: Legal, então agora vocês vão fazer os cálculos através dos 45 mL. Tá? Vamos calcular agora. Pensem um pouco pra poder fazer os cálculos.

(T170) (G2A06): Todo mundo calcula ou pode ser só um?

(T171)P: Não, vocês podem fazer juntas.

ALUNOS DEBATEM PARA FAZER OS CÁLCULOS

(T172) (G2A07): Olha só, deu 10,28.

(T173)P: 10,28 o quê?

(T174) (G2A07): por cento.

(T175)P: Quanto que tinha que dar?

(T176) (G2A10): Entre 4 e 6.

(T177)P: E por que não deu?

(T178) (G2A06): Porque gastou mais.

(T179)P: No vinagre? Então o frasco de vinagre está errado?

(T180) (G2A07), Amanda, Nohana: É

(T181)P: Então vamos fazer uma matéria no jornal e falar que essa empresa aí está errada.

(T182) (G2A06): Imagina se tudo que a gente comprar fosse fazer isso!

(T183)P: Mas será que é realmente isso?

(T184) (G2A07): Nossa conta?

(T185)P: Não, será que o vinagre está realmente errado?

(T186) (G2A09): Ah, imagina! Se estivesse realmente errado eles não poderiam vender. Com informação errada.

(T187) (G2A07): Quem vai fazer uma conta pra ver se está errado ou não?

(T188) (G2A06): Mas eles alteram né, eu acho.

(T189)P: Então, onde que está o erro aqui?

(T190) (G2A06): Vinagre.

(T191)P: O vinagre está errado?

(T192) (G2A09): Eu acho que não.

(T193)P: Você acha que não? Vamos fazer uma votação aqui. Quem acha que é o vinagre que está errado? (3 levantam as mãos). 2 acha que não. Você acha que o erro está onde?

(T194) (G2A09): Não sei, nós fizemos tudo certo.

(T195)P: Tem alguma hipótese?

(T196) (G2A09): Ah sei lá, não sei se isso faz sentido. Acho que pode ser o negocinho que colocamos antes. Nós colocamos as 3 gotas de fenolftaleína antes de adicionar o vinagre no Erlenmeyer.

(T197) (G2A07): Acho que não tem nada a ver.

(T198)P: A fenolftaleína pode ter alterado então?

(T199) (G2A09): Não, eu pensei, mas não sei se faz sentido isso.

(T200)P: Se fosse pra refazermos esse experimento?

(T201) (G2A06): Eu colocaria depois.

(T202)P: Tá, mas então eu vou reformular minha pergunta. Pra refazer esse experimento, o que vocês alterariam?

(T203) (G2A09): Eu ia fazer uma coisa de cada vez. Ia fazer bem com calma e colocaria as gotas depois. Sei lá, mas na minha cabeça isso não tem nada a ver.

(T204) (G2A07): Eu alteraria o indicador de pH também.

(T205)P: Então o indicador de pH você colocaria depois? Então vamos fazer algumas etapas aqui. A primeira etapa foi o vinagre.

(T206) (G2A09): Primeiro foi o vinagre, nós colocamos lá (aponta para o Erlenmeyer). Aí, depois, a gente ia adicionar as três gotas. Depois eu ia passar esse aqui pra esse aqui (NaOH para a bureta).

(T207) (G2A08): Acho que evaporou?

(T208)P: A gota evaporou? (risos)

(T209) (G2A10): Ai, eu quero saber logo o que está errado.

(T210) (G2A06): Será que nós fizemos direito? As gotas da titulação em alguns momentos ficava parando.

(T211) (G2A08): Voltou a ficar transparente.

(T212)P: Olha, essa observação da Mo é legal. Olha isso aqui, voltou a ficar transparente o titulado. Então o que aconteceu aqui?

(T213) (G2A07): Faltou soda!

(T214)P: Faltou hidróxido de sódio na neutralização.

(T215) (G2A08): Se eu colocar mais um pouquinho aqui?

(T216)P: Pode testar (Mo coloca mais NaOH e vê a viragem). Ok, então qual foi o erro principal? Nós estamos jogando aqui, várias hipóteses e fazendo vocês refletirem sobre várias coisas aí, pra ver se chega em uma resolução para o erro. Certo? Então,

onde que está o erro e o que você faria diferente? O que você faz com esse resultado que você encontrou, 10%? O que você vai fazer com esses 10%? Você vai acreditar nesses 10%, você vai refutar esses 10%, você vai cancelar, o que você vai fazer?

(T217) (G2A08): Eu acho que vamos ter que refazer o experimento.

(T218)P: Refazer?

(T219) (G2A09): Diferente.

(T220)P: Refazer de um jeito diferente?

(T221) (G2A08): É, vai que foi alguma coisa a mais.

(T222) (G2A09): Eu acho que se fosse menos da soda estaria certo.

(T223)P: Legal, mas você quer refazer pra chegar nos 4% ou pra você ver onde errou?

(T224) (G2A08): Sim pra ter a certeza do resultado. Por que se não chegar no resultado de 4%, é por que está errado.

(T225) (G2A06): Não pra chegar nos 4%, mas pra chegar no certo.

(T226) (G2A09): Eu ia buscar os 4%.

(T227) (G2A07): Mas como você vai chegar se não sabe se o vinagre realmente tem 4%?

(T228)P: O que mais está motivando: você provar a qualidade do vinagre, pra tentar chegar nos 4%, ou você é motivada a ver o que está fazendo de errado no experimento?

(T229) (G2A06): Acho que temos que refazer pra ver o que está errado e não errar mais.

(T230) (G2A08): Mas como vamos fazer pra ver o que está errado? Não fizemos nada de errado.

(T231)P: Olha só, Mo, a Amanda está propondo refazer o experimento pra poder interpretar o resultado obtido e não cometer o mesmo erro no experimento. Então nós temos que refletir sobre uma outra coisa: é mais vantajoso você refazer várias vezes o mesmo experimento pra você ver se realmente está certo, ou você identificar o erro pra saber o que não fazer na próxima vez.

(T232) (G2A07): Mas é mais vantajoso você descobrir que foi o seu erro por que independente do vinagre, é o seu erro que vai diferenciar.

(T233) (G2A08): Mas o que nós fizemos de errado gente?

(T234) (G2A07): Pode ser que tenha resíduo no frasco,...

(T235) (G2A08): A única coisa que pode ter acontecido é de o líquido ter evaporado.

(T236) (G2A10): Mas por que evaporaria?

(T237) (G2A08): Não sei, o professor falou que tem que tampar.

(T238)P: Isso, é por que ali você tem o,...

(T239) (G2A07): O álcool.

(T240)P: Isso, legal. Você se lembra de uma coisa que você mesma falou durante uma aula, sobre a acetona não ficar destampada? Por quê?

(T241) (G2A07): Por que ela vai evaporando.

(T242)P: Isso, são líquidos voláteis. Quando vocês abriram o frasco de fenolftaleína, vocês sentiram o cheiro de álcool, não foi?

(T243) (G2A09): Isso. Cheira álcool.

(T244)P: Então a hipótese da Mo é justamente essa, mas é uma hipótese. Tem mais alguma hipótese?

(T245) (G2A07): A concentração do hidróxido.

(T246)P: Legal, temos duas hipóteses. Vamos pensar: da mesma forma que isso (fenolftaleína) não pode ficar destampada, o vinagre também não pode. Vocês concordam comigo? O que aconteceria se eu utilizasse esse vinagre na minha casa, pra temperar uma salada e deixasse o vidro de vinagre aberto? E se depois disso eu trouxesse para a escola, pra fazer esse experimento?

(T247) (G2A07): Não daria certo.

(T248) (G2A10): Mas então esse experimento não vai dar certo?

(T249)P: É muito difícil chegar no resultado exato. Existem outros equipamentos que podem fazer isso, como o pHmetro. Mas não fizemos isso aqui por que vocês não entenderiam o processo de titulação. Faz sentido as hipóteses que vocês estabeleceram. Tudo aquilo que vocês estabeleceram como hipóteses, faz sentido na interpretação do resultado final. Só a ideia da gota de fenolftaleína que não faz muito sentido. A concentração do titulante também é uma hipótese que vocês estabeleceram que é muito relevante. Por exemplo, imagine um copo de água com sal. Se a água está evaporando, o que está ficando ali dentro?

(T250) (G2A07): Sal.

(T251) (G2A10): Maior a concentração de sal.

(T252)P: Maior a concentração de sal.

(T253) (G2A10): Então é maior a concentração de ácido.

(T254)P: Então tem todas essas questões que temos que considerar.

Apêndice 05: Transcrição do grupo 03.

(T254) G3A15 – Tem que passar do zero aqui né P?

(T255) P: Isso.

(T256) G3A12 – Aqui já está fechado?

(T257) P: Já está fechado, quando fica na horizontal é por que está fechado.

(T258) P: Passou? Então coloca o béquer aqui e abre a torneirinha até chegar no zero.

(T259) G3A13: é 25 mL de vinagre né?

(T260) P: Isso, 25 mL.

(T261) P: Você já colocou as três gotas de fenolftaleína?

(T262)G3A14: Já, está tudo certo. Já pode começar a titulação.

(T263)P: Quem vai titular?

(T264)G3A12: Eu.

(T265)P: Sempre agitando. Quando começar a virar você tem que fechar.

(T266)G3A14: Ele fica rosa né P?

(T267)P: Isso.

(T268)G3A12: Aqui tá rosa.

(T269)P: Onde está rosa?

(T270)G3A12: Aqui na parede.

(T271)P: Mas é a solução que tem que ficar rosa.

(T272)G3A14: Eu acho que a cor é relativa.

(T273)G3A12: Mudou.

(T274)G3A14: Ficou rosa.

(T275)P: Veja se vai voltar a ficar transparente. Se voltar a ficar transparente é por que a viragem ainda não foi atingida. Qual foi o volume?

(T276)G3A13: 11, certinho 11 mL.

(T277)G3A14: Acho que não vai ficar branco mais não.

(T278)P: Vamos colocar uma folha branca embaixo. Ficou rosa! Então agora o que vamos fazer? Vamos ver se conseguimos chegar no teor ácido do vinagre. Primeiramente, vocês terão que encontrar a concentração do ácido. Qual foi o volume de NaOH que vocês colocaram?

(T279)G3A13: Foi 36 mL.

(T280)P: O que é esse 0,72?

(T281)G3A14: É a concentração de vinagre.

(T282)G3A13: E o volume é 25? Só que o volume tem que ser em litros. 0,025.

(T283)P: E o que vocês encontraram aí?

(T284)G3A14: A massa do vinagre.

(T285)P: A concentração do vinagre, no rótulo, é dada através do título em volume. Então vocês terão que transformar aquela massa em volume. Como vocês vão fazer isso?

(T286)G3A14: Usando a densidade. Deu 0,97 mL.

(T287)P: 0,97 mL de quê?

(T288)G3A15: O volume de vinagre.

(T289)P: O volume de vinagre nessa amostra que vocês colocaram aí. Então como vamos chegar no teor de ácidos no vinagre?

(T290)G3A13: Dividindo por 100?

(T291)P: Como assim? Você tem 0,97 mL de vinagre aqui dentro. Dentro de quê?

(T292)G3A14: Da solução.

(T293)P: Quanto que tem a solução?

(T294)G3A15: 25 mL.

(T295)P: Então 25 é tudo aquilo que você tem.

(T296)G3A15: Isso, 100%. Vamos fazer uma regra de três.

(T297)P: Quanto deu?

(T298)G3A14: 3,88%.

(T299)P: E aí?

(T300)G3A14: O permitido é 4%.

(T301)P: O permitido é entre 4 e 6%. Nós chegamos em 3,88%.

(T302)G3A15: Ah, ficou perto.

(T303)P: O permitido é entre 4 e 6%. Que tipo de conclusão podemos chegar? Nós temos uma concentração no rótulo e você encontrou um valor no experimento e agora você precisa entender o que está acontecendo, o por que os valores foram diferentes. No que foi diferente?

(T304)G3A13: Nós tivemos que usar mais soda cáustica.

(T305)P: Vocês tiveram que usar mais soda cáustica pra quê?

(T306)G3A15: Pra chegar na coloração.

(T307)P: Mas, então onde que está o erro? Por que não deu o mesmo valor do rótulo? Está errado que eu falo, na verdade eu não sei o que está errado. Pode ser o procedimento, os valores, as contas, o vinagre, o NaOH. O que precisamos entender é que os valores são diferentes, então alguma coisa está errada. O que deu errado?

(T308)P: A ideia é a seguinte, vamos tentar chegar em um conjunto de hipóteses, vamos colocar algumas hipóteses, e temos que refletir sobre elas. O que pode ter dado errado?

(T309)G3A11: No início o indicador começou a cair mais rápido e depois de um tempo ficou gota a gota.

(T310)P: No início da titulação o escoamento foi mais intenso?

(T311)G3A11: Sim.

(T312)G3A15: Acho que não teve uma frequência, foi alternado e a velocidade.

(T313)P: Você acha que o escoamento interferiu no processo?

(T314)G3A15: É, eu acho que sim.

(T315)P: E o que mais?

(T316)G3A15: Talvez não tenha ficado bem certinho no zero da bureta. Passou um pouquinho pra cima ou pra baixo.

(T317)P: Então você está falando que pode ter um erro de medição?

(T318)G3A15: É.

(T319)P: Alguma outra coisa pode ter dado errado?

(T320)G3A13: As gotas de indicador?

(T321)G3A14: Acho que não.

(T322)G3A13: É, acho que não mesmo.

(T323)G3A15: Tipo, não altera colocar as gotas antes ou depois? Nós colocamos antes. Acho que não.

(T324)P: Vocês colocaram um conjunto de possíveis erros do experimento. Será que tem algum erro nesse procedimento que vocês fizeram que vai além daquilo que vocês poderiam ter feito? Se vocês fossem fazer novamente esse experimento, será que vocês vão chegar nos 3,88%?

(T325)G3A13: Acho que não.

(T326)P: E o que vocês fariam de diferente pra não chegar nos 3,88%?

(T327)G3A14: teria medido melhor.

(T328)P: mais alguma ideia? Tudo aquilo que vocês falaram anteriormente está relacionado com o experimento. Existem várias outras coisas que a gente pode analisar também. Por exemplo: por que o frasco de acetona não pode ficar aberto?

(T329)G3A14: Por que ela vai evaporar.

(T330)G3A11: A fenolftaleína cheira álcool.

(T331)G3A14: Ela evapora.

(T332)P: Qual é o nome dessa propriedade?

(T333)G3A13: A calorimetria? Não, volátil.

(T334)P: Isso, o álcool é volátil. Lembra que volátil é a passagem do líquido ao vapor ou gasoso a temperatura ambiente?

(T335)G3A14: Sim.

(T336)P: Imagina que eu tenho um copo cheio de água e sal, totalmente dissolvido. Se a água está evaporando, o que está acontecendo com aquela solução? Você tem água com sal misturados, a água está evaporando e o que vai ficar ali?

(T337)G3A14: O sal. Vai aumentar a concentração.

(T338)P: Certo. E no caso desse experimento, nós temos vários, várias situações que podem interferir na medição. Então, partindo disso que eu acabei de falar pra vocês aí sobre os fatores que não dependiam de vocês. Lembra aquela pergunta que eu fiz pra vocês sobre o posto de gasolina? Como eu vou medir a qualidade do combustível de um posto de gasolina? Então, agora a pergunta é sobre o vinagre. Por que deu abaixo do esperado que era de 4%?

(T339)G3A13: Por que pode ser que tenha evaporado.

(T340)P: É claro que pode ter algum erro de procedimento, como vocês apontaram.

(T341)G3A14: Vamos refazer.

(T342)P: Então o ideal é você refazer o experimento pra você encontrar o erro que você cometeu ou pra você encontrar um erro no frasco do vinagre? O que é mais vantajoso pra vocês? Por que vocês disseram que tem que fazer novamente o experimento, não é isso?

(T343)G3A13: Sim.

(T344)G3A14: Sim.

(T345)G3A12: Sim

(T346)P: Então vocês querem fazer novamente o experimento pra quê? O que vocês querem encontrar?

(T347)G3A12: Pra ver o erro que nós tivemos na medição.

(T348)G3A13: Pra tentar chegar no 4%.

(T349)P: E se não chegar nos 4%?

(T350)G3A13: Aí nós vamos culpar o vinagre.

(T351)G3A14: Nós vamos deixar de lado esses 3,88%, refazer o experimento e comparar.

(T352)G3A13: Pra depois identificar o erro e poder fazer se erro.

(T353)P: No desenvolvimento do experimento, o que vocês vão fazer de diferente?

(T354)G3A13: Obedecer a uma sequência.

(T355)P: Então todas as hipóteses que vocês falaram, segundo o que vocês propuseram, serão investigadas ao realizar um novo experimento.

Apêndice 06: Transcrição do grupo 04.

(T356) G4A20: Pra colocar o vinagre na proveta tem que colocar em uma superfície reta.

(T357) P: Pode considerar a bancada aí como uma superfície reta.

(T358) G4A17: Vou colocar o NaOH na bureta.

(T359) G4A19: Coloquei as três gotas de fenolftaleína no vinagre.

(T360) P: Vamos começar a titulação.

(T361) G4A16: Tem que ficar mexendo.

(T362) G4A16: Olha o trabalho que as cozinheiras têm de fazer o suco no intervalo.

(T363) P: E o que isso aqui tem a ver com isso que você acabou de falar?

(T364) G4A16: Pra fazer o suco de uva (risos).

(T365) P: Mas de certa forma, o que ele falou está certo. O suco sempre fica do mesmo jeito? Com o mesmo sabor?

(T366) G4A18: Acho que sim.

(T367) P: Todo dia fica com o mesmo gosto?

(T368) G4A17: Não. Tem dia que está doce, outros nem tanto.

(T369) G4A19: Deu a viragem aqui.

(T370) G4A20: Deu, deu, deu.

(T371) G4A17: Fechei.

(T372) P: Legal, então é o seguinte: Quanto de NaOH vocês colocaram aqui?

(T373) G4A18: 37 mL.

(T374) P: 37 mL de hidróxido de sódio para neutralizar o ácido que estava aqui. Então a partir desses dados, vamos tentar fazer os cálculos aqui.

(T375) G4A19: 1,76%.

(T376) P: 1,76%. Beleza. Então a porcentagem de vinagre aqui dentro é 1,76%. Qual é o valor que está no rótulo do vinagre?

(T377) G4A20: Acidez mínima de 4,0%.

(T378) P: 4%. Então no rótulo está escrito que tem 4% de acidez.

(T379) G4A20: Isso, mas no rótulo inteiro.

(T380) P: E aí você encontrou quanto:

(T381) G4A19: 1,76%

(T382) P: Por quê?

(T383) G4A19: Porque o volume é diferente.

(T384) P: O volume é diferente? E aí o volume influencia na concentração?

(T385) G4A20: Sim.

(T386) G4A19: Sim.

(T387) G4A17: Sim.

(T388) P: Bom, então eu vou usar um exemplo: tenho um suco de laranja concentrado. O que significa um suco de laranja concentrado? Vamos usar o exemplo do suco de uva aqui do almoço de vocês. O suco concentrado significa o que? Significa que não foi adicionado água ali. Agora, se você pega um litro de suco concentrado e tira um copo de suco, o suco continua concentrado?

(T389) G4A17: Humm. Sim.

(T390) G4A20: Sim.

(T391) G4A19: Sim.

(T392) G4A18: Sim.

(T392) P: Então, se eu tenho esse frasco de 4% de acidez, se eu tiro 25 mL pra analisar, qual é a acidez disso que eu tirei?

(T393) G4A19: 4%.

(T394) P: 4%! O volume não influencia na concentração. Qualquer quantidade de vinagre que você retire ali do frasco, você vai ter os mesmos 4%. Mas então por que deu diferente?

(T395) G4A19: Por que o rótulo está mentindo.

(T396) P: Pode ser pessoal?

(T397) G4A18: Pode ser.

(T398) P: Será que o fabricante está mentindo ao colocar essa informação? Ou tem alguma outra coisa que possa ter acontecido aqui?

(T399) G4A19: Pode ser a concentração da soda cáustica.

(T400) P: A que nós colocamos aqui na bureta não tinha a concentração correta?

(T401) G4A19: Acho que pode ter influenciado aí.

(T402) P: tem mais alguma coisa que pode,...

(T403) G4A19: Acho que é isso.

(T404) P: Bom, aqui foram três ideias diferentes. A primeira é que o fabricante está mentindo, essa é a primeira hipótese. A segunda hipótese é que o hidróxido de sódio não estava em uma concentração correta. Tem uma terceira hipótese?

(T405) G4A17: A conta pode estar errada.

(T406) P: Realmente, pode ser um erro de cálculo. Então são três hipóteses. O que a gente acredita mais?

(T407) G4A19: Confere aí G4A20.

(T408) G4A20: Vou conferir na calculadora.

(T409) G4A19: Nossa, está dando um número muito baixo.

(T410) G4A20: Deu menor ainda o meu resultado.

(T411) P: Então deu diferente?

(T412) G4A20: Sim.

(T413) P: Então nós temos que decidir o que vamos fazer com esse erro. O que vocês acham que realmente está errado? O cálculo? O experimento? O vinagre?

(T414) G4A20: Acho que o que tem mais chance de ter dado errado é o experimento. Pode ser por que não fazemos titulação com tanta frequência, isso pode ter influenciado.

(T415) G4A17: Pode ser também a maneira com que estava sendo agitado. Ele estava muito parado, quando o G4A19 começou a agitar mais ele começou a mudar de cor.

(T416) P: Então o que vocês vão fazer com esse resultado?

(T417) G4A20: Fazer novamente. Pra ver se fica igual o resultado.

(T418) P: E se der diferente?

(T419) G4A20: Fazemos mais uma vez. Fazemos até dar certo.

(T420) P: Vamos imaginar que você encontre um valor de 3%. E você fez mais uma vez e encontrou 3%.

(T421) G4A19: Quando eu faço uma coisa e o resultado começa a repetir, eu considero aquilo certo.

(T422) P: Então você vai fazer o experimento várias vezes até encontrar um resultado constante? O que deu diferente você “joga fora”?

(T423) G4A20: Não jogo fora, posso dizer que eu deixo de lado.

(T424) P: Legal. Então vou provocar uma reflexão aqui. Diante dos resultados constantes que você teve, qual foi o erro que você cometeu no primeiro experimento?

(T425) G4A20: Aí eu vou ter que ver o que eu estou fazendo nos outros e que eu deixei de fazer no primeiro.

(T426) P: O que vai te motivar mais: Descobrir o que está errado ou buscar um valor constante?

(T427) G4A16: Descobrir o que está errado. Se você descobrir o erro, você não vai mais cometê-lo.

Apêndice 07: Registros dos Diários de Aula

**Diário de aula****Itararé, 03 de dezembro de 2019****Atividade experimental investigativa – prof. José Geraldo da Mota Júnior****2º ETIM Serviços Jurídicos – ETEC de Itararé**

Os alunos foram divididos em grupos, de acordo com a afinidade construída ao longo do ano letivo de 2019, para a realização de uma atividade experimental com enfoque investigativo sobre o tema: Determinação da acidez do vinagre.

Para o desenvolvimento do experimento, os alunos contaram com um kit de materiais e de um ambiente propício para o debate e experimentação. Os resultados encontrados, na maioria dos grupos, foram contraditórios ao exposto no rótulo do vinagre, alcançando valores entre 1,6 e 16% de acidez, quando o limite estabelecido pela Legislação Brasileira está entre 4 e 6%.

Ao investigar sobre os causadores do erro encontrado, algumas hipóteses foram estabelecidas: a. concentração do vinagre estava errada; b. o titulante (NaOH) não estava na concentração adequada; c. volatilidade do vinagre; d. temperatura à qual a titulação foi feita e; e. erros procedimentais e de cálculos no desenvolvimento do experimento.

Prof. José Geraldo da Mota Júnior.
Unesp - Bauru

Formação dos grupos para o desenvolvimento do trabalho	A atividade experimental é importante para a disciplina de química?	Os conteúdos, como concentração de soluções e diluição foram trabalhados ao longo do ano de 2019 na disciplina de química?
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Média	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim
Boa	Sim	Sim

Você teve alguma dificuldade no desenvolvimento da atividade experimental?	Gostou da atividade experimental e da forma com que ela foi desenvolvida?	Houve a participação de todos	Você encontrou todos os materiais que precisava para desenvolver o trabalho?
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Não	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Não	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Mais ou menos	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim
Mais ou menos	Sim	Sim	Sim

Você se deparou com algum erro no desenvolvimento do trabalho experimental?	Na presença de erros na experiência, houve um debate sobre as possíveis causas? (resultados diferentes da margem de 4 a 6% estabelecida para a acidez do vinagre comercial)	Esse processo foi determinante para encontrar os possíveis causadores de erros?
Sim	Sim	Sim
Não	Não houve nenhum erro no experimento	Sim
Não	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Não
Sim	Sim	Mais ou menos
Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim
Sim	Sim	Sim

Quais foram os resultados encontrados em seu grupo? Esse resultado estava de acordo com o resultado previsto no rótulo do produto?

3,88 % abaixo do determinado

Conseguimos chegar no resultado e estava previsto

O resultado foi 3,88; e não estava de acordo com o rótulo do produto.

Foi um resultado de 1,06% de acidez no experimento com o vinagre, não foi de acordo com o que dizia no rótulo do produto.
O resultado obtido foi 16%, após cerca de duas tentativas, na terceira deu certo. O resultado não estava de acordo com o rótulo do produto, pois acabou excedendo o previsto.
resultado abaixo da acidez, não estava previsto no rótulo
O resultado foi de 3,88%. Não
1,6%, não estava de acordo
O resultado foi de 3.88, abaixo do previsto.
16,1% de titulação, não.
10,6, estava muito além do que estava no rótulo

Quais foram as conclusões geradas pelo grupo? Você concorda?
Possível evaporação do líquido e erros na manobra dos materiais Concordo
qualquer erro pode influenciar o resultado final
As conclusões foram que o erro poderia ter ocorrido durante o processo do experimento. Sim todos estavam de acordo
Que o experimento tinha dado errado em algum ponto, eu concordo. Também chegamos a conclusão que o suco de uva da escola é muito forte, tão forte que foi o líquido que mais gerou volts no experimento da bateria. Viva o suco de uva!
A conclusão foi que seria necessário alterar a concentração do ácido. Eu concordo, pois quanto mais forte era o ácido do que a base, mais demorado era para atingir o equilíbrio.
possíveis erro do fabricante, de cálculo ou de manejo
Primeiro se chegou a conclusão que o erro maior foi na hora de manusear os objetos para o experimento, mas com a explicação do professor chegamos a conclusão que a evaporação e condições dos materiais usados tiveram grande parcela de alteração. Sim
Fizemos errado na parte da soda cáustica
Concluímos que a forma como colocamos os produtos químicos e a forma como eles foram misturados influenciou no resultado. Também tem o fato de que os produtos tinham álcool e podiam evaporar. Concordo com as conclusões.
Que a concentração de soda cáustica era muito baixa para o ácido
muitas, pensamos que a porcentagem que estava no rótulo estava errada e que o indicador de pH tinha evaporado

Faça um breve comentário sobre o que você achou da atividade prática.
Achei interessante, mostra na prática o que aprendemos em sala de aula. De uma forma dinâmica e diferente o professor nos auxiliou e nos deu outra visão sobre os estudos de soluções
Foi bastante intuitiva
Achei bem interessante, pois nos envolveu de forma mais dinâmica com a química, através de análises mais complexas sobre produtos de uso comum no dia a dia.
Achei muito interessante
Eu achei que ela foi muito construtiva, pois com essa atividade pude obter mais experiência e aprendi como funcionam esses tipos de trabalho.

achei bem interessante
Essa atividade prática foi muito esclarecedora e acredito que me tirou dúvidas que passaram despercebidas de outras aulas.
Achei boa, pois a química se torna mais interessante quando fazemos atividades praticas
Achei uma atividade muito legal, diferente das aulas normais que temos. É bem melhor de entender como funciona a química.
Interessante, muito boa para ser feita em sala de aula. É muito incrível quando ocorre a neutralização e acaba mudando de cor, é uma coisa simples que atrai a atenção facilmente.
muito legal e nos fez refletir em soluções e o que erramos

Qual a importância da identificação do erro em um experimento de química?
Refazer é melhorar na próxima vez
Para que na próxima tentativa não cometer os mesmos erros
A importância é que faz com que se levantassem hipóteses da possível causa do erro, fazendo com que então, haja a busca de respostas do porque do ocorrido e a tentativa de solucioná-lo.
Sem identificar o erro, não se pode prosseguir, nunca irá se chegar em uma resposta conclusiva.
A importância está em analisá-los e pautar as possíveis hipóteses para corrigí-lo.
para descobrir onde errou, um erro pode ser determinante no resultado
Para que se possa refazer e encontrar uma possível exatidão.
É importante para evitar cometer o mesmo erro
É importante para que possa reverter os erros e tentar acertar depois.
É com os erros que se aprende a acertar. Quando erramos tentamos sempre achar outra forma para o acerto.
é importante para nao o repetir e chegar no resultado que quer