

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**“Roteiros furados”: uma estratégia didática investigativa para o
laboratório de Química**

Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz

Dissertação de Mestrado

Araraquara

2018

Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz

“Roteiros furados”: uma estratégia didática investigativa para o laboratório de Química

Dissertação apresentada ao Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Araraquara

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Z99r Zytkeuwisz, Matheus Almeida Bauer
"Roteiros furados": uma estratégia didática investigativa
para o laboratório de química / Matheus Almeida Bauer
Zytkeuwisz. – Araraquara : [s.n.], 2018
259 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Química
Orientador: Amadeu Moura Bego

1. Ciência - Estudo e ensino. 2. Química experimental.
3. Ensino - Metodologia. 4. Erro. 5. Eletroquímica. I. Título.

Elaboração: Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Biblioteca do Instituto de Química, Unesp, câmpus de Araraquara

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "Roteiros Furados: Uma estratégia didática investigativa para o laboratório de Química"

AUTOR: MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ

ORIENTADOR: AMADEU MOURA BEGO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em QUÍMICA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO
Departamento de Química Geral e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara


Prof. Dr. DENIS RICARDO MARTINS DE GODOI
Departamento de Físico-Química / Instituto de Química - UNESP - Araraquara


Prof. Dr. LUIZ HENRIQUE FERREIRA
Departamento de Química / Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR - São Carlos

Araraquara, 17 de dezembro de 2018

Dados curriculares

IDENTIFICAÇÃO

Nome: Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz

Nome em citações bibliográficas: Zytkeuwisz, M.A.B.

FORMAÇÃO ACADÊMICA/TITULAÇÃO

Graduação: Bacharel em Química, Instituto de Química, Unesp - Campus Araraquara, 2016.

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

ZYTKUEWISZ, M. A. B.; BEGO, A. M. Crítica à experimentação tradicional e a importância do erro no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Iluminart**, n. 16, p. 74-79, 2018.

PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

Como ouvinte, do XV Evento de Educação em Química – EVEQ, realizado no período de 17 a 19 de maio de 2017, no Instituto de Química (IQ/CAr – “Universidade Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Campus Araraquara)

Apresentação oral de trabalho completo realizado no IX Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química – EPPEQ, realizado nos dias 18, 19 e 20 de outubro de 2017, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, campus Sertãozinho.

*Agradeço a Deus, pois, apesar de
todas as minhas falhas, me
abençoou com este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Química da Unesp Araraquara. Agradeço profundamente a esses metros quadrados, aos quais tenho tanto amor e gratidão por terem proporcionado a mim todas as experiências que formaram, e formam a pessoa que sou, intelectual e academicamente.

Prof. Dr. Amadeu Moura Bego. É até difícil colocar em palavras (e olhe que sou notório pela verbosidade na escrita) o quanto sou feliz, e infinitamente grato pela sua orientação. Mais que um professor, ou um orientador, és um amigo. Me abraçou e confiou em mim como eu jamais seria capaz de fazê-lo. Meus avanços pessoais, tanto acadêmicos como comportamentais e sociais, só foram possíveis graças à sua maravilhosa influência. Espero um dia ser capaz de retribuir minimamente as suas contribuições ao longo dessa minha jornada no mestrado.

Ao Prof. Dr. Dênis Ricardo Martins de Godoi. Agradeço pelas valiosas críticas tecidas em minha qualificação e as igualmente valiosas (e inigualavelmente elegantes) explicações acerca do aporte químico sob o qual este trabalho se baseia. Sem seu auxílio, eu nunca seria capaz de me apropriar adequadamente dos conceitos que norteiam os vários fenômenos desenvolvidos nessa experiência. MUITÍSSIMO obrigado.

À Profa. Dra. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani pelas excelentes contribuições na qualificação do meu trabalho, as quais me auxiliaram demasiadamente no aprofundamento e adequação dos aportes teóricos que baseiam a proposta central desse trabalho. Muito obrigado.

Aos membros do Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Química do Instituto de Química da Unesp de Araraquara: Rafael, Tarso, Vagner, Milena, Larissa, Raul, Évelin, Francisco, Bárbara, Lucas, Ricardo, Camila Zoca, Karina, Douglas, Thiago e Renan pelas discussões, auxílios e amizade;

A todos os servidores do Programa de Pós-Graduação em Química;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de Mestrado;

Em caráter especial, agradeço à república Gomorra e seus moradores, máxime (é a coisa mais estranha do mundo mencioná-los pelo nome real e não pelo apelido) ao Leonardo, Caio, Pedro, Eduardo, e todos os demais. Se não

fosse pela companhia (e loucuras) feitas junto com vocês, provavelmente esse trabalho não existiria. Agradeço também aos meus amigos Renan, Rodolfo, Douglas, Vinícius, Yan, João, Bruno, Marcus, Guilherme, Rodrigo e Raul. Não obstante, agradeço aos meus “primos” Rafael, Tarso e Thiago, por todas as conversas, desde as sérias às descontraídas em momentos de lazer.

Agradeço aos meus pais Ana e Rudi, pelo apoio e auxílio prestado ao longo desse período, especialmente nos últimos meses do trabalho que fiquei sem o fomento da bolsa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

O maior erro que você pode cometer, é o de ficar o tempo todo com medo de cometer algum.

(Elbert Hubbard)

Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver.

(Dalaí Lama)

Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes.

(Leonardo da Vinci)

Para evitar críticas, não faça nada, não diga nada, não seja nada.

(Elbert Hubbard)

RESUMO

O presente trabalho de mestrado teve como temática geral a experimentação no ensino de Química, especificamente o emprego da perspectiva investigativa de ensino no nível superior. A pesquisa visou verificar como a inserção de um erro proposital em uma atividade experimental possivelmente suscitaria no amadurecimento e formação do Espírito Científico dos alunos do curso da licenciatura. A metodologia de pesquisa teve abordagem qualitativa do tipo Estudo de Caso, e as fontes de informação foram compostas de sujeitos e documentos. Os sujeitos foram os alunos do curso de licenciatura cursando no ano de 2017 na disciplina de Laboratório de Ensino de Química Geral, e os documentos textuais foram um roteiro alterado, um formulário de proposição de hipóteses adido de um roteiro provisório, e um relatório final, no qual os alunos também propuseram um roteiro retificado para a realização da atividade experimental. Ainda, foi realizado um grupo focal com os participantes da atividade, e os alunos também responderam a um questionário, o qual providenciou suporte para a conseguinte entrevista individual. O tratamento e análise das informações coletadas se deu pela Análise de Conteúdo, para a qual foram utilizadas categorias *a priori* para o questionário e entrevista reflexiva, e categorias *a posteriori* para o grupo focal e documentos textuais. Como conclusão do estudo, concebe-se que a intervenção aqui proposta, a qual é dotada de um elemento inédito, por si só, em ação pontual, não foi capaz de suscitar a níveis significativos características do espírito científico nos sujeitos. Porém, a mesma se revelou como excelente pedra angular para o início da construção do espírito científico e de noções mais adequadas de ciência nos sujeitos.

Palavras-chave: Experimentação. Ensino de Química. Investigação. Bachelard.

ABSTRACT

The work herein presented had as general theme practical work regarding chemical education, and had its scope on the employment of inquiry-based activities at the undergraduate level. This research intended to unveil how the interposition of a purposeful error on a experimental activity could promote the formation and maturation of the scientific spirit on undergraduate students. The research methodology had used a qualitative approach, on the manners of a case study, and the information sources regarded subjects and documents. The subjects were the students undergoing the “Laboratório de Ensino de Química Geral” course, and the textual documents were a modified script, a hypothesis form coupled with a provisional script and a final report, in whose the students should add a rectified script that would allow them to perform the activity without issues. In addition, the students composed a focus group with the groups that participated in our intervention, as well as an individual questionnaire regarding aspects of nature of science. The latter provided support for the accomplishment of individual interviews with the students. The data gathering and treatment of collected data was done in the ways of the content analysis, for whose we employed *a priori* analytical categories for the questionnaire and individual interview, and established *a posteriori* categories for the focus group and textual documents. As a conclusion, we conceived that the intervention proposed on this work, which features a brand-new tool for inquiry, by itself was unable to achieve significant aspects of the scientific spirit on the subjects. However, the intervention unraveled excellent potentialities as cornerstone for the scientific spirit and more informed notions of science on the subjects.

Keywords: Practical work. Chemical Education. Inquiry. Bachelard.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC: Análise de Conteúdo

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CPE: Conhecimentos Precedentes na Experimentação

DdCC: Domínio dos Conceitos Científicos

DRTL: Diferenças e Relações entre Teorias e Leis

DSCC: Dependência Social e Cultural da Ciência

EgOE: Estrutura Geral e Objetivos da Experimentação

EspC: Espírito Científico

ICT: Inferência e Construtos Teóricos

IDP-I: Intervenção Didático Pedagógica Investigativa

IQ/CAR: Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Araraquara

MC: Método Científico

NdC: Natureza da Ciência

NdC-CI: Natureza Criativa da Ciência e Imaginação

NdC-CP: Papel dos Conhecimentos Precedentes

NdC-E: Natureza Empírica da Ciência

NdC-T: Natureza Tentativa da Ciência

TC-F: Teorias Científicas: função

TC-T: Teorias Científicas: testes de validação

VTC: Validez de Teorias e Conhecimentos Empíricos

SUMÁRIO

Introdução	17
Contribuições epistemológicas de Gaston Bachelard	28
Introdução à epistemologia bachelardiana	28
A Experiência Comum	34
O Espírito Científico e Obstáculos Epistemológicos	42
A Experiência Exigente e o processo de retificação de erros	53
Ensino por Investigação	58
Perspectivas históricas e definições atuais para a investigação	59
Entrepostos para a aplicação da perspectiva investigativa	66
Filosofia da ciência e atividades experimentais investigativas. Atividades experimentais investigativas no contexto do Ensino Superior. O Erro Positivo Controlado	71
Procedimentos metodológicos	80
Contexto de Pesquisa	80
Fundamentos químicos da IDP-I: A célula de Daniell	91
Fundamentos químicos da IDP-I: Considerações termodinâmicas e eletrodinâmicas fundamentais sobre o ensino de Eletroquímica	98
Abordagem e Desenho de Pesquisa	106
Fontes, Instrumentos de Coleta de Informações e critérios de amostragem	111
Procedimentos de Análise de Dados	120
Resultados e Discussão	125
Análise das concepções prévias dos estudantes sobre a Natureza da Ciência	125
Questionário sobre NdC: análise individual dos sujeitos e caracterização geral	135
Análise das Entrevistas Individuais com Lembrança Estimulada	154
Análise do Grupo Focal por intermédio da AC	174
Análise dos documentos físicos com a AC	190
Pareceres finais acerca da IDP-I e redarguições acerca do problema de pesquisa	201
Conclusões	207
Anexos	215
Apêndices	219

Apresentação

"O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência "
Eleanor Roosevelt

Alguns meses depois de entrar no programa de pós-graduação do Instituto de Química eu tive um sonho. Tentarei explicar nos próximos parágrafos esse sonho, e talvez o leitor não compreenda, e me critique, ou compreenda e mesmo assim critique. De qualquer maneira, a crítica é sempre vista com bons olhos.

Acredito eu que, definitivamente, sou suspeitíssimo para falar sobre erros e insucessos. Ou, em verdade, eu talvez seja uma das pessoas mais adequadas para falar sobre tal tópico. Tudo depende do referencial teórico que se emprega para analisar. Acordando com meus rasos conhecimentos sobre Bachelard, penso que o francês possa concordar com a segunda proposta. Contarei uma pequena história a vocês.

Eu havia prestado a prova de seleção para o mestrado do programa de pós-graduação do Instituto de Química faziam 3 dias, e eu já possuía em mãos o resultado da prova. Fora aprovado, passei em oitavo lugar. Conquistei uma classificação não só suficiente para adentrar o programa, mas que também me possibilitava ser auxiliado por alguma agência de fomento, como a CNPq ou a CAPES.

No entanto, eu ainda estava profundamente angustiado por um simples motivo: eu ainda não sabia se tinha sido aprovado na última disciplina pendente do meu bacharelado.

Sim, é uma situação peculiar, e indescritivelmente terrível: eu já tinha feito todas as provas. Faltava apenas o professor disponibilizar a nota de sua disciplina e a média final no sistema e, como é de praxe, nessa disciplina específica (e esse professor específico) você não costuma tirar nota alta. Pelo contrário. E eu precisava tirar uma nota razoável na prova. Imaginar a possibilidade de ter sido aprovado na prova do mestrado, com bolsa, e ficar retido por conta da possibilidade (indubitavelmente real) de se reprovar na última disciplina da graduação estava me deixando ensandecido.

No entanto, retornando ao começo da história, ao cabo de 3 dias, eu fui com meus amigos para uma festa da faculdade para tentar relaxar um pouco. Eu nunca vou esquecer desse dia: era algo em torno de 3h30 da manhã, e um amigo meu que estava cursando a mesma disciplina me fala: "o (professor) soltou as médias da

disciplina” e me mandou uma foto da tabela. Ao verificar meu nome, rapidamente conferi minha média final: 5,0.

Eu estava aprovado. Eu tinha me tornado um bacharel e, ainda, agora era plenamente apto a me tornar um aluno regular do curso de mestrado do programa de pós-graduação do Instituto de Química. Minha felicidade foi tão grande que a festa em que eu estava até perdeu o sentido. Eu não lembro se cheguei a conversar com alguém; só fui embora para casa, e finalmente minha alma teve um descanso, e pôde se regozijar em meus feitos.

Uma pergunta deve se fazer pertinente: por que eu contei essa história? Bem, além de ser uma excelente história para se contar para alguém nos corredores do IQ, ela se demonstra mui importante na resolução do meu sonho. E qual é esse sonho? Mostrar que o aluno abaixo da média, o aluno que, para os termos somativos sob os quais nosso desempenho acadêmico se baseia seria péssimo, é capaz de produzir um trabalho de relevância acadêmica, e fazer uma pós-graduação. E por que esse meu sonho é conveniente? Por que eu considero que ele seja algo relevante a ponto de colocá-lo na minha dissertação de mestrado?

Vamos voltar um pouco no tempo. Regressemos para a janela temporal que se dispõe a partir do meu ingresso na vida acadêmica. Creio fielmente que já comecei a faculdade errando, mesmo sem saber. Ingressei no curso de Bacharel em Química demasiadamente jovem, com 16 anos. Até então eu desconheço um discente regular do Instituto de Química de Araraquara que ingressou em um curso de graduação com menos idade do que eu. Mas não falo isso com tom de orgulho ou superioridade.

Muito pelo contrário, ao pesarmos a pouca idade a qual adentrei as portas do meu amado IQ, junto com a minha criação (sou filho único de pais bem conservadores), a faculdade se apresentou como um éter retorcido de pessoas, disciplinas, professores e experiências deveras complexas para as minhas habilidades sociais e organizacionais piamente desenvolvidas. O baque psicológico foi muito grande para mim, e aquele adolescente de maneira alguma tinha capacidade de lidar com um curso integral de graduação. O resultado não poderia ser diferente: em meu primeiro semestre de faculdade, tive mais reprovações do que aprovações. Minhas intenções de entrar para o grupo Programa de Educação Tutorial, um sonho daquele Matheus imaturo, estavam completamente falidas por conta do meu péssimo desempenho acadêmico, apesar de ter sido classificado como um dos melhores alunos nas avaliações em equipe do supracitado grupo.

Pelo menos eu consegui passar em Cálculo I (risos).

Desapontado comigo mesmo, afundei em uma ótica pessimista de minha pessoa, o que somente colaborou para que eu mantivesse o terrível desempenho acadêmico do semestre anterior.

No segundo ano, reconhecido por parcela significativa dos alunos como o ano mais temido do curso do bacharelado por contas das diversas disciplinas com elevado índice de reprovação (termodinâmica, física III e IV, eletroquímica), passei por mais dois semestres árduos, que a despeito de minha dedicação para com algumas disciplinas, especificamente termodinâmica, fui novamente infeliz. Nunca me esqueço da minha primeira prova de termo, na qual a professora da disciplina esperava que eu tirasse a primeira nota dez da história da disciplina, haja vista o meu domínio do conteúdo, obtendo uma medíocre nota cinco. A inconformação da professora quando fui conferir minha prova foi marcante para mim: ao adentrar a sala dela, ela exclamou “Matheus, que ***** você tem na cabeça???”. Eu escrevi coisas sem nexos na prova, com ênfase para o registro constrangedor de um suposto “ ΔT de um *processo isotérmico*”. Eu não conseguia acreditar nas palavras que pairavam diante de mim. Mais um choque de realidade, outra imersão em um oceano de insatisfação e descrédito. Nova leva de reprovações. À essa altura do campeonato, a “DP”, normalmente temida pelos alunos, tornou-se objeto cotidiano da minha vida acadêmica. Finalizei os dois primeiros anos de curso com mais dependências do que aprovações.

Um desastre acadêmico. Um gasto inútil de dinheiro público, eu pensava.

Ao fazer minha matrícula no meu terceiro ano da graduação, parei diante do meu catastrófico histórico escolar. Nunca fui o “aluno exemplar”; ocorreram disciplinas em que realmente fui relapso e fiz jus à reprovação. Porém, nada justificava as minhas notas medíocres em disciplinas que eu me dedicava e estudava.

Com a Graça Divina, eu vim a descobrir (a duras penas) que eu sofria (e sofro) com um problema chamado Transtorno do Déficit de Atenção Hiperativo (TDAH), o qual tratei com medicação (bem pesada por sinal) por determinado período de tempo. Meu desempenho na faculdade durante e após o tratamento foi algo de outro patamar: no decorrer dos 6 semestres restantes, somente reprovei em uma disciplina (que foi justamente a disciplina protagonista da minha história contada anteriormente; sim, eu cursei ela 3 vezes). Foi bom saber que a causa majoritária do meu fracasso acadêmico

não era a simplista noção de que eu era um “preguiçoso” ou “vagabundo”, como figuras próximas a mim concebiam.

Ainda sofro com o TDAH, pois não fiz o tratamento pelo tempo que o meu médico prescreveu (parte por conta de eu estar cansado dos efeitos colaterais bem difíceis de lidar da medicação, parte por conta da falta de apoio dos meus pais por se indisporerem a pagar o remédio em virtude de seu preço; na época a caixa do medicamento custava algo em torno de R\$ 200,00). Ele é muito mais lidável do que antes, não é mais uma condição incapacitante. Os reflexos comportamentais permanecem, porém.

Não nego que fui e sou displicente com diversas coisas. Se não tenho interesse em algo, dificilmente vou fazer alguma coisa a respeito. Não tenho opção; é um vício comportamental largamente influenciado pelo TDAH. Isso só piorou com a idade em alguns aspectos, mas melhorou em outros. Me tornei mais responsável (*sic*) e ainda tenho muito o que aprender sobre tudo dessa vida. No entanto, imagine se eu me deixasse levar pelas críticas. Se eu desse fé a certo docente, que afirmou em um momento de lazer para mim, na frente de diversas pessoas, que essa linha de pesquisa que eu estava adentrando (e inaugurando junto ao professor Amadeu) era uma piada? E todas as outras pessoas que tentaram me soterrar com críticas acerca de meu péssimo desempenho acadêmico? Eu não estaria aqui. No entanto, apesar dos pesares, venci, e continuo vencendo, ultrapassando expectativas, superando fracassos.

Mas e todos os outros discentes que possuíam sonhos de serem acadêmicos, professores com uma qualificação além do licenciamento? Quantas almas foram soterradas pela atmosfera pouco amigável e sadia (mentalmente) do meu querido Instituto de Química? Quantos já não foram ridicularizados por motivos pífios (não que haja um motivo plausível para ridicularizar um aluno) e acabaram frustrados, depressivos, e até abandonaram o curso? São muitos. Uma perda lastimável para a nossa academia. O mesmo IQ, o qual amo de todo o meu coração e que também me amou à sua maneira, me auxiliou com bolsas e proveu toda minha formação acadêmica, acaba se tornando um pesadelo para alguns. Eu tenho TDAH. Outros não têm pais. Fulano trabalha durante o dia para poder se sustentar (e ajudar a sustentar a família) e estuda de noite. Beltrano tem problemas sérios no seu núcleo familiar. Todos nós, sem exceção, sofremos com algo. E a capacidade de suportar mais

sofrimento de uns é menor do que a de outros. Nosso IQ (e seus membros) não precisa ser mais um. Não pode ser mais um.

Sem sombra de dúvida, a aprendizagem mais importante do meu mestrado não foi o Bachelard, não foi toda a apropriação de conhecimentos educacionais, ou químicos. O meu tesouro do mestrado foi ter aprendido a ser mais humano, compreender a mim mesmo e, principalmente, compreender o meu próximo. Esse tesouro é algo que pretendo passar para o máximo de pessoas possível, especialmente no âmbito do meu querido IQ.

Por um Instituto de Química que valorize cada vez mais pessoas em vez de números.

Introdução

A área de pesquisa em Ensino de Ciências nas últimas décadas vem revelando crescente preocupação com a melhoria do ensino e aprendizagem, seja no âmbito da Educação Básica ou, mais contemporaneamente, do Ensino Superior. No intento de produzir um processo que seja cada vez mais significativo ao aluno em um curso de ciências, as aulas experimentais têm se apresentado como uma poderosa estratégia para a construção do conhecimento científico, no geral, e do conhecimento químico, em específico.

As atividades experimentais são frequentemente consideradas inestimáveis para o Ensino de Ciências (BARBERÁ; VALDÉS, 1996). Em uma colocação breve dos objetivos apriorísticos das atividades experimentais, Hodson (2005) cita que elas no ensino de ciências, hipoteticamente: gerariam interesse nos alunos; auxiliariam na compreensão de fenômenos; fundamentariam ou legitimariam o conhecimento previamente exposto, facilitando a compreensão do objeto ou fenômeno estudado; promoveriam o desenvolvimento da criatividade e habilidades de resolução de problemas; auxiliariam no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao contexto experimental das ciências (e.g. manipulação de equipamentos, formulação de hipóteses); e seriam um simulacro do papel de um cientista. Ainda, é atribuída à experimentação a capacidade de desenvolver habilidades na esfera social e interacional, uma vez que boa parcela das disciplinas de ciências é realizada em grupos de alunos. No contexto da química, a atividade experimental tem um caráter supostamente ainda mais relevante, por conta de sua natureza extensivamente experimental (FLORES; SAHELICES; MOREIRA, 2009), em que diversos conceitos e fenômenos químicos são atestados e legitimados por meio do experimento em laboratório.

Entretanto, quando se observa a aprendizagem dos alunos ao realizarem atividades experimentais, o resultado não é tão marcante como esperado. Fatores que são levantados para essa disparidade entre as expectativas e os fatos observados nas atividades experimentais são variados: apesar dos trabalhos que levantam diversos objetivos para a atividade experimental no contexto do ensino de ciências (HODSON, 2005; HOFSTEIN, 2017; HOFSTEIN; LUNETTA, 1982; 2003), não existe, por exemplo, até então, um consenso acerca dos objetivos da aula em um laboratório didático. Abrahams e Millar (2008) observaram 25 aulas de laboratório didático

escolhidas aleatoriamente e observaram que o ensino *parecia* funcionar bem *superficialmente*, uma vez que os alunos obtiveram dados e conduziram as atividades como o professor assim esperava. No entanto, os estudantes em pouquíssimas ocasiões refletiram acerca dos dados e dos métodos e processos empregados nas experiências. Em outro trabalho, Millar e colaboradores (1994) apontam para o fato de que, frequentemente, os estudantes não param para planejar e pensar sobre o que farão em uma atividade experimental. Dessa forma, podemos sugerir que o laboratório didático se tornou um lugar para condução de exercícios de rotina e padronização de comportamentos ambientais consistentes com o contexto laboratorial (LUNETTA; HOFSTEIN; CLOUGH, 2007). Ainda mais, na ocasião de os estudantes estarem conduzindo a atividade experimental em pares ou grupos, a última sendo a configuração mais comum de acordo com a literatura supracitada, o que se observa não muda; em vez de os alunos conduzirem discussões e debates em grupo, eles simplesmente se organizam e separam as tarefas de laboratório entre si, acordando com as instruções do professor, potencialmente prejudicando ainda mais o aprendizado.

Todavia, diversos trabalhos apontam que o laboratório didático é um lugar peculiar e com atribuições únicas de aprendizado; a ele é creditado que existem habilidades e competências que os alunos somente podem aprender nesse contexto (LAZAROWITZ; TAMIR, 1994). Lynch e Ndyetabura (1983 apud WHITE, 1996) pediram a 257 professores de ciências e 459 alunos do ensino secundário¹ para que elencassem quatro objetivos para as atividades experimentais de uma lista com 10 objetivos. Enquanto que um dos objetivos menos populares foi “preparação para exames” (aprendizado de curto prazo) e a relação afetiva de cada um para com a experiência — ou seja, o interesse pessoal de cada um pela experimentação — os itens mais populares circunscreveram objetivos relacionados ao auxílio no aprendizado de teorias, sugerindo uma tendência de conceber que o laboratório didático é o ambiente no qual o aluno confirma e observa os conhecimentos expostos anteriormente em sala de aula.

Hofstein (2017) elabora uma lista similar à de Hodson, comentada anteriormente, dos *objetivos tradicionais* que norteiam as aspirações em relação às atividades

¹Utilizamos o termo genérico, ensino secundário, pois, no contexto internacional, as etapas da educação básica são diferentes do que é considerado o Ensino Médio no Brasil.

experimentais. Em tal lista é possível encontrar elencadas as seguintes potencialidades: compreensão de conceitos científicos; promover o interesse e motivação dos alunos; promoção de atitude e disposição para a ciência; desenvolvimento de habilidades práticas científicas e de resolução de problemas; desenvolvimento de costumes científicos; compreensão da natureza da ciência (NdC); a oportunidade de *fazer ciência*. Segundo o autor, esses pressupostos foram extensivamente discutidos, suportados e aceitos pela comunidade científica em diversos trabalhos e artigos ao longo dos anos (HOFSTEIN, 2017). Porém, com rapidez podemos observar que tal lista é repleta de conceitos espontâneos e pensamentos simplistas, os quais podem ser prontamente desconstruídos.

Por exemplo, como uma atividade experimental pode auxiliar na compreensão do conhecimento científico, se esta não foi projetada cautelosamente para atender tal pressuposto? Se o professor sequer pensou sobre os objetivos e propósitos da atividade (HOFSTEIN; LUNETTA, 1982)? Em relação aos aspectos da promoção de interesse e motivação dos alunos, imediatamente se reconhece a ingenuidade de tal asserção. Diversos trabalhos (KIND *et al.*, 2011; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; HODSON, 2005) revelaram que, com o passar das disciplinas e com a evolução do curso, a motivação e interesse dos alunos para com as atividades experimentais sofre um declínio crônico que, por vezes, se torna agudo nas etapas finais do curso. Em verdade, observamos que os alunos costumam, sim, chegar muito motivados e entusiasmados para as primeiras experiências em laboratório, repletas de estímulos novos e conhecimento científico que está logo ali, pairando aos olhos dos alunos, “pronto” para ser assimilado. No entanto, como exposto acima, os alunos concluintes demonstram elevado desinteresse e desapego para com o ambiente do laboratório didático, o que nos sugere que algo no desenho e maneira com que o laboratório didático vem sendo utilizado, aparentemente, de modo lento e contínuo, corrói a vivacidade e motivação dos alunos. Talvez a ingenuidade dos alunos aliada ao seu escasso conhecimento científico seja lenta e potencialmente aniquilada após contemplação reiterada da realidade factual do laboratório didático tradicional (HODSON, 2005).

Sobre a promoção de atitude e disposição para a ciência, a questão circundada é a confusão geral que ocorre acerca das discussões sobre ciência, muito bem sintetizadas por Hodson (2005), quando ele comenta sobre *o que é fazer ciência, aprender ciência e aprender sobre ciência*. Claramente, na “lista tradicional”, não

ocorre uma distinção clara sobre qual dos escopos a prerrogativa se refere; mas isso é compreensível, uma vez que, por se tratar de entendimento espontâneo e superficial, é seguro supor que tal diferenciação, no geral, é desconhecida pela figura do professor; é um amontoado conceitual que geralmente nem ele mesmo compreende. Hodson (2005), por sua vez, esclarece brevemente em seu trabalho as diferenças entre os três termos:

- Fazer ciência: refere-se ao engajamento e desenvolvimento de maestria na investigação científica e resolução de problemas científicos;
- Aprender ciência: envolve a aquisição e o desenvolvimento de conhecimento teórico e empírico sobre a ciência;
- Aprender sobre ciência: relaciona-se ao desenvolvimento da compreensão acerca da natureza e metodologias científicas, bem como à aquisição de um senso sobre as complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA).

O aprendizado de habilidades práticas científicas é algo intrínseco ao ambiente, e não ao desenho didático do laboratório didático, uma vez que esse é supostamente o ambiente adequado e *seguro* para o manejo e manipulação de equipamentos e aparatos de laboratório. Isso não é impeditivo de forma alguma, porém, que os alunos venham a aprender a manipular tais objetos em uma sala de aula, com o professor, na medida do possível, levando tais ferramentas até o aluno ou apresentando-as utilizando recursos digitais de ensino (e.g. animações gráficas, projeções, programas de simulação computacional). A segunda metade desse item, porém, é de veras controversa; coloquemos a seguinte questão: que tipo de problema o aluno aprende a resolver em uma atividade experimental concebida nos moldes tradicionais quando, em verdade, *tal molde é largamente caracterizado pela ausência de questões e/ou problemas?*

Segundo Gil-Pérez e colaboradores (2001), as atividades experimentais tradicionalmente são circunscritas e guiadas por um roteiro, o qual traz o procedimento experimental, por vezes *exaustivamente* descrito e esmiuçado. Ainda, ocorre de tal roteiro também trazer, explícita ou implicitamente, qual seria o resultado “esperado” ou “correto” a ser observado. Novamente, o questionamento inicial se apresenta: que tipo de problema os alunos aprendem a resolver se, em verdade, *não há problema?* Há no máximo uma dificuldade procedimental de execução, por possível falta de

familiaridade do(s) aluno(s) para com os utensílios empregados na atividade experimental, ou alguma dúvida e/ou incerteza conceitual. Mas a ocorrência de um problema que requer maior esforço cognitivo do aluno para resolvê-lo, esta é uma situação incomum, e, às vezes, até indesejada (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Continuando a lista, aparece um ponto referente a algo chamado de “costumes científicos”. De imediato, uma interrogação deve brotar na mente do leitor: o que são costumes científicos? Ao reconhecer a fonte da elaboração de tal objetivo, sumariamente rasa e ingênua, que se trata do processo de mecanização e automação comportamental e mental no laboratório didático, por intermédio da repetição de exercícios e procedimentos típicos do laboratório. Tal processo, em vez de promover o aprendizado e a construção do conhecimento científico nos alunos, finda por, no lugar disso, torná-los viciados no acompanhamento e execução de *scripts* e protocolos de laboratório; formam-se *técnicos*, não cientistas capazes de criticar e julgar a experiência ali desenvolvida (HODSON, 2005).

O item referente à compreensão sobre a NdC é peculiar, uma vez que os conhecimentos que tais professores possuem sobre NdC são frequentemente distorcidos e muito distantes do que se é concebido no âmbito dos estudos sobre filosofia da ciência. Em um exemplo breve, Gil-Pérez e colaboradores (2001) colocam que a ciência é *intuitiva, incerta e pode falhar*. Como que o aluno pode aprender tal conceituação da NdC, se no laboratório didático ele trabalha sobre condições excessivamente controladas, com pouco ou nenhum espaço para questionamento ou proposição de ideias? Se o procedimento para a realização da atividade experimental é completamente linear, exato e restrito? Se qualquer resultado diverso do *resultado esperado* é execrado? Os alunos podem, ao invés, aprender uma noção distorcida e errônea de NdC, e tal noção pode se solidificar em *entraves de difícil superação*² posterior pelo aluno ao se deparar com o rigor típico do ofício acadêmico.

Para finalizar a lista de supostos objetivos do laboratório didático tradicional, temos o item referente à *oportunidade de fazer ciência*. Isso remete aos comentários de Hodson (2005) previamente expostos. Que ciência o aluno está fazendo seguindo o protocolo tradicional? Há de ser clarificado que, em hipótese alguma, está sendo criticada a capacidade intelectual do aluno de realizar o trabalho científico; a crítica é

² Os tais entraves mentais são os obstáculos epistemológicos de Bachelard; estes serão discutidos em detalhe no capítulo seguinte.

voltada para uma questão subjacente: como o aluno pode fazer ciência, se a atividade experimental é concebida de maneira tão medíocre³? Se o professor desconhece e/ou não utiliza perspectivas metodológicas de ensino e aprendizagem experimental? Se o professor sequer se preocupa com o que está sendo ensinado ou que o aluno está aprendendo? O aluno está *fazendo ciência*, ou está simplesmente repetindo passos, seguindo instruções? Manipular materiais e objetos no laboratório didático, seguir passos e seu conseqüente sucesso em alçar o *resultado esperado* não é suficiente para o aprendizado de conceitos científicos contemporâneos, tampouco será também para a proposição e construção de novos conhecimentos. De nada adianta manipular o físico, tátil, se não ocorrer em conjunto a complexa manipulação de ideias e conceitos subjacentes à prática científica (HOFSTEIN, 2017).

Hofstein (2017) e Hodson (2005) defendem que o laboratório didático é capaz de alçar *certos objetivos* e pode atender a *certas exigências*, porém quem deve julgar e planejar a atividade experimental para que ela satisfaça tais exigências é o professor. Contudo, é extremamente comum que os professores, em verdade, conduzam as atividades experimentais sem pensarem sobre seu propósito e seus objetivos. Com efeito, é possível observar que, em uma parcela significativa dos casos, as atividades experimentais são concebidas a partir de concepções espontâneas de docentes, as quais carecem de fundamentação em quaisquer perspectivas metodológicas de ensino e aprendizagem experimental, fazendo com que a atividade experimental seja frequentemente mal-empregada.

Serè (2002), em seu estudo, diz que as atividades experimentais empregadas no laboratório didático, embora em grande número de países seja reconhecida como essencial e indispensável para as *ciências experimentais*, é frequentemente cara e muito menos efetiva do que se é esperado. White (1996) comenta que o laboratório didático sobreviveu através dos séculos porque ele serve, ou *aparenta* servir, a diversos propósitos. Para o pesquisador, a discussão primordial a ser realizada é especificar como o laboratório didático faz cada uma dessas tarefas, porque tal especificidade deveria habilitar o desenho e a seleção de experiências específicas

³ Como Hodson (2005, p. 31) coloca em seu artigo: Practical work is often both *poorly designed* (in the sense that the goals are ill defined) and *poorly executed* (in the sense that current research findings relating to effective learning are ignored).

que supostamente serão mais hábeis e úteis do que um conjunto não planejado e pouco flexível de atividades. Nas palavras do autor:

São necessárias teorias acerca de como laboratórios promovem algum tipo de realização de qualquer natureza, seja tornar mais evidente a metodologia base de como a ciência se desenvolve, dar sentido a abstrações ou descrever processos, tornar a informação mais lembrável, elucidar conexões entre diversas seções da ciência, ou motivar os alunos a aprenderem (WHITE, 1996, p. 763-764).⁴

Na ocasião de toda a problemática exposta, surgiram diversas intempéries e incoerências nas atividades experimentais, na elucidação de seus objetivos, e no melhoramento de sua eficácia como estratégia de ensino e aprendizagem. Um exemplo é a árdua tarefa de romper o aspecto “popular”, comum, da atividade experimental, a qual é associada a um suposto *método científico*, bem definido e infalível (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001), assim como as visões distorcidas que afloram dessas atividades experimentais mal-empregadas.

Adentrando na discussão sobre visões deformadas de ciência, Gil Pérez e colaboradores (2001) comentam que a maneira com que as atividades experimentais são concebidas e conduzidas finda por propiciar a formação de tais visões. De acordo com os autores, uma das visões deformadas que aparece com mais frequência no laboratório didático é a visão ateórica e empírico-indutivista. Essa visão é caracterizada pela presunção da neutralidade do processo de observação de fenômenos, o qual seria efetivamente isento da influência dos conhecimentos precedentes dos alunos, assim como fatores motivacionais e afetivos também seriam alienados do observador. Dessa forma, por intermédio da observação, inócua e pura, o aluno poderia obter o conhecimento do real, utilizando-se apenas de sua percepção e capacidade de realizar boas sínteses acerca dos fenômenos observados.

Outra concepção espontânea frequentemente observada na realização de atividades experimentais é a concepção de que existe um “método científico”, bem definido e infalível (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). A grande maioria dos procedimentos em laboratório didático se dá por meio de um roteiro experimental. Tal roteiro é geralmente composto de um conjunto de etapas que o aluno executa mecanicamente, não havendo espaço para dúvidas ou objeções. A tarefa do discente é meramente

⁴Do original, em inglês: We need theories of how laboratories promote achievement on any aim, whether it is to make clear the basic methods of science, add meaning to abstractions and descriptions of processes, make information memorable, illustrate connections between diverse sections of science, or motivate students to learn.

executar os passos descritos com perfeição, e o grau de perfeição revelaria o quanto o aluno aprendeu. Os alunos são privados de suas habilidades criativas, e não podem se desprender do caminho sugerido no roteiro, salvo em raras ocasiões em que o aluno é incumbido de resolver um problema proposto na atividade experimental, como ocorre, por exemplo, em atividades experimentais investigativas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Em alguns casos os roteiros possuem explicitado em seu corpo qual seria o resultado correto a se observar, com a intenção de coarctar ao máximo a ocorrência de erros e ambiguidades com respeito ao desenvolver da atividade experimental. A preocupação com a eliminação de possíveis erros que podem ocorrer é quase obsessiva, paranoica, como se esse fosse algo alheio e distante do processo científico de construção do conhecimento. Esse esmero exacerbado com a criação de uma rotina “perfeita”, “correta” de laboratório, pode imprimir, lenta e reiteradamente, uma visão de infalibilidade da natureza da atividade científica na mente do aluno quando, em verdade, esta é frequentemente incerta, intuitiva e, acima de tudo, pode falhar (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Ainda, é possível destacar a característica indutivista que subjaz esses roteiros para atividades experimentais. Há grande ênfase no acúmulo de observações e anotações de dados empíricos por parte dos alunos, como se o mero acúmulo de observações fosse equivalente ao aprendizado dos assuntos estudados. Esse processo também pode gerar no aluno outra visão deformada de ciência: a de que o conhecimento científico é linear e acumulativo. Visão que inevitavelmente gera uma concepção simplista e equivocada sobre a maneira com que o conhecimento científico é construído. Este, efetivamente, é fruto de um processo incessante de formulação, debate e confrontação de hipóteses, ideias e conceitos, de modo que alguns pressupostos podem se tornar obsoletos e serem substituídos por propostas novas e mais abrangentes (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Nesse processo dialético de construção do conhecimento científico, a ocorrência do erro é fator fulcral para o desenvolvimento e construção de saberes científicos.

Em concordância com o trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001), Silva, Machado e Tunes (2010) elencam que a realização de atividades experimentais que se resumem a simplesmente seguir roteiros de aulas experimentais pré-formatados e que restringem os resultados para alguns poucos resultados bem definidos, finda por transformar a motivação inicialmente apresentada pelos alunos em desinteresse.

Ainda, os autores levantam a problemática envolvida na atividade experimental que apenas possui enfoque em aspectos macroscópicos, em detrimento de aspectos submicroscópicos. Essa dicotomia e aceção da magnitude, em dissonância com os três aspectos do conhecimento químico (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000), pode colaborar com a não atribuição de significado à atividade pelo aluno, colocando a atividade experimental em posição de desinteresse por ele. Além disso, essa promoção de experimentos *explosivos*, de elevada excitação sensorial, pode prejudicar ainda mais a formação de um interesse íntimo do aluno pela aprendizagem dos aspectos submicroscópicos os quais são os *responsáveis* pelo observado macroscopicamente.

Dessa maneira, podemos sugerir que, com frequência, o ensino e aprendizagem de ciências e, particularmente, o de química, vem sendo mal ministrado pelos docentes no tocante à utilização da experimentação enquanto estratégia didática. Os motivos para a atuação inadequada nesse contexto compreendem desde de um comportamento omissivo em termos de esmero com a preparação das aulas, até a falta de formação e fundamentação metodológica para que o professor seja capaz de conceber aulas bem planejadas. Assim, por conta dessa estrutura deficitária nos alicerces das aulas, estas, de forma iterada e diversa, podem solidificar na mente dos alunos conceitos e ideias que se distanciam ou distorcem a noção de trabalho científico, resultando, então, em um potencial para a formação de visões deformadas de ciência nos alunos.

Nesse contexto, uma perspectiva metodológica vem avançando e trazendo potencialidades para o aperfeiçoamento e evolução da utilização do laboratório didático, que é a perspectiva *investigativa* de ensino e aprendizagem. Essa metodologia traz como características marcantes a necessidade do engajamento dos alunos na atividade, uma vez que o debate, pesquisa de dados e análise crítica da atividade desenvolvida são procedimentos comuns fomentados. Ainda mais, por conta do desenho menos limitado e constritivo em relação ao que é tradicionalmente interposto, a metodologia investigativa abarca conceitos como o *erro* e a *problemática* (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011) os quais são tipicamente excluídos no contexto do laboratório didático tradicional.

Todas essas potencialidades vêm com um preço, porém: a investigação requer uma preparação e fundamentação teórica substancialmente mais cautelosa, uma vez que a maneira com que esta é concebida e desenvolvida permeia diversos conceitos

de grande relevância da NdC. Dessa maneira, é importante que o referencial teórico que suportará a proposta investigativa seja sólido, fundamentado e que apresente consenso na comunidade acadêmico-científica. Para este trabalho escolhemos as contribuições do filósofo Gaston Bachelard, as quais são minuciadas no próximo capítulo.

O trabalho aqui desenvolvido, então, tem como principal intento a proposição de uma nova estratégia didática para ser aplicada no contexto do laboratório didático de química. Essa estratégia foi concebida à luz da perspectiva investigativa, sendo de um grau intermediário entre 2 e 3 (BELL; SMETANA; BINNS, 2005)⁵ e suportada nos trabalhos de Bachelard. Este trabalho espera contribuir com uma conscientização acerca da maneira e finalidade com que o laboratório didático vem sendo utilizado, trazendo uma reflexão ancorada em diversos trabalhos para elucidar que existem diversas potencialidades para o uso do laboratório didático de química. Dessa forma, com a proposta aqui delineada pretendemos cotejar alguns dos problemas que foram elencados e outros que são levantados nos capítulos posteriores, tornando a experiência dos alunos no laboratório didático mais rica e proveitosa em termos de aprendizado, bem como melhorar a eficácia dessa estratégia para os propósitos que lhe são atribuídos.

Em função dos objetivos e da temática de investigação apresentados, definimos o seguinte problema de pesquisa:

- De que modo a aplicação de uma intervenção didático-pedagógica investigativa, que emprega erros positivos controlados, influencia o desenvolvimento do espírito científico de estudantes de um curso de Licenciatura em Química?

Para melhor responder a esse problema, levantamos e propomos as seguintes questões de pesquisa:

- ✓ Qual é a influência da intervenção na mudança de concepção sobre a NdC dos alunos?
- ✓ De que modo a ocorrência do erro positivo controlado impacta sobre a experiência comum dos estudantes em relação ao experimento?

⁵ Uma discussão mais aprofundada sobre o grau de abertura das atividades experimentais investigativas é apresentada no capítulo de Ensino por Investigação, p. 77-79.

- ✓ Como participar da intervenção contribui para a compreensão dos conceitos de eletroquímica envolvidos no experimento?

Esta investigação pretende responder as questões de pesquisas supracitadas, bem como trazer os resultados obtidos na Intervenção Didático Pedagógica Investigativa (IDP-I). Para este fim, dividimos o trabalho em capítulos. O primeiro capítulo professa sobre o referencial teórico de escolha, o filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard, trazendo um breve histórico de suas contribuições filosóficas e como elas influenciaram a academia. Então, debruçamo-nos sobre sua obra, *Formação do Espírito Científico* (1996), para fundamentarmos nossa proposta, utilizando-nos também, em menor grau, de outras obras do autor.

Em seguida, adentramos no capítulo referente à perspectiva metodológica utilizada, que é a do ensino por investigação. Nesse capítulo é apresentado um breve histórico sobre como a investigação surge enquanto metodologia de ensino e aprendizagem, bem como detalhamos seus princípios norteadores e característicos. Propomos, então, com base na literatura, os fatores que configuram uma atividade experimental investigativa, e fazemos uma rápida ilustração sobre como a IDP-I aqui apresentada seria realizada.

No capítulo posterior são discutidos os procedimentos metodológicos que sustentaram a investigação realizada. É apresentado o desenho de pesquisa, os instrumentos de coleta e de análise de dados, especificamente a Análise de Conteúdo segundo Bardin (2013), e como relacionamos os dados a serem coletados/analizados com os respectivos documentos obtidos.

No penúltimo capítulo trazemos e discutimos os dados obtidos, em um primeiro momento por meio da análise dos documentos, e posteriormente na análise das transcrições das entrevistas individuais e dos grupos focais designados de acordo com o nosso critério de amostragem.

Por fim, no último capítulo tratamos da discussão dos dados, as conclusões obtidas, e as implicações que este trabalho pode trazer para as pesquisas na área da experimentação no ensino de química, da psicanálise do erro e da viabilidade da perspectiva investigativa de ensino e aprendizagem no contexto do Ensino Superior.

Contribuições epistemológicas de Gaston Bachelard

Neste capítulo objetivamos apresentar alguns tópicos levantados anteriormente sobre a experimentação e trazer uma discussão sobre o filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard (1884-1962). A epistemologia proposta pelo francês se apresenta como uma alternativa à matriz empírico-positivista, desenvolvendo a noção de fenômeno científico como construção instrumental e teórica. O filósofo também trouxe novas perspectivas e posições, como, por exemplo, a noção de real científico sendo o real construído e a relação sujeito-objeto mediada pela técnica. Para tal, com o intuito de facilitar o raciocínio e propiciar a compreensão deste capítulo, dividimo-lo em quatro seções, a saber: Introdução à epistemologia bachelardiana; *A Experiência Comum*; O Espírito Científico (EspC) e Obstáculos Epistemológicos; A Experiência Exigente e o processo de retificação de erros. Ademais, intentamos fazê-lo com a maior brevidade possível, porém, em virtude da complexidade e da densidade com que o filósofo escreve, é um tanto quanto infactível realizar uma síntese em poucos parágrafos de suas ideias sem ser superficial e vago. Feitas essas considerações, iniciamos a discorrer algumas ideias do referencial teórico deste trabalho.

Introdução à epistemologia bachelardiana

Segundo Lima e Marinelli (2011), a epistemologia bachelardiana inaugura, no contexto da filosofia da ciência, uma nova e complexa perspectiva, uma filosofia do inexato. Assim sendo, para Bachelard, o conhecimento se constitui e é construído por meio de aproximações contínuas, noções parciais do real que são possíveis por meio do conhecimento científico teórico e pela técnica. O conhecimento científico deixa de ser algo imediato, pronto, e torna-se objeto construído pelo cientista ao longo de um processo dialético. Bachelard produz, dessa maneira, uma noção de superioridade do conhecimento abstrato e científico frente ao conhecimento primeiro e comum. O filósofo também traz uma noção aparente de polaridade para a filosofia da ciência, trabalhando em dualismos como: real x ideal; empirismo x racionalismo; conhecimento comum x conhecimento científico. No entanto, tais dualismos não devem ser compreendidos de maneira que eles sejam intransitáveis; colocamos, dessa forma, a existência de um movimento *a priori* e *a posteriori* do conhecimento. Assim, tais polos não se opõem, mas, em verdade, completam-se e expõem o dinamismo científico.

Gaston Bachelard, além de filósofo, crítico e epistemólogo, também foi cientista e poeta. Suas obras são divididas em duas vertentes: a diurna, na qual Bachelard se debruça sobre o saber científico, a epistemologia científica e a filosofia da ciência; e a noturna, na qual o filósofo tece obras no âmbito da poesia, arte, o onírico e os devaneios da mente humana. Das obras diurnas, algumas delas empregadas no trabalho aqui apresentado, destacamos as seguintes: *O novo espírito científico*, *Formação do espírito científico* (1996); *Filosofia do não* (1991); *O racionalismo aplicado*; e *O materialismo aplicado*. Debruçamo-nos principalmente sobre a *Formação do espírito científico* e a *Filosofia do Não* ao longo deste capítulo para fundamentar a discussão desenvolvida que servirá de base para este trabalho.

Lima e Marinelli (2011) comentam que a epistemologia bachelardiana tem como berço o final do século XIX e início do século XX, momento em que ocorrem diversas revoluções do pensamento científico, especialmente no que tange às ciências exatas, com a aparição de teorias e postulados como a teoria da relatividade, a física quântica e a geometria não-euclidiana. Tais revoluções no pensamento científico humano trouxeram grandes repercussões em diversas áreas do saber, alterando a maneira com que a realidade é estudada e compreendida, bem como relações do tipo sujeito-objeto. Em meio à balbúrdia que ocorrera em toda a comunidade científica e que repercutia na sociedade, Bachelard levanta para a filosofia da ciência duas proposições de suma importância: a historicidade da epistemologia e a relatividade do objeto.

Uma das principais frentes de embate filosófico de Bachelard com seus contemporâneos é justamente a questão circundando o continuísmo do conhecimento e o imobilismo do pensar, ou seja, a crença de que não ocorre uma diferença de nível entre o conhecimento científico e o conhecimento comum. Um dos defensores do continuísmo foi o filósofo francês Émile Meyerson⁶. Para Émile, a continuidade entre o senso comum e o conhecimento científico era fato incontestável, enquanto que Bachelard, na contramão, apontou para sua descontinuidade. Para Bachelard, a ciência não se constrói da mesma forma que o senso comum, sendo ela, em verdade, construída a partir da retificação de conhecimentos anteriores oriundos de uma experiência primeira (LIMA; MARINELLI, 2011). Para o filósofo, qualquer tentativa de

⁶ Filósofo francês de origem polonesa (1859-1933). Estudou química na Alemanha e na França, onde se instalou em 1882. Dedicou-se à filosofia da ciência e se opôs à epistemologia positivista.

formar um continuísmo entre o conhecimento científico e o comum se tratava da formação de pontes imaginárias entre tais conhecimentos, tais pontes constituindo-se depois em entraves cognitivos, que o filósofo posteriormente conceituaria como obstáculos epistemológicos. Émile também defendia o continuísmo ao nível teórico-científico, colocando que a abordagem relativística da física postulada por Einstein era uma continuação da física newtoniana. Bachelard, por sua vez, enfatizou que a física relativística constituiu um fato novo, de maneira a romper profundamente com a teoria newtoniana, não havendo comparação entre os postulados relativísticos e os newtonianos, em que o primeiro se constitui como uma retificação dos princípios da física clássica.

Sendo assim, o filósofo salienta que o conhecimento científico é construído por meio do rompimento com o conhecimento comum e a experiência imediata, elevando o patamar do trabalho desempenhado pelo cientista.

O espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Julga o seu passado condenando-o. A sua estrutura é a consciência dos seus erros históricos. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira (BACHELARD, 1996, p. 120).

Bachelard também se posiciona contra a perspectiva positivista de Auguste Comte⁷ e seus postulados sobre a filosofia da ciência. Para Comte, o conhecimento científico sempre caminha em um sentido específico: da *experiência*, da *observação*, para a teoria a qual prospectará, das observações coletadas, o *conhecimento relevante* sobre determinado fenômeno. Para o positivista, a abstração científica somente é instrumento seguro quando norteado pelo *fato experimental*. Bachelard, porém, coloca que o abstrato polemiza a *experiência*, sendo ele caracterizado por construtos racionais que tendem a ser cada vez mais abstratos e distantes do *fato experimental* (LIMA; MARINELLI, 2011). Um exemplo claro desse distanciamento entre o *fato experimental* e os construtos racionais é o próprio desenvolvimento da Física ao longo dos séculos. Essa ciência, que começou com um caráter sobremaneira subjetivo (uma vez que os primeiros conceitos conjecturados acerca dos fenômenos físicos documentados foram feitos por filósofos), hoje em dia tem, em

⁷ Auguste Comte (1798-1857) foi um filósofo francês, cujos trabalhos combinaram elementos de pensadores anteriores e contemporâneos, derivando um corpo teórico conceituado como positivismo. De sua produção literária, destacamos as obras *Curso de Filosofia Positiva* (1842). *Sistema de Filosofia Positiva* (1848).

sua linha de borda, pesquisas envolvendo elementos com grau de complexidade e abstração de nível *inimaginável* para um leigo.

Um dos pilares concebidos por Comte para a filosofia positivista de ciência, a *observação dos fatos e dos fenômenos* foi constituída como recurso único e insubstituível para a obtenção dos conhecimentos humanos, consistindo na descrição, cada vez mais precisa e exata, dos *fatos experimentais*. Bachelard se opõe a esse aspecto expondo que não há sentido em elaborar observações meticulosas e basear-se somente nelas para a construção da ciência contemporânea; a racionalidade é a produtora de novas descobertas e o objeto científico, em vez de ser produto da descrição detalhada de fenômenos, torna-se construção oriunda do diálogo entre a *experiência* e a abstração teórica (LIMA; MARINELLI, 2011).

Por que nem tudo é real da mesma maneira? Por que a existência não é uma função monótona? Porque há diferentes razões constitutivas de diferentes níveis de realidade. A realidade de um objeto que se apresenta aos olhos, que pode ser tocado, que possui lugar e forma definidos, não é do mesmo nível de realidade de uma molécula, a qual constitui e é constituída pela teoria molecular a ela subjacente. [...] Trata-se de uma outra ordem de realidade, que não pode ser compreendida sem o uso da razão (LOPES, 1996, p. 259-260).

A discussão que Lopes (1996) traz em seu artigo é de grande conveniência no aprofundamento da discussão aqui desenvolvida. Em clara dissonância com o positivismo de Comte, a autora defende que a construção do *real científico* se dá por meio da já mencionada relação sujeito-objeto, mediada pela técnica. Assim sendo, a ciência não descreve, mas produz *fenômenos*, os quais são analisados por um processo instrumental e teórico de natureza concomitante, de maneira que o sujeito somente influencia o objeto sob o auxílio da *técnica*. Contrastando com a assertiva de Comte, que professa que o objeto é dado pela ciência, Bachelard impõe que o objeto científico deixa de ser dado e torna-se resultado de complexa impetração de elaborações teóricas e experimentais (LIMA; MARINELLI, 2011).

A doutrina positivista de Comte interpreta a ciência à luz das relações *exatas* entre os *fatos observados*. O sujeito é mero receptáculo da *verdade científica*. Na abordagem bachelardiana, porém, o sujeito torna-se construtor do *objeto científico* e o faz pela junção da racionalização e da *técnica* (BACHELARD, 1996). Rompemos,

então, com as noções filosóficas de ciência, pois o objeto perde seu *status* de absoluto frente ao sujeito, e torna-se *relativo* à *fenomenotécnica*⁸. Segundo o filósofo:

Na experiência, [o espírito] procura ocasiões para *complicar* o conceito, para *aplicá-lo*, apesar da resistência desse conceito, para realizar as condições de aplicação que a realidade não reúne. É então que se percebe que a ciência *constrói* seus objetos, que nunca os encontra prontos. A fenomenotécnica *prolonga* a fenomenologia. Um conceito torna-se científico na proporção em que se torna técnico, em que está acompanhado de uma técnica de realização (BACHELARD, 1996, p. 77, grifos do autor).

Segundo Sisson e Winograd (2012), a fenomenotécnica pode ser apresentada como um dos conceitos organizadores da epistemologia histórica de Bachelard. Os autores lembram que, para o filósofo, toda ciência é necessariamente uma *tecnociência* e todo real é uma realização (e não algo presente na natureza): os fatos científicos são produtos da técnica, e não objetos encontrados na realidade de compreensão imediata. Assim sendo, o *conceito* científico, peça-chave da contribuição epistemológica bachelardiana, somente pode ser criado e desenvolvido por meio da tecnociência, por meio de uma fenomenotécnica.

Em outras palavras, a técnica é parte fundamental da prática científica e sua condição de possibilidade: e somente desta associação entre o espírito científico e a técnica que os fenômenos científicos podem ser, não *descobertos*, mas *criados*, *inventados*, ou *construídos* [...] a atividade científica seria entendida como o preparo conceitual de fenômenos tecnicamente construídos (SISSON; WINOGRAD, 2012, p. 150, grifos nossos).

A superação do empirismo científico, para Bachelard, se dá por meio de um racionalismo abstrato, com a ação dialética entre razão e experiência, de noções opostas que se integram na peça completa. Gaston Bachelard arremata colocando que o *método científico* deixa de ser algo direto, imediato, e dá lugar para uma perspectiva *indireta*, mediada pela *razão*, de maneira que o viés epistemológico da ciência sofre uma mudança drástica, assumindo um movimento de deslocamento do *racional* para o *real*, no lugar do movimento positivista que se dá da *empíria deslocando-se ao conhecimento relevante* (LIMA; MARINELLI, 2011).

Em uma ilustração superficial sobre a epistemologia bachelardiana, coloca-se os conceitos fundamentais propostos pelo filósofo, quais sejam, a *ruptura*, o *corte epistemológico*, a *vigilância*, o *obstáculo*, a *problemática* e a *recorrência epistemológica*.

⁸ O conceito de fenomenotécnica não será discutido em detalhe aqui neste trabalho, pois excede nossos objetivos; para maiores esclarecimentos sobre esse conceito de Bachelard, recomendamos a leitura de Lopes (1990; 1994); Sisson e Winograd (2012).

A ruptura epistemológica diz respeito ao rompimento com um *conhecimento anterior*, e configura, para Bachelard, a forma mais adequada cientificamente de produzir ciência. O progresso científico se torna, então, *descontínuo*, não mais sendo construído de maneira progressiva e acumulativa, mas, sim, por meio de constantes rupturas do conhecimento. Uma teoria é aceita hoje, e, amanhã, rompemos com seus princípios e outra é formada (LIMA; MARINELLI, 2011).

Os *cortes epistemológicos* tratam-se sobre a produção do saber científico, mais especificamente suas *descontinuidades*, podendo ser entendidos como um ponto de *não-retorno*, que impede a retomada de noções pertencentes a momentos anteriores.

A *vigilância epistemológica* de Bachelard reflete-se de maneira comportamental e atitudinal. É tida como uma atitude do pesquisador para com seu objeto de estudo, e ocorre em três graus: a atenção ao inesperado; a vigilância quanto à aplicação do método, e a vigilância sobre o próprio método⁹. Os obstáculos epistemológicos são tratados na obra *Formação do Espírito Científico* (1996), e são discutidos em detalhe em uma seção específica dedicada somente a esse conceito neste capítulo.

A *problemática* é um dos conceitos fundamentais da epistemologia bachelardiana. O autor professa que o trabalho científico, quando movido pelo *Espírito Científico*¹⁰, pode ser sintetizado como um ciclo interminável e que se auto sustém: o cientista inicialmente propõe um problema; posteriormente, o mesmo cria e executa um processo para sua resolução; caso o instrumento seja eficaz, ele o resolve; do contrário, ele retorna ao passo anterior, *retificando* e *aperfeiçoando* seu dispositivo, até que este seja capaz de satisfazer o problema proposto. Em seguida, porém, a partir das descobertas e informações obtidas no desenrolar da lide, ele naturalmente concebe novas ideias e *insights*, que alicerçarão novas suspeitas e dúvidas que, por sua vez, fomentarão novos problemas.

A *recorrência epistemológica* se refere às certezas científicas - as quais possuem caráter proeminentemente provisório - do presente e que redefinem o passado, definindo, assim, uma releitura de conhecimentos precedentes e sua subsequente reorganização e/ou desconstrução. Dessa forma, a história da ciência, efetivamente, altera o sentido dos diversos eventos que a compõem, e apresenta-se como resultante

⁹ Para uma compreensão mais detalhada do conceito de vigilância epistemológica, recomenda-se a leitura de *O racionalismo aplicado* (Bachelard, 1977).

¹⁰ O autor fala do espírito em sua obra e sua definição é discutida em detalhe no item posterior.

da determinação dos sucessivos valores gerados pelo progresso científico (LIMA; MARINELLI, 2011). Como Lopes (1996, p. 256-257) afirma:

Através do conhecimento do passado, percorremos o caminho da ciência, mas é a partir do presente, da atualidade da ciência, que podemos compreender o passado de maneira claramente progressiva. Desta forma, o filósofo francês constitui a noção de recorrência¹¹ histórica: o historiador deve conhecer o presente para julgar o passado. Mas não no sentido de ver no passado a preparação para o presente, como já questionamos, mas sim de, a partir do presente, questionar os valores do passado e suas interpretações.

Feita essa breve exposição acerca da epistemologia histórica de Bachelard, fechamos esta seção elencando alguns dos principais conceitos que norteiam a proposta epistemológica bachelardiana. Na próxima seção nos debruçamos diretamente sobre a obra *Formação do Espírito Científico* (1996), e, sob a luz dela, discorreremos sobre um dos principais conceitos que orientam o trabalho aqui apresentado: a *experiência comum*.

A Experiência Comum

Bachelard trabalhou com perspectivas de NdC de maneira a conceber que o fazer ciência é um *movimento*, realizado a partir das intuições realistas e comuns da experiência cotidiana, *comum*, para noções abstratas, as quais a experiência cotidiana não tem nenhuma utilidade. A ciência, então, começa onde a *experiência comum*, ingênua, termina; do contrário, a diferenciação entre o conhecimento científico e o conhecimento comum seria desnecessária. Sendo assim, temos que o conhecimento científico, para ser construído, frequentemente, necessita que o cientista trace um caminho epistemológico não intuitivo, ou até contra intuitivo. Qualquer insistência do cientista em querer utilizar sua intuição - sendo ela baseada no senso comum - torna-se um obstáculo para o desenvolvimento e prosseguimento de descobertas científicas. O conhecimento científico, para o filósofo, perfaz o movimento supracitado no sentido de se distanciar da *experiência comum*, e se aproximar de uma abordagem racional, consciente e exata.

Conforme o progresso científico ocorre, porém, o conhecimento científico pode, posteriormente, prejudicar a sua *reforma* e a construção do conhecimento novo. Isso se dá por meio do embate do conhecimento precedente *versus* a *experiência científica*. A sistemática do processo é simples, pois trata-se de uma espécie de *eterno*

¹¹ Salientamos que, do ponto de vista filosófico, recorrência é a característica de um processo, real ou lógico, que retorna sobre si próprio [...] reação de um fato sobre as suas causas, da ideia de um fato sobre este fato (LALANDE, 1993 *apud* LOPES, 1996, p. 257).

retorno da ciência: tem-se inicialmente um *conhecimento comum*, oriundo de uma *experiência primeira*, o qual se dispõe como obstáculo para uma *experiência científica*; superado esse *conhecimento*, o cientista pode alçar o *conhecimento científico* que fundamentou a *experiência científica* que ele realizou. Com o passar do tempo, porém, novas tecnologias permitem a realização de novas experiências, mais sofisticadas e elaboradas, as quais, frequentemente, *rompem* com o conhecimento científico anterior. Nessa ruptura, haverá uma resistência do conhecimento precedente e, a partir desse momento, ele automaticamente se configura como novo obstáculo, tornando-se, efetivamente, um *conhecimento comum*; a fenomenotécnica obsoleta instantaneamente se posiciona em riste diante da fenomenotécnica atual.

Assim, temos a ilustração de como a ciência se comporta em uma perspectiva histórica: o conhecimento comum, ingênuo, foi fruto de uma *experiência científica* de tempos passados (LIMA; MARINELLI, 2011). Este *sempre* se apresenta diante do conhecimento científico, *novo, provocativo*, na forma de uma *experiência primeira*, a qual se constitui em um obstáculo epistemológico. Haja vista de sempre conhecermos contra um conhecimento anterior, sempre haverá uma *experiência primeira*, um *conhecimento primeiro*, que se dispõe como elemento *dificultador* para a construção do conhecimento científico (LOPES, 1996).

Lopes (1996, p. 251) aponta que Bachelard trata a epistemologia em uma perspectiva histórica; a autora indica que, para o filósofo, “a ciência é um objeto construído socialmente, cujos critérios de cientificidade são coletivos e setoriais às diferentes ciências”. Nessa linha, a autora faz a seguinte colocação:

Desta maneira, a ciência não reproduz uma verdade, seja ela a verdade dos fatos ou das faculdades do conhecimento. Portanto, não existem critérios universais ou exteriores para julgar a verdade de uma ciência. Cada ciência produz sua verdade e organiza os critérios de análise da veracidade de um conhecimento. Mas a lógica da verdade atual da ciência não é a lógica da verdade de sempre: *as verdades são sempre provisórias* (LOPES, 1996, p. 253, grifos nossos).

Um exemplo claro do embate entre o *conhecimento comum versus conhecimento científico* é colocado por McArthur (2002), em um dos exemplos que o autor utiliza para demonstrar a postura bachelardiana frente à NdC. A mecânica relativística de Einstein, apesar de ser postulada integralmente em termos teóricos e racionais, pelo fato de lidar com a cinemática de corpos, pode ser conturbada por noções *realistas* levantadas por um físico clássico. O último pode tentar *aproximar* por meio de *subterfúgios* o trabalho de Einstein do trabalho empirista sob o qual a física

clássica de desenvolveu. A intenção de Einstein com sua teoria foi, em um primeiro momento, ser capaz de medir a velocidade da luz de maneira a *independe* do observador e, assim, poder suportar as medidas extremamente precisas da velocidade da luz sugeridas por Michelson e Morley. Tal comprovação, à luz da teoria relativística, só foi possível com um preço alto: romper com o caráter absoluto dos conceitos de *massa, espaço e tempo*, e suas relações de independência do observador. Evidentemente, a teoria de Einstein somente pode ser conjecturada e concebida, quando ele se desvencilhou completamente das noções clássicas da física, as quais se apresentavam como obstáculo para a formulação da teoria da relatividade. Ocorreu, então, como Bachelard colocaria, uma *dialeção* de conceitos anteriormente tidos como absolutos e invariáveis (McARTHUR, 2002). Para que Einstein pudesse conceber sua teoria, ele precisou romper com o pragmatismo da física corrente em sua época.

Findada essa discussão, Bachelard (1996) disserta sobre o conceito da *experiência comum*, a qual é adjetivada pelo filósofo como sendo imediata e sedutora. Seu imediatismo repousa na dispensabilidade de maior concerto e esforço mental e racional por parte do cientista para realizá-la, pois permeia apenas a superfície do fenômeno estudado; é sedutora, pois possui diversos elementos que atizam e fascinam o cientista por meio da excitação sensorial, cores vivazes, explosões, mudanças abruptas de estado físico *etc.* Uma avalanche que tem potencial para soterrar toda e qualquer oportunidade de o mesmo racionalizar e criticar o fenômeno observado, que impede o enriquecimento espiritual. Nesse contexto, o comentário do filósofo é retumbante ao defender que:

[...] uma hipótese científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma hipótese inútil. Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve? (BACHELARD, 1996, p. 14).

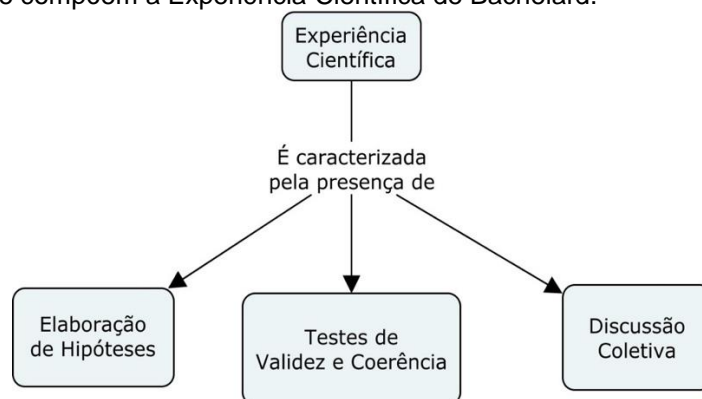
A experiência, para Bachelard deve, portanto, ser concebida e desenvolvida de maneira cuidadosa e racional. Esta não deve servir para a comprovação de hipóteses, mas, sim, para retificar erros nela cometidos. O filósofo confere um *status* de primazia ao erro no lugar da “verdade” no processo de construção do conhecimento científico; a epistemologia histórica de Bachelard não pretende validar as ciências já prontas, mas questioná-las; o erro assume uma função positiva na gênese do saber (LOPES, 1996). Dessa forma, a experiência deve questionar e dialogar com o fenômeno a fim de obter o conhecimento *fecundo e indireto* do experimento. Tal conhecimento,

segundo Bachelard, somente é alcançado por meio da *Experiência Científica*. Há de se compreender, porém, que esse erro colocado por Bachelard, não é um erro da maneira que concebemos do *senso comum*; o erro pode ser uma teoria antiquada, uma metáfora temporária que se consolidou como fato. Nesse entendimento, o *conhecimento precedente* se apresenta, em variado grau, como um *erro* para o cientista. Uma belíssima ilustração de uma metáfora corrente na química, a da *ligação química*, e a conseqüente contemplação de sua natureza ficcional é feita por Coulson (1955 *apud* MORTIMER, 1997, p. 205):

Eu descrevi uma ligação, uma ligação química simples; eu forneci vários detalhes de seu caráter (e poderia ter dado muitos mais). Às vezes me parecia que uma ligação entre dois átomos tinha se tornado tão real, tão tangível, tão amigável, que eu quase poderia vê-la. E então eu despertava com um pequeno choque: pois uma ligação química não é uma coisa real; ela não existe; ninguém jamais a viu, nem jamais verá. É uma ficção da minha própria imaginação.

De acordo com Kasseboemer e Ferreira (2013), a experiência científica envolve três etapas, conforme o esquema apresentado na Figura 1.

Figura 1: Etapas que compõem a Experiência Científica de Bachelard.



Fonte: Adaptado de Kasseboemer e Ferreira (2013).

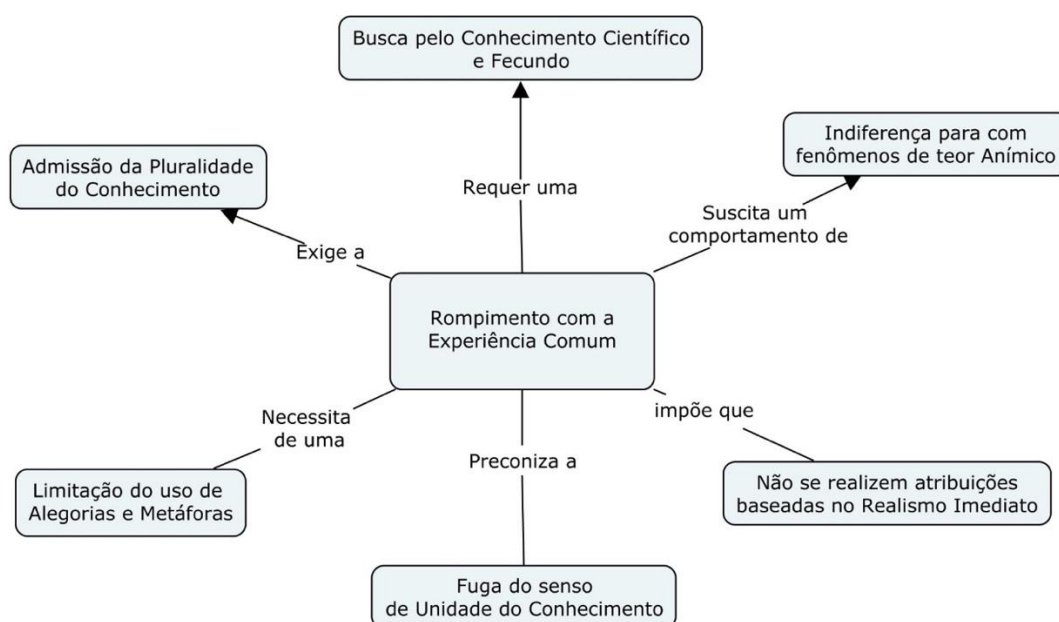
Para os autores, uma experiência científica obrigatoriamente necessita de um segmento para a elaboração de hipóteses, pois somente assim é possível realizar uma experiência rica espiritualmente; o experimento pronto, “acabado” é significativamente menos proveitoso. Os testes de validade e coerência são elementos imprescindíveis ao ofício científico, pois por meio desse protocolo, a experiência a ser realizada terá *status* de autenticidade e validade na comunidade científica. A discussão coletiva é um momento único, pois é quando o indivíduo se depara com a possibilidade de criticar e escrutinar sua experiência com seus pares, sendo possível a fruição intelectual dos participantes em grande escala.

Os elementos constantes no esquema da Figura 1 encontram respaldo no seguinte debate do filósofo com a *experiência comum*, como segue:

A experiência comum não é de fato *construída*; no máximo, é feita de observações justapostas [...] Como a experiência comum não é construída, não poderá ser, achamos nós, efetivamente *verificada*. Ela permanece um fato. Não pode criar uma lei. Para confirmar cientificamente a verdade, é preciso confrontá-la com vários e diferentes pontos de vista. Pensar uma experiência é, assim, mostrar a coerência de um pluralismo inicial (BACHELARD, 1996, p. 14, grifos do autor).

Dessa maneira, defendemos neste trabalho que para a ocorrência do *rompimento com a experiência comum*, ou seja, para a experiência ser uma *Experiência Científica*, devem-se satisfazer os seguintes requisitos dispostos no esquema da Figura 2.

Figura 2: Requisitos para o rompimento com a experiência comum.



Fonte: Elaboração própria.

Segundo Bachelard (1996, p. 21), “o homem movimentado pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar”. Ele “dialogava” com os filósofos contemporâneos à sua época, tentando obstinadamente despertar a filosofia de seu “sono dogmático” (LOPES, 1996). A dissonância dessa afirmação para com a maneira com que o *conhecimento científico* vem sendo empregado tradicionalmente é sutil; não ocorre uma oposição explícita e categórica ao “método científico”, mas, sim, critica-se a maneira com que o tal “método” é interposto ao cientista; ele é introduzido e posto por meio da experiência previamente concebida e é pré-moldado com determinado fim, restando pouca ação manipulativa e crítica do cientista para

com o fenômeno estudado. O conhecimento das etapas do trabalho científico pode contribuir para a formação do *Espírito Científico*, uma vez que o processo de teste de hipóteses, e a discussão com seus pares pesquisadores pode trabalhar a importância de não aceitar tudo que lhe é dito sem questionar. Porém, a ausência do problema, do questionamento, da intriga e do incômodo mental faz com que o cientista possa sofrer quando se depara com um *obstáculo*, impedindo-o, assim, de alcançar o conhecimento subjacente do experimento (BACHELARD, 1996). A pequena ou inexistente presença de elementos racionais por parte do cientista, e seu consequente *conforto* e ócio mental, culmina na realização de uma experiência pobre espiritualmente. Observamos, então, novamente, a consolidação de um *tecnicismo* científico; de um acadêmico que é hábil em instrumentação e habilidades contextuais ao laboratório de ciências, que é capaz de reproduzir e executar as mais diversas experiências, porém é inepto para dialogar e criticar a própria experiência realizada.

Feitas essas ponderações, passamos para o desfecho desta seção, tratando da transposição do conceito da *experiência comum* para o contexto das atividades experimentais no laboratório didático. Para realizarmos esse movimento, começamos trazendo novamente a síntese de Bachelard (1996, p. 22) sobre a *experiência comum versus a Experiência Científica*:

Só a razão dinamiza a pesquisa, porque é a única que sugere, para além da *experiência comum (imediate e sedutora)*, a experiência científica (indireta e fecunda) (grifos nossos).

Em vista de seu comentário, é feita a seguinte indagação: é possível comparar o conceito bachelardiano de *experiência comum* com a estrutura canônica das atividades experimentais? Levantemos a seguinte situação hipotética, conforme conjecturamos em outro trabalho (BEGO; ZYTKUEWISZ, 2017): uma atividade experimental típica de alguma disciplina introdutória de natureza *experimental*, na qual o aluno (ou um grupo de alunos) realiza a queima do Magnésio metálico. Após exposição da fita metálica à chama, observamos a formação de uma chama branca, de elevada intensidade luminosa, acompanhada da evolução de fumo espesso e aveludado. Essa experiência costuma impactar os alunos, gerando diversos comentários e burburinho entre eles durante e após esse trecho da experiência. No entanto, quando se indaga o aluno acerca da reação química que subjaz o fenômeno e suas particularidades, poucos possuem a resposta de imediato. Tampouco saberão o motivo pelo qual a cor da chama oriunda da combustão do Magnésio é branca.

Eis, portanto, a tese filosófica que vamos sustentar: o espírito científico deve formar-se contra a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma. Só pode aprender com a Natureza se purificar as substâncias naturais e puser em ordem os fenômenos baralhados (BACHELARD, 1996, p. 29)

É evidente que o diálogo no qual esse exórdio realizado por Bachelard ao iniciar o capítulo sobre o obstáculo da *Experiência Primeira* tem relações muito explícitas e diretas com a questão levantada sobre a viabilidade de comparamos o conceito de *experiência comum* com uma atividade experimental. O experimento supracitado destila *sedução*. Produz um encantamento no aluno. Esse encantamento influencia sobremaneira os alunos ingressantes, dos quais a vasta maioria jamais *presenciou* fenômeno igual. Já foram vistos fenômenos *similares* talvez, formando algum *conhecimento primeiro* que, por sua vez, eventualmente se disporá como entrave para o aprendizado do *conhecimento do real*.

Mas o fato é que o indivíduo, ao ser intimamente seduzido pela paralisante avalanche sensorial a qual é exposto, comporta-se como um *espectador passivo* da experiência. É imóvel, inerte cognitivamente. Ele não busca saber as causas do fenômeno, porque o próprio fenômeno, na maneira com que é apresentado, providencia que não haja maiores preocupações com as causas, com as questões *fecundas e indiretas*. Em verdade, para esse aluno, tal profundidade da matéria é inexistente. Temos assim, por consequência direta, a natureza *imediatista* do *conhecimento comum*; o envolvimento do *conhecimento comum* e raso configura uma “*placenta*” cognitiva que abriga e impede o aluno de se afastar e se desprender do *fato comum* e cotidiano. O Magnésio queima, a chama é branca, e *c'est fini*; a substancialização dá cabo de maior concerto mental do aluno acerca da experiência.

Podemos avançar ainda mais nessa discussão; convergindo agora para uma discussão sobre elementos *estruturais* da atividade experimental, temos, como comentado no capítulo anterior, a questão que circunscreve os roteiros experimentais. Em um primeiro momento fora apresentada tal questão à luz do trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001), agora a discursaremos apoiados no referencial bachelardiano. A problemática envolvida é exatamente a mesma: não é exigido, pelo aluno, maior esforço mental para realizar uma atividade experimental pelo fato de que, por estarem munidos do roteiro experimental, o qual frequentemente descreve o procedimento a ser realizado em grande detalhe, resta aos alunos a tarefa de executar com o máximo

de perfeição o procedimento descrito. Esse cerceamento de suas capacidades criativas, e o não ajuizamento do experimento realizado, potencialmente reforça as características da *experiência comum* nessa atividade experimental. Desvencilhado da crítica e do esforço cognitivo, é *esperado* que os alunos concebam que o único conhecimento que são capazes de obter com a experiência é aquele captado pelos sentidos, por suas observações. Pelo seu relatório, pelos seus cálculos. A experiência só pode proporcionar um *conhecimento imediato* (alçado pelos sentidos) o qual será refinado *somente* por meio de procedimentos previamente interpostos (os relatórios e cálculos). A fenomenotécnica utilizada pouco importa; o aluno pode aprender sobre excitação eletrônica de entidades químicas tanto por intermédio de um *teste de chama*, ou recursando de um espectrômetro de absorção atômica, mas o *conhecimento relevante* sempre será amparado pelos moldes sufocantes da concepção tradicional (HODSON, 2005; FLORES; SAHELICES; MOREIRA, 2009) da atividade experimental. Interessante destacar que os procedimentos experimentais - a dimensão fenomenotécnica da experiência - não são em nenhuma medida questionados, quer sobre sua adequação, quer sobre sua validade para a investigação da empiria a ser realizada.

. Frequentemente a experiência é trazida como objeto isolado e alienado do problema que um dia propiciou sua elaboração. Por exemplo, cursos de química analítica costumam trazer uma elevada, até exaustiva, carga de experiências com o fim de determinar concentrações, purezas, presença de analitos específicos e afins. Muitas delas, porém, são colocadas sem a devida exposição do problema que a fundamenta. O problema é de vital importância na perspectiva bachelardiana de construção do conhecimento, uma vez que a intriga originada pelo problema tem contribuição significativa na motivação do EspC (GIORDAN, 1999). Se não há problema, não há *questionamento* e, principalmente, não ocorre a reforma ou desconstrução do *conhecimento primeiro*, uma vez que o *espírito*, na ausência do problema, incumbe-se da acomodação e de ajustes mentais necessários para que a experiência se adeque ao conceito solidificado.

Com efeito, neste item, fizemos uma breve colocação sobre o conceito de *experiência comum* segundo Bachelard, expomos como a *experiência comum* é caracterizada e como ela se correlaciona com as atividades experimentais, e fechamos demonstrando como Bachelard se posiciona contra a *experiência comum*, introduzindo o conceito de *Experiência Científica*. Sobre a *Experiência Científica*,

debruçamo-nos sobre os elementos propostos por Kasseboehmer e Ferreira (2013) que configuram uma *Experiência Científica*, e os arranjamos na forma de um mapa conceitual. Em um movimento de transposição, ao fim desta seção elucidamos como é possível aplicar o conceito bachelardiano de *experiência comum* no contexto didático, do ensino experimental, e como suas características subjazem a maneira com que a atividade experimental é concebida tradicionalmente. Na próxima seção tratamos de minuciar os conceitos-chave da obra *Formação do espírito científico* de Bachelard (1996), trazendo para a discussão os obstáculos epistemológicos de maior relevância no contexto das atividades experimentais, e elucidar o que é, como se forma e se reforma o EspC.

O Espírito Científico e Obstáculos Epistemológicos

Os dois elementos contidos no subtítulo acima separam-se apenas no plano das palavras; em nossa interpretação, o EspC e os obstáculos epistemológicos estão inextricavelmente relacionados.

Em verdade, o EspC forma-se, majoritariamente, em um processo contínuo de embate com os obstáculos epistemológicos, tal embate sendo inseparável e indispensável para a maturação e transformação do *Espírito Pré-Científico*. Dito isso, defendemos que, em nosso entendimento da obra de Bachelard, o *Espírito Científico* forma-se por meio da superação dos obstáculos epistemológicos. Os obstáculos epistemológicos nunca são definitivamente superados, uma vez que o EspC sempre se apresenta com seus conhecimentos anteriores para a experiência; nunca é uma *tabula rasa*. E, amalgamado aos conhecimentos sedimentados, estão os preconceitos, as imagens familiares, a certeza das primeiras ideias (LOPES, 1996). Nesse contexto, Bachelard (1996, p. 15) comenta sobre a existência e natureza dos obstáculos epistemológicos:

Não se trata de considerar os obstáculos externos, como a complexidade ou fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a debilidade dos sentidos ou do espírito humano: é no ato mesmo de conhecer, intimamente, onde aparecem, por uma espécie de necessidade funcional, os entorpecimentos e as confusões. É aí onde mostraremos as causas de estancamento e até de retrocesso, é aí onde discerniremos *causas de inércia que chamaremos obstáculos epistemológicos* (grifos nossos).

Para Bachelard, o erro é entendido como necessário e intrínseco ao ato de conhecer, e justamente o conceito de obstáculo epistemológico é que dá alicerce positivo para a obrigação de errar (LOPES, 1996). O obstáculo epistemológico tende a se manifestar mais decisivamente em uma tentativa de mascarar o processo de

ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, quando o nosso pensamento procura prender o conhecimento no real aparente. Os obstáculos epistemológicos são inerentes ao processo de conhecimento, pois eles ocorrem a partir da retenção do conceito não racionalizado, conceito este cujas lacunas em sua compreensão são fomentadas por meio de crenças particulares e entendimentos íntimos do cientista, noções intuitivas que formam entraves para a construção de novos conhecimentos a partir do precedente; tais entraves são os obstáculos epistemológicos. Nesse contexto, Lopes (2007, p.142) tece o seguinte comentário:

A razão acomodada ao que já se conhece, procurando manter a continuidade do conhecimento, opõe-se à retificação dos erros introduzindo um número excessivo de analogias, metáforas e imagens no próprio ato de conhecer, com o fim de tornar familiar todo conhecimento abstrato, constituindo assim, os obstáculos epistemológicos.

O *locus* ideal para a gênese dos obstáculos epistemológicos provém da errônea noção de que o conhecimento científico possui quaisquer relações ou pode de alguma forma expressar continuidade com o conhecimento comum. Lecourt (1980 *apud* LOPES, 1996) coloca que os obstáculos epistemológicos atuam de maneira a preencher a ruptura existente entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, restaurando a noção de continuidade do conhecimento. Assim, os obstáculos epistemológicos podem ser encarados como resistências do nosso próprio pensamento ao pensamento. No entanto, é extremamente importante denotar que os obstáculos epistemológicos não devem possuir atribuição de falha ou de mero entrave intelectual; eles são, antes, elementos importantes para a construção do conhecimento científico. É importante que, para que ocorra o progresso da ciência de maneira satisfatória, haja questionamentos, críticas, ruptura entre o conhecimento comum e científico. A superação desse obstáculo ajuntado ao conhecimento recém-desconstruído e a inerente geração do próximo que vem atrelado ao novo conhecimento construído. Uma vez que sempre conhecemos algo contra um conhecimento anterior, sempre haverá obstáculos epistemológicos a serem superados (LOPES, 1996).

Uma pergunta, então, faz-se conveniente: o que é o *Espírito Científico*? Diversas conceituações breves foram realizadas no percurso deste trabalho, mas ainda não ocorreu uma afirmação categórica sobre esse conceito. Isso é um movimento árduo, pois o próprio Bachelard não apresenta uma definição de maneira explícita e taxativa sobre o que viria a ser o EspC. Ele diz de onde vem, como surge, como se comporta

frente aos obstáculos epistemológicos, mas não há conceituação formal e didática. Em um trecho do livro *Formação do espírito científico*, o filósofo diz que:

O espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Julga o seu passado condenando-o. A sua estrutura é a consciência dos seus erros históricos. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira (BACHELARD, 1996, p. 120).

Assim sendo, e em vista do que já colocamos sobre o EspC, podemos sugerir que o conceito de EspC se trata de um *estado mental* ou uma *atitude* perante o processo de construção do saber, em que o cientista é capaz de satisfazer os mais variados conceitos, sob os quais Bachelard fundamenta sua epistemologia, os quais citamos em seção precedente: a *ruptura epistemológica*, o *corte epistemológico*, a *vigilância epistemológica*, a *problemática* e a *recorrência epistemológica*. Quando o sujeito é capaz de aliar e contemplar todos esses conceitos em seu ofício científico, pode-se, então, dizer que está movido pelo *Espírito Científico*.

Bachelard sugeriu que, para a formação do EspC, o indivíduo deveria sofrer transformações, e nessas transformações ele passaria necessariamente por três estados, os quais seriam “muito mais exatos e específicos que as formas propostas por Comte” (BACHELARD, 1996, p. 11): o *estado concreto*, em que o indivíduo forma suas opiniões a partir das *imagens imediatas* do fenômeno contemplado, sendo ele intimamente seduzido pela unidade do mundo e sua diversidade; o *estado concreto-abstrato*, no qual o indivíduo, apesar de ainda se prender à experiência se apoia em uma *filosofia da simplicidade*, mas já começa a se desvencilhar das *primeiras imagens* e desenvolve algum tipo de abstração; o *estado abstrato*, “em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe” (BACHELARD, 1996, p. 11-12).

É interessante observar como a *abstração* e a *racionalização* são elementos fulcrais da epistemologia bachelardiana; como o filósofo comenta, a debilidade dos sentidos humanos não é justificativa para nossa incapacidade de alcançar o *conhecimento do real*, pois a fenomenotécnica e seu subsequente avanço dá cabo disso; o *real* somente é conhecido por meio das concepções abstratas do ser humano, e suas conseqüentes vitórias sobre as intuições e vontades *irracionais* que permeiam o *conhecimento comum*. Vencer o *conhecimento comum* é, portanto, a *ruptura* com

as vias irracionais pelas quais o conhecimento comum trafega; é derrotar o desejo interior de unir a experiência cotidiana com a experiência científica.

No esteio dessas discussões, Kasseboehmer e Ferreira (2013), por sua vez, sugerem que, para a formação do EspC, são necessários:

- Conhecimento da Natureza da Ciência (NdC);
- Domínio dos conceitos científicos (DdCC);
- Vontade para se engajar em questões complexas, discussão de problemas científicos.

Notadamente, temos que o *Espírito Pré-Científico* carece desses elementos e de competências características do EspC. Em verdade, ele é caracterizado pela sua *ingenuidade* e é facilmente satisfeito com o conhecimento obtido por meio da *experiência comum*, sendo sua postura frequentemente *acrítica* e pouco cética. Nesse contexto, Bachelard (1996, p. 19, *grifos nossos*) afirma que “chega o momento em que o espírito prefere o que *confirma* seu saber àquilo que o *contradiz*, em que gosta mais de respostas do que perguntas”. O *Espírito Pré-Científico* é completamente dominado, moldado e limitado pelos obstáculos epistemológicos, submerso em visões deformadas acerca da NdC.

Todavia, a partir do aprofundamento dos conceitos apresentados por Bachelard (1996), consideramos que seja necessário propor maior detalhamento e delineamento dos elementos necessários para a formação do EspC. Por isso, realizamos uma readequação da proposta de Kasseboemer e Ferreira (2013) e propusemos que, para a formação do EspC, são necessários: i) conhecimento adequado da Natureza da Ciência; ii) domínio dos conceitos científicos; e iii) rompimento com a *experiência comum*.

Em relação ao primeiro aspecto, conhecimento adequado da NdC, para a formação do EspC há a necessidade de que o sujeito tenha feito discussões e realizado uma crítica às principais visões distorcidas acerca da ciência e do trabalho do cientista, de modo a formar um conhecimento apropriado acerca da NdC. Assim, faz-se necessário reconhecer a ciência como atividade que pode ser intuitiva, tentativa e, acima de tudo, pode falhar (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Ainda, sob a perspectiva bachelardiana, enfatizamos que a NdC é fulcro para a própria progressão científica; é nesse processo dialético que a ciência se constrói, reconstrói, se modifica e se insere no *eterno retorno*, conforme anteriormente discutido. Esse reconhecimento seria responsável por tornar o aluno um ser crítico, capaz de tomar juízo e analisar seus

trabalhos com rigor e polidez. A habilidade de assumir uma postura crítica e consciente do trabalho científico é de vital importância para Bachelard (1996), pois tal postura intrinsecamente combate o *Obstáculo da Experiência Primeira*, como podemos ver no trecho que se segue:

Na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pode intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura (BACHELARD, 1996, p. 29).

Aproveitamos, aqui, a breve exposição do filósofo acerca do primeiro obstáculo epistemológico interposto, para fazermos uma rápida distinção entre a *experiência comum* e a *Experiência Primeira*. A *experiência comum* se trata de um construto que representa um leque de ocorrências que podem acontecer durante a experiência, as quais não necessariamente são dependentes umas das outras, porém é comum vê-las atuando em conjunto; tais características resultam em uma *experiência pobre espiritualmente*, que pouco motiva ou enriquece o EspC. A *Experiência Primeira*, por seu turno, é um *obstáculo epistemológico*, ela é um fato que ocorre durante a experiência científica que deve ser ultrapassado pelo EspC. Para Lopes (1996), romper com a *Experiência Primeira* é a reforma de uma ilusão, pois sempre conhecemos contra um conhecimento anterior, retificando o que se julgava sabido e sedimentado. Assim, o conceito de *experiência comum* se opõe ao conceito de *Experiência Científica*, enquanto que o conceito de *Experiência Primeira* se relaciona com o conceito de *obstáculo epistemológico*.

Podemos ilustrar tal discussão com um exemplo. Durante a realização de uma atividade experimental em laboratório didático com roteiro experimental, um estudante irá realizar, no geral, uma atividade bastante pobre cognitivamente, o que torna essa atividade uma *experiência comum* com vistas ao fenômeno em foco. Por sua vez, a percepção aproblemática do estudante acerca do conhecimento não ultrapassará os limites da experiência primeira, o que se constitui em obstáculo epistemológico para a superação do entendimento de seu aspecto meramente fenomenológico em vistas de um entendimento acerca seu aspecto teórico-conceitual.

Sobre o Domínio dos Conceitos Científicos (DdCC), perpetramos que esse elemento se apoia no fato do filósofo dizer que “o *Espírito Científico* deseja saber para, imediatamente depois, melhor questionar” (BACHELARD, 1996, p. 21). Uma vez que todo conhecimento obtido é um *conhecimento primeiro*, sempre haverá novos

questionamentos a serem feitos e novos conceitos para serem desconstruídos ou reformados. O DdCC é extremamente importante, pois somente com um DdCC significativo é possível a superação de certos obstáculos epistemológicos, dos quais cito o *Obstáculo da Opinião*, o *Obstáculo da Experiência Primeira*, o *Obstáculo Verbal* e o *Obstáculo Substancialista* (BACHELARD, 1996). O elemento também apresenta correlação com o conhecimento da NdC; na hipótese de o aluno dominar os conceitos científicos, mas carecer de uma concepção adequada sobre a NdC, esse desequilíbrio poderia, por exemplo, fortalecer o pragmatismo científico do aluno.

O rompimento com a *experiência comum* é fulcral nessa lista. Realizamos uma readequação do último ponto elencado por Kasseboemer e Ferreira (2013), que diz respeito à necessidade de os estudantes terem vontade de se engajar em questões complexas e em discussões de problemas científicos. Entendemos que, após análise minuciosa, tal ponto dialoga adequadamente com o conceito bachelardiano de *Experiência Científica*, a qual provém do rompimento com a *experiência comum*, e, esse ponto, também conversa com alguns dos obstáculos epistemológicos. O desvencilhar da *experiência comum* sempre implica em esforço espiritual, pois o *espírito* tende a se acomodar com a experiência e conceber ligações imaginárias entre a experiência e os conceitos já aprendidos, com o intuito de amenizar o esforço cognitivo. Nesse processo de “facilitação”, as tais ligações imaginárias, como previamente dito, constituem-se como obstáculos para a construção do conhecimento do *real* e *científico* que subjaz a experiência. Neste trabalho fizemos uma extensa caracterização de fatores que seriam capazes de realizar o romper com a *experiência comum* (p.12), e eles também são intimamente ligados a alguns obstáculos epistemológicos.

Partindo agora para a defesa da afirmação colocada logo no começo do item, poderíamos, em um movimento ousado, debruçarmo-nos sobre a seguinte frase de Bachelard (1996, p. 293, *grifos nossos*):

Todas as vezes que pudemos, indicamos rapidamente de que modo, a nosso ver, o *espírito científico* vence os diversos obstáculos epistemológicos e se constitui como conjunto de erros retificados.

No entanto, seria deveras imprudente e perigoso fundamentar tal colocação sem realizar um escrutínio que faça jus ao peso que ela carrega. Assim, para escudar nossa colocação de que o EspC é formado por meio da superação dos obstáculos epistemológicos, caracterizamos o EspC utilizando-nos do eventual embate entre o espírito e os obstáculos epistemológicos para o definir. Na ocasião do conflito entre

os elementos supracitados, de acordo com Bachelard (1996), o EspC apresenta as seguintes características e competências:

- ❖ O EspC não possui opinião sobre aquilo que não conhece, pois sabe que uma opinião ou questão sem fundamento é por si só um obstáculo ao conhecimento. Tal característica se relaciona ao obstáculo da opinião, que nomeamos como o “obstáculo zero”. Sobre a opinião, Bachelard (1996, p. 14) é impactante com suas palavras:

A ciência, tanto por sua necessidade de coroamento como por princípio, opõe-se absolutamente à opinião. [...] A opinião *pensa mal*; não *pensa: traduz* necessidades em conhecimentos. Ao designar os objetos pela utilidade, ela se impede de conhecê-los. Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado.

Ainda sobre a opinião, o filósofo ainda pontua:

Frente ao real, *o que se pensa saber*, claramente ofusca o que se deveria saber. Quando se apresenta ante a cultura científica, o espírito nunca é jovem. Ao contrário é velhíssimo, pois tem a idade dos seus preconceitos (BACHELARD, 1996, p. 16, grifos nossos).

- ❖ O EspC não se atém à *experiência comum*, a qual é imediata e sedutora; antes se interessa pela *Experiência Científica*, a qual é indireta e fecunda;
- ❖ O EspC não se espanta ou refuga diante do pitoresco, do que é rico sensorialmente; pelo contrário, ele deseja saber os fenômenos que subjazem e proporcionam a formação da *imagem imediata*, em vez de meramente se satisfazer com tal imagem. Esses aspectos negativos constantes neste item e no item anterior decorrem primordialmente do que o filósofo conceituou como a *Experiência Primeira*, a qual Bachelard (1996, p. 64) sintetiza de maneira brilhante ao fim do Capítulo II:

Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é, pois, de admirar que o primeiro *conhecimento objetivo seja um primeiro erro* (grifos nossos).

Para Bachelard, é sempre necessário que ultrapassemos as aparências (*imagem imediata*), pois o aparente é sempre fonte de enganos e de erros. O conhecimento científico se estrutura por meio da superação desses erros, em um constante processo de ruptura com o que se pensava conhecido (LOPES, 1996);

- ❖ O EspC não possui necessidade de unidade do conhecimento científico, tampouco anseia pela simplificação ou intertextualidade de tópicos, pois sabe que o conhecimento oriundo dessas simplificações é ingênuo e frágil. Acerca

do Obstáculo do *Conhecimento Geral*, o filósofo coloca que os “espíritos de pouco fôlego” (BACHELARD, 1996, p. 71) se entravam rápido e prontamente com enunciados muito claros e completos, de tal forma que não sentem a necessidade de estudar mais de perto o fenômeno delimitado por tal enunciado. Para ele, a generalidade imobiliza o pensamento.

Sobre o Obstáculo do *Conhecimento Unitário*, Bachelard (1996, p. 103) diz:

Para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço [...] Não é concebível que a experiência se contradiga ou seja compartimentada. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade, desconfia-se de erro.

Ainda sobre o conhecimento unitário, ele é notadamente característico pela sua capacidade de expor a necessidade e facilidade do ser humano em “justapor e relacionar as propriedades e os eventos mais heteróclitos, como se umas determinassem as outras” (BACHELARD, 1996, p. 111). Ainda sobre o conhecimento unitário, Bachelard (1991, p. 54, *grifos nossos*) diz:

(...) será demasiado cômodo confiar-se uma vez mais a um realismo totalitário e unitário, e responder-nos: *tudo é real*, o elétron, o átomo, a molécula, a micela, o mineral, o planeta, o astro, a nebulosa. Em nosso ponto de vista, nem tudo é real da mesma maneira, a substância não tem, em todos os níveis, a mesma coerência; *a existência não é uma função monótona*; não pode se afirmar por toda parte e sempre no mesmo tom.

- ❖ O EspC utiliza metáforas de maneira prudente, para impedir que as metáforas não venham a ofuscar a imagem ou conteúdo real do objeto estudado. Ele as utiliza somente após absorver a teoria que será suportada sob tais artifícios, pois sabe que imagens passageiras podem se consolidar como entidades autônomas. Bachelard não condena ou bane o uso de metáforas e imagens; apenas exige que essas sempre estejam prontas para serem desconstruídas quando o processo de construção do conhecimento científico assim desejar (LOPES, 1996).
- ❖ O EspC não se contenta com explicações breves e *substancializadas*. Ele não pode se satisfazer apenas com ligar os elementos descritivos (*imediatos*) de um fenômeno à respectiva *substância*, e não é seduzido pelas tentações substancializadoras que os sentidos fornecem. A atribuição direta por meio do *realismo imediato* é insuficiente. Sobre o *Obstáculo Substancialista*, Bachelard (1996, p. 127) escreve:

A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entrar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal

substancialização permite uma explicação breve e peremptória. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação [...] sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos.

- ❖ O EspC não estabelece ou confere caráter especial ao que é natural, vivo, e também não procura significado cegamente, em uma tentativa de racionalização holística dos fatos. *Ele* sabe que os fenômenos com características animistas são tão relevantes quanto os cuja fonte é inerte (BACHELARD, 1996).

Feito esse movimento de descrição da relação que se estabelece entre o EspC e os obstáculos epistemológicos, voltamo-nos para uma breve caracterização de alguns obstáculos epistemológicos no contexto do Ensino Superior. Nesse contexto, a influência do obstáculo da *experiência primeira*, por exemplo, é muito frequente, e até cotidiano; o aluno sempre conhece contra um conhecimento anterior. Mesmo quando o tópico lecionado é de elevado grau de abstração, a *mente* se encarrega de formar pontes entre o *conhecimento comum* do aluno e o fenômeno abstrato. Ainda mais se pensarmos o condicionamento padrão da atividade experimental - que possui elevado grau de dirigibilidade – que promove uma postura frequentemente acrítica do aluno em relação à experiência. Tal postura é condenada por Bachelard (1996, p. 29, *grifos nossos*) quando ele diz que:

Na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a *experiência primeira*, a *experiência colocada antes e acima da crítica* - crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pode intervir de modo explícito, a *experiência primeira* não constitui, de forma alguma, uma base segura.

Destacamos, ainda, o fato de que as atividades experimentais no contexto do Ensino Superior estarem atreladas a disciplinas específicas as quais pontuam diversos assuntos, os alunos acabam experienciando atividades práticas sobre determinado fenômeno apenas uma vez durante todo seu curso, colaborando para que o efeito da *experiência primeira* seja ainda mais evidente e poderoso na mente do aluno.

A perspectiva *continuísta* do conhecimento científico pode ser entendida como uma amálgama dos obstáculos do *conhecimento geral* e do *senso de unidade*. Um exemplo clássico no contexto da Química é a maneira com que se apresentam os modelos atômicos; as hipóteses *filosóficas* de Epicuro, Demócrito são apresentadas dando sequência para o modelo de Dalton, o qual dá sequência ao modelo de Thomson, Rutherford, Bohr e Schrödinger. Trata-se de uma perspectiva sobejamente

errônea, pois, como grifado, os primeiros modelos foram *filosóficos*; não têm quaisquer relações científicas significativas para sua concepção; o modelo de Dalton não possui *nenhuma* relação científica direta com o modelo proposto pelos filósofos gregos, uma vez que o químico não se apoiou exclusivamente sob conjecturas filosóficas para propor seu modelo, mas em leis científicas já bem estabelecidas à época: as leis ponderais e leis volumétricas. Ocorre uma *ruptura* extremamente evidente. Há um *corte epistemológico* entre esses modelos; qualquer noção de continuidade é equivocada. Esse *corte* ocorre novamente entre os modelos de Dalton e de Thomson; enquanto que, para Dalton, o átomo se tratava de uma *entidade esférica maciça e indivisível*, Thomson, após a realização do experimento de raios catódicos, conjecturou que o átomo seria composto de cargas positivas, as quais seriam incrustadas por pequenas partículas subatômicas com carga negativa, chamadas de *elétrons*. As diferenças na conceituação de átomo de Dalton e Thomson não são, de maneira alguma, sutis; elas são, em verdade, gritantes. Rutherford, posteriormente, iria evidenciar com o clássico experimento da folha de Ouro que a maior parte do volume delimitado pelo átomo seria, em verdade, *vazio*; temos mais um retumbante rompimento entre modelos atômicos. Ainda há mais exemplos da *descontinuidade do conhecimento científico* envolvendo os modelos atômicos posteriores e outros tópicos sobre Química, mas é razoável nos determos por aqui para não alongar essa discussão.

O obstáculo da substância é, talvez, o que possui maior influência no processo de ensino e aprendizagem em Química. Como Bachelard (1996, p. 121) pontua:

O obstáculo substancialista, como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo. É constituído por intuições dispersas e até opostas. [...] Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta (*grifos nossos*).

Dessa maneira, temos que a questão relacionada à substancialização pode se apresentar de diversas formas, enveredada por múltiplos conceitos e amalgamada em uma infinidade de concepções espontâneas e compreensões deturpadas do *conhecimento científico*. Um exemplo de processo de conceito substancializado é quando, no exemplo da atividade experimental que foi colocada anteriormente sobre a combustão do Magnésio, é indagado ao aluno uma descrição qualitativa do metal. A resposta “o Magnésio é prateado” é muito frequente e, até *suficiente* para alguns alunos. A resposta substancializada na qual a descrição suficiente é apenas uma

comparação com o aspecto da Prata revela a intensidade do obstáculo substancialista; ele é prateado, e é isso. É o bastante. A substancialização se encarrega de fazer com que essa colocação preencha quaisquer anseios da *mente científica* de querer saber mais sobre o objeto estudado, e cessa qualquer tentativa de erudição por parte do EspC. A substancialização pode se instalar na mente do aluno de tal maneira que, talvez, em verdade, se pedir para o aluno imaginar como é o aspecto de um átomo de Magnésio, ele imagine que o átomo tenha cor prateada. Como o filósofo pontua (BACHELARD, 1996, p. 122) "[...] a impressão de *profundidade* permanece uma impressão *superficial*; e isso é tão verdade que ela só se liga a sentimentos ingênuos, mal elaborados, entregues aos monótonos impulsos da natureza".

A simplificação excessiva dos fenômenos, objeto que contempla o *obstáculo verbal*, ao empregar comparações e alegorias em demasia, é poderosa para a formação e solidificação de erros conceituais. Há o empréstimo de termos comumente utilizados no senso comum para o contexto científico, que, todavia, ressignifica o termo do ponto de vista teórico-conceitual, fazendo com que, frequentemente, o sentido utilizado no senso comum não corresponda a seu significado no âmbito científico. Esse fato pode culminar em uma série de obstáculos à compreensão de determinado conceito.

A alegoria do “pudim de passas”, com o modelo de Thomson é um ótimo exemplo sobre a consolidação conceitual de uma simplificação de um objeto de maior complexidade. A comparação é feita com tanta frequência que, efetivamente, quando o aluno pensa no referido modelo atômico, ele pensa em um pudim, e não em um átomo. O obstáculo verbal também se revela como um poderoso aliado do obstáculo substancialista quando Bachelard discute sobre os poderes da palavra “esponja”. Nas palavras do filósofo:

Aqui, vamos tomar a simples palavra *esponja* e veremos que ela permite *expressar* os fenômenos mais variados. Os fenômenos são expressados: já parece que foram explicados. São reconhecidos: já parece que são conhecidos. [...] A função da esponja é de uma evidência clara e distinta, a tal ponto que não sente a necessidade de explicá-la (BACHELARD, 1996, p. 91, grifos do autor).

Bachelard (1996, p. 91) finaliza falando que a esponja, nesse caso, instaura-se e se impõe como “um *denkmittel*¹² do empirismo ingênuo”, ou seja, a esponja é um

¹² Do alemão: meio ou ferramenta com o propósito de auxiliar o pensamento.

construto mental que por si só desencadeia uma série de raciocínios e pensamentos, como se fosse uma espécie de gatilho. Esse movimento mental nos preenche de maneira a concebermos que já entendemos determinado conceito se este for apresentado como um análogo de uma esponja ou possua atribuições de uma esponja. É muito comum nas ciências exatas a ocorrência de “esponjas”, de *metáforas* que trazem consigo uma rede de ideias e pensamentos pré-moldados e que são utilizados na exemplificação e detalhamento de diversos conceitos.

Dessa forma, nesta seção procuramos realizar uma caracterização do EspC, primeiramente trazendo uma caracterização baseada no que foi ajuntado ao longo deste capítulo; em seguida, foram apontadas as condições necessárias para que ele seja formado, com base nas palavras de Gaston Bachelard e posteriormente na proposta de Kasseboemer e Ferreira (2013). Proposta tal que readequamos para atender nossos achados sobre o tema. Em seguida, partimos para a caracterização do EspC, demonstrando quais são os seus atributos comportamentais e atitudinais quando colocado diante da lide científica. As atribuições, por sua vez, foram realizadas ao colocar situações hipotéticas nas quais o EspC se encontra em intenso conflito com os obstáculos epistemológicos que se dispõem no seu caminho, os quais possuem o intuito de desviá-lo da *Experiência Científica* e impedi-lo de obter o conhecimento científico, fecundo e indireto. Por fim, elencamos alguns obstáculos epistemológicos e como eles ocorrem no ambiente acadêmico, no âmbito do Ensino Superior.

Com isso, encerramos este item, e prosseguimos para o último item deste capítulo, em que discutimos o conceito da *Experiência Exigente* e o processo de retificação de erros.

A Experiência Exigente e o processo de retificação de erros

Para finalizar a exposição das ideias de nosso referencial teórico, expomos e desenvolvemos o conceito *primevo*, sob o qual este trabalhou se desenvolveu: A *Experiência Exigente*. Bachelard (1996, p. 296) descreve esse conceito em um dos últimos capítulos de seu livro, e o define como “a experiência que ‘falha’” (aspas do autor).

Mas a qual exigência o filósofo se refere? Refere-se à exigência *espiritual* da experiência realizada. Quando a experiência é mal concebida, de maneira a não sofrer um processo de retificação (em virtude da ocasião da falha), ela é uma experiência

pobre espiritualmente. Para Bachelard (1996), a experiência, necessariamente, deve *desafiar* o EspC; por meio do desafio, ela possivelmente proporcionará o enriquecimento, o renovo espiritual, e pode contribuir de maneira grandiosa ao EspC. O desafio é a força motriz indispensável e insubstituível no combate aos obstáculos epistemológicos. No contexto do ensino, ele permite que o aluno contemple o conhecimento fecundo que é obscurecido pelas armadilhas sensoriais, de maneira que o aluno não seria contido ou satisfeito com a *imagem imediata* do fenômeno.

Uma pergunta surge naturalmente: o que é essa falha, esse *erro*? Quais são as características especiais desse erro? Decerto, o erro não deve ter natureza aleatória, ou instrumental. Esse erro é *útil*, é um *erro positivo*, é passível de proporcionar fruição intelectual ao cientista. Na ocorrência do erro, voluntariamente um questionamento poderá surgir na mente do aluno; por sua vez, este seria motivado, *intrinsecamente*, pela intriga e curiosidade em saber qual é a origem do erro. Ele, então, partiria para um processo de elevação intelectual e espiritual, compondo uma hipótese resolutive a qual, caso satisfaça o experimento, terminaria o procedimento de retificação.

O grande ponto é que, como comentado anteriormente, o EspC deseja saber, para melhor questionar; ele não se saciará com o sucesso na retificação do experimento desenvolvido. Ele pode conceber novas ideias, pensar em outros experimentos ou outros ofícios científicos, e estaria, então, engajado no ciclo interminável de busca do EspC por conhecimento. Essa é a característica fulcral da *Experiência Exigente*: a imersão do aluno em um processo contínuo de elevação espiritual, por meio de um processo dialético, não linear e inexato de construção do próprio conhecimento (ZYTKUEWISZ; BEGO, 2018).

Acerca da relevância do erro no campo intelectual, Bachelard seleciona um comentário do filósofo Italiano Federigo Enriques¹³:

Reduzir o erro a uma distração da mente cansada significa considerar apenas o caso do contador que enfileira números. O campo a explorar é bem mais amplo, quando se trata do verdadeiro trabalho intelectual (ENRIQUES, 1934 *apud* BACHELARD, 1996, p. 298).

No decorrer do tópico, Bachelard (1996, p. 298-299), por sua vez, faz uma colocação singular acerca da ocorrência do erro e a progressão natural da dificuldade em retificar as experiências correntes no *continuum* da construção do conhecimento científico:

¹³ ENRIQUES, F. *Signification de l'histoire de la pensée scientifique*. Paris, 1934, p. 17.

Ao longo de uma linha de objetividade, é preciso, pois, dispor a série dos erros comuns e normais. Assim, seria possível sentir todo o alcance de uma psicanálise do conhecimento, se essa psicanálise fosse um pouco mais extensa. Essa catarse prévia, não a podemos efetuar sozinhos, e é tão difícil empreendê-la como psicanalisar a si mesmo. Só conseguimos determinar três ou quatro grandes fontes de erro para o conhecimento objetivo. Vimos que a dialética do real e do geral se repercute nos temas psicanalíticos da avareza e do orgulho. Mas não basta livrar o espírito desses dois perigos. *É preciso determiná-lo em abstrações cada vez mais apuradas, eliminando erros cada vez mais capciosos (grifos nossos).*

É necessário fazer aqui um breve hiato para elucidarmos o significado de *psicanálise* para Bachelard, uma vez que é distante do significado consagrado por Freud. Para Bachelard (1989 *apud* LOPES, 1996), psicanalisar o conhecimento objetivo é retirar dele todo o caráter subjetivo, e remover toda a influência de valores inconscientes que estão presentes na própria base do conhecimento empírico e científico¹⁴. À luz de Freud e Bachelard, Sisson e Winograd (2012) colocam que a metodologia psicanalítica tem como função primária realizar uma mediação entre dois elementos: o *sentido* do problema e os *dados* coletados com a consequente organização posterior do conhecimento obtido, ou seja, a criação de uma *racionalidade* e *teoria* específicos. “Somente assim é possível construir um conhecimento, já que para Freud a ciência exigiria a separação das ilusões e dos aspectos emocionais (...), a intuição, a revelação ou adivinhação” (SISSON; WINOGRAD, 2012, p. 158). A psicanálise freudiana é definida da seguinte forma, pelo próprio Freud (1923 *apud* SISSON; WINOGRAD, 2012, p. 155)

Psicanálise é o nome: 1) de um procedimento que serve para indagar sobre processos anímicos dificilmente acessíveis por outras vias; 2) de um método de tratamento de perturbações neuróticas, fundado sobre esta indagação; e 3) de uma série de intelecções psicológicas, alcançadas por este caminho, que pouco a pouco se foi constituindo em uma nova disciplina científica (*grifos nossos*).

O trecho supracitado traz uma definição tríplice para a psicanálise, colocando-a enquanto teoria, técnica e tratamento (SISSON, WINOGRAD, 2012), mas observa-se que Freud contempla, à sua maneira, a postura bachelardiana de psicanálise. Como Freud (1923 *apud* SISSON; WINOGRAD, 2012, p. 249) coloca, “Igual a química ou a física, (a psicanálise) suporta que seus conceitos máximos não sejam claros, que suas premissas sejam provisórias, e espera do trabalho futuro sua melhor precisão”.

Retomando a discussão, a ideia proposta em nosso trabalho é a interposição de um erro no contexto de ensino e aprendizagem de química em laboratório didático.

¹⁴ Para uma reflexão mais profunda sobre a psicanálise do conhecimento objetivo, confira Bachelard (1989, p.16)

O erro, por sua vez, atuará de maneira a abstrair do aluno a *presunção da previsibilidade*, que possui o potencial de tornar a atividade experimental ociosa para a mente e o espírito. Sem poder prever qual é o resultado do experimento, a mudança postural no aluno é possivelmente inevitável; o conforto proporcionado pela obviedade do resultado final não é mais, e no lugar do conforto, surgiria uma inquietação, a qual faria com que o aluno viesse a deixar a postura *passiva* e adotar um comportamento crítico e ativo com respeito ao experimento desenvolvido. A incerteza em relação ao sucesso do experimento seria, então, capaz de gerar cumplicidade entre o experimento e o aluno, e ele se tornaria intimamente comprometido e interessado no desenvolvimento consciente da atividade experimental (GIORDAN, 1999).

Apoiando as ideias do parágrafo anterior, Carvalho (2014) coloca que, sob uma perspectiva *piagetiana*, o erro quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina muito mais do que aulas expositivas. Assim, o erro poderia fornecer os subsídios para a superação da visão deformada de a ciência se dar em termos de um regime linear e exato. Tal superação seria indispensável na formação do futuro cientista, que potencialmente é capaz de fazer juízo das suas empreitadas e as de outras pessoas, seguir os passos do trabalho científico e, finalmente, ser apto a construir o conhecimento científico (ZYTKUEWISZ; BEGO, 2018).

Assim, fechamos esta seção, na qual dispomos diversas perspectivas e teses sob as quais nosso trabalho se debruça. Assentando-as sob a luz da obra de nosso referencial teórico, Gaston Bachelard, definimos e circundamos o que seria a *experiência comum*, e fizemos uma proposta para transformar a *experiência comum* em uma *Experiência Científica*. Em seguida, propomos uma readequação dos requisitos necessários para a formação do EspC com base no trabalho de Kasseboemer e Ferreira (2013), seguida de uma caracterização do EspC e definição de alguns obstáculos epistemológicos, utilizando-se de situações hipotéticas nas quais o EspC se confronta com tais obstáculos. Finalizamos, então, pormenorizando o conceito da *Experiência Exigente*, ilustrando como esse conceito dialoga com os tópicos anteriores e como a *Experiência Exigente* é capaz de possivelmente prover grande fruição intelectual do aluno. Essas bases deram fundamento para a proposição inédita do erro positivo no contexto das atividades experimentais no laboratório de química.

Colocadas essas perspectivas, no próximo capítulo temos a exposição sobre o Ensino Por Investigação, trazendo um histórico da perspectiva ao longo das décadas

e as diversas mudanças e facetas que ela assumiu, bem como fatores que se opõem a sua aplicação e, por fim, revelando a estratégia metodológica que esse trabalho adota.

Ensino por Investigação

Para as seções introdutórias deste capítulo, o texto se debruça sobre o capítulo de livro de DeBoer (2006), no qual o autor discursa sobre as características gerais e perspectivas históricas do *inquiry*, ou Ensino por Investigação¹⁵. De acordo com o autor, é comum encontrar nos textos acadêmicos referências ao Ensino por Investigação como se fosse uma abordagem recente e inovadora, porém existem evidências muito concretas de que ela faz parte do leque das abordagens metodológicas de ensino desde, pelo menos, a metade do século XIX.

Para fins de definição, DeBoer (2006) sugere que investigar é procurar por algo, apurar algo. Um processo de busca, de tentativa de descobrir algo. “[...] quando você investiga algo, você está deliberadamente colocando uma busca por algo que você não sabe” (St. JOHN, 1999 *apud* DEBOER, 2006, p. 18). Como a investigação é realizada, quais são as regras e protocolos a serem seguidos de maneira a coletar dados e evidências válidos, todas as variadas técnicas e metodologias são alicerces que fundamentam o processo investigativo. Dessa maneira, é possível tanto usar o Ensino Por Investigação para simplesmente delinear ao aluno a natureza questionadora e indagatória da ciência, ou revelá-lo um aprendizado profundo e detalhado sobre os mais variados protocolos e procedimentos de determinado ramo da ciência (DEBOER, 2006).

DeBoer (2006) sugere que o Ensino Por Investigação espelha a pesquisa científica ao trazer para o aluno atividades como o questionamento e discussão, a investigação e resolução de problemas. Similar ao cientista, que conduz suas pesquisas e trabalhos em laboratório e posteriormente discute com seus parceiros, os alunos também realizam investigações e as discutem com seus amigos e colegas de grupo em atividades experimentais investigativas. Da mesma forma que os cientistas têm a pretensão de compreender o mundo e seus fenômenos (naturais ou técnicos) por meio da investigação científica, os alunos tentam construir e aperfeiçoar seus conhecimentos científicos e sobre ciência com a atividade experimental investigativa.

A partir da vasta possibilidade de aplicações e as potencialidades do Ensino Por Investigação, diversos acadêmicos tentaram trazer essa perspectiva como parte

¹⁵ Apesar do termo na língua inglesa mudar de significado ao longo das décadas, essa é atualmente a tradução mais acurada para essa perspectiva metodológica.

integrante dos currículos científicos. Mas, como podemos observar, os esforços produziram pouco sucesso. DeBoer (2006) sugere alguns motivos para a dificuldade de implementar a perspectiva investigativa, como, por exemplo, o descuido dos professores em compreender quais são os princípios básicos que norteiam essa perspectiva e quais seriam os objetivos a serem alcançados com ela. O autor prossegue colocando que se os educadores possuíssem uma noção mais clara de seus objetivos e conseguissem aliar os aspectos característicos da perspectiva investigativa a esses propósitos, o Ensino por Investigação seria muito mais utilizado do que o é atualmente.

Talvez o motivo mais relevante para a investigação não possuir maior sucesso seja o fato de sua natureza essencial ser frequentemente mal compreendida [...] como se os estudantes apenas tivessem que fazer coisas, fazer atividades como se elas tivessem um fim em si mesmas. Atividades sem substância são inúteis [...] quando a investigação é identificada com atividades de baixo nível cognitivo, ela é fadada a falhar (DEBOER, 2006, p. 20-21, tradução livre).¹⁶

Foram feitas, então, algumas colocações preliminares sobre a perspectiva investigativa, tais como suas potencialidades e atributos que lhe conferem um *status* de escolha primorosa para o ensino e aprendizagem, sendo também colocadas algumas ponderações sobre o porquê tal perspectiva é tão pouco utilizada (ou até ausente) apesar de tais potencialidades. Assentadas essas primeiras palavras, a próxima seção traz informações que remontam ao século XIX com as origens do *inquiry* e como ele evoluiu por meio de transformações sociais, científicas e políticas de cada período.

Perspectivas históricas e definições atuais para a investigação

No começo do século XIX, o currículo escolar europeu e americano era muito diferente do atual, trazendo como disciplinas os estudos clássicos, como a matemática e a gramática (DEBOER, 2006). Esse molde apenas começou a sofrer mudanças quando acadêmicos e cientistas europeus e americanos promoveram a valorização da ciência enquanto disciplina com o fim de auxiliar no desenvolvimento intelectual do indivíduo. Enquanto que a matemática e a gramática ofereciam ao aluno, em um contexto geral, o aprendizado de regras e da lógica, a disciplina de ciência poderia

¹⁶ No original, em inglês: Perhaps the most important reason why inquiry teaching has not enjoyed more success is because its essential nature is often misunderstood (...) as simply having students do things, with students performing activities as if the activity were an end in itself. Activities without substance are useless. (...) When inquiry teaching is identified with low-level activity-based teaching, it is bound to fail (DEBOER, 2006, p. 20-21).

aproximá-lo da lógica indutiva, na qual o aluno a partir de suas observações dos fenômenos poderia obter princípios gerais sobre a natureza. Esse era o diferencial que os acadêmicos trouxeram como sustentáculo para a implementação da ciência enquanto disciplina: a observação de fenômenos e a consequente interpretação com a racionalidade indutiva. Com a emergência das tecnologias científicas da época, a sociedade valorizava mais a ciência e o meio científico adquiria um papel sociopolítico mais relevante a cada dia.

Um dos principais embaixadores da ciência foi o biólogo Thomas Huxley (1825-1895). Presidente da *Royal Society*, foi responsável pela popularização da ciência com suas frequentes palestras e ensaios nos quais comentava sobre a importância da ciência no currículo escolar.

A grande peculiaridade do aprendizado científico, o qual torna inexecutável sua substituição por qualquer outra disciplina, é o aproximar da mente ao fato, e treinar o intelecto nos protocolos da indução; ou seja, a capacidade de tirar conclusões de fatos particulares conhecidos pela observação imediata da natureza (HUXLEY, 1899 *apud* DEBOER, 2006, p. 22, tradução livre)¹⁷

A visão de Huxley sobre o aprendizado científico de imediato remete ao laboratório didático (apesar de esse termo ainda não existir na época) e, com base nessa ótica, o aprendizado da ciência recebeu suporte de diversos outros intelectuais proeminentes na época, um deles Herbert Spencer (1820-1903). Cientista e filósofo influenciado pelo positivismo, Spencer acreditava que o laboratório seria capaz de proporcionar ao aluno a chance de desenvolver uma concepção clara dos fenômenos naturais, algo que os livros não eram capazes de fazer. Spencer ainda conjecturava mais benefícios: colocar os alunos em contato direto com os fenômenos e “objetos naturais” e tirar conclusões próprias faria com que o aprendizado fosse mais consistente e desvincularia a aprendizagem da figura do professor. A figura do aprendiz deveria ser estimulada para fazer suas próprias investigações, nas quais deveria ser dito para ele o mínimo possível para que, assim, pudesse *descobrir* o máximo possível (DEBOER, 2006).

Outro acadêmico de influência que suportou a investigação em laboratório de ciências para o desenvolvimento do raciocínio indutivo foi Charles Eliot (1834-1926),

¹⁷ No original, em inglês: “The great peculiarity of scientific training, that in virtue of which cannot be replaced by any other discipline whatsoever, is this bringing of the mind directly into contact with fact, and practicing the intellect in the complete form of induction; that is to say, in drawing conclusions from particular facts made known by immediate observation of nature.

químico e presidente da universidade de Harvard na época. De acordo com Eliot, o ensino de ciências nos níveis primário e secundário auxiliaria o desenvolvimento e a disciplina dos “poderes mentais” sob os quais a ciência foi criada e é cotidianamente nutrida – o poder de observar, a capacidade de indução e o julgamento justo e proporcional dos fatos. Apesar dos esforços dos intelectuais citados e de vários outros que não constam aqui, o laboratório de ciências não vingou como opção de estratégia didática até a virada do século. Apesar de ser bem aceito e aprovado por virtualmente todos os professores de ciências, foi ofuscado pelo livro didático, de maneira a presumir que “o ensino em laboratório era incidental, ineficiente e até mesmo completamente desprezível”¹⁸ (USNY, 1900 *apud* DEBOER, 2006, p. 24, tradução livre).

Em 1902, os cientistas Alexander Smith e Edwin Hall publicaram um livro¹⁹ voltado para o ensino secundário, o qual trazia argumentos contra o uso do Livro didático para as ciências e como o currículo de ciências poderia ser aperfeiçoado. Smith, químico, defendeu que o ensino de química deveria ser majoritariamente composto de atividades experimentais, utilizando o máximo possível a abordagem da *descoberta* pelos alunos, o que implicaria em uma compreensão dos fatos e princípios da ciência química, bem como suas aplicações no cotidiano. Para Smith, estudar química da maneira que ele propôs auxiliaria no desenvolvimento da habilidade dos alunos de pensarem, compararem e raciocinarem *indutivamente*. O laboratório de química seria ambiente tanto para atividades *verificativas* como também atividades de *descoberta*. Smith acreditava que o laboratório era o melhor lugar para colocar o aluno no papel de *investigador, descobridor*²⁰ dos conhecimentos científicos (DEBOER, 2006).

Porém, o químico também reconheceu um problema: as atividades baseadas na descoberta, quando conduzidas de maneira independente pelos alunos, demoravam muito para serem realizadas. Desse modo, Smith conjecturou que a melhor maneira de empregar essa perspectiva seria por meio de uma *descoberta guiada*; o professor propunha as questões que norteariam a experiência, dava sugestões sobre o que

¹⁸ No original, em inglês: “[...] laboratory work is incidental, inefficient, and in many cases excluded altogether.”

¹⁹ The teaching of chemistry and physics in the secondary school. New York: Longmans, 1902.

²⁰ Enfatizamos, para esclarecimento, que nessa época o descobrimento (discovery) e a investigação (inquiry) possuíam sinonímia. Atualmente não há quaisquer relações entre o ensino por descoberta e o Ensino Por Investigação.

poderia ser feito e auxiliava os alunos no processo de descoberta. Dessa maneira, o tempo gasto com a atividade experimental era drasticamente reduzido.

Hall, por sua vez, um físico, propôs algumas atividades experimentais baseadas nos princípios da perspectiva investigativa²¹, sendo elas três: i) a abordagem *heurística* ou *descoberta verdadeira*, na qual era concedido aos alunos liberdade máxima para poderem explorar os fenômenos naturais. Assim como Smith, Hall também concluiu que essa abordagem exigia muito tempo e, como agravante, os alunos, no geral, não possuíam a perícia mental ou equipamentos necessários para obter boas sínteses, resultando por vezes em apenas conclusões superficiais; ii) a *verificação*, na qual os alunos verificavam fatos e princípios ensinados no laboratório. Apesar da abordagem *aparentemente* auxiliar no fortalecimento dos conceitos científicos nos alunos, Hall notou que a metodologia levava os alunos a atitudes não-científicas, como, por exemplo, ignorarem dados que não suportavam o *resultado correto*; iii) a *descoberta guiada*, a qual Hall nomeou como *investigação*. Nessa abordagem, os alunos tinham que procurar por soluções de problemas propostos pelo professor, o qual por sua vez privava-lhes o acesso à resposta e maiores esclarecimentos. Dessa forma, os alunos ainda estariam agindo genuinamente como investigadores, porém sem estarem completamente desorientados como na primeira proposta, nem apenas confirmando um conhecimento já aprendido como na segunda proposta (DEBOER, 2006).

No começo do século XX, o ensino de ciências recebeu novas influências, com o filósofo americano John Dewey (1902-1990). Para Dewey, quanto mais focado na experimentação o ensino fosse, mais interessante se tornaria e mais facilmente seria possível o diálogo entre a experiência em sala de aula e os problemas cotidianos da sociedade²². Ocorre, então, uma mudança de paradigma nas intenções com que se utiliza a investigação, deixando para trás a racionalidade indutiva e se debruçando sobre a capacidade de resolver problemas cotidianos específicos (DEBOER, 2006). Essa noção evoluiu para uma concepção mais abrangente, alçando o entendimento

²¹ É interessante notar que essas proposições realizadas por Hall, especialmente a primeira e a última (apesar da nomenclatura utilizada por Hall provocar atritos com a nomenclatura adotada atualmente), são os primeiros esboços consistentes de como uma atividade experimental investigativa poderia ser conduzida, considerando a maneira com que concebemos a perspectiva investigativa nos dias de hoje.

²² Não será discutido em detalhe os aspectos de Dewey acerca da formação do cidadão em contexto com a sociedade; para uma leitura preliminar, recomendamos a leitura do capítulo de livro do DeBoer (2006).

de que o laboratório de ciências seria o lugar para ensinar aos alunos o “modo científico de pensar”, com atividades experimentais orientadas de maneira a contextualizar e trazer problemas com significância social. Os problemas levantados deveriam servir para solucionar os próprios problemas íntimos dos alunos. Apesar de não ser universalmente aceita²³, muitos educadores e acadêmicos acreditavam que o laboratório de ciências deveria ser utilizado com o fim de trazer problemas com relevância para os alunos e relacionados com questões sociocientíficas (DEBOER, 2006).

Esse enfoque, porém, recebeu duras críticas no começo da década de 1950, momento em que um grupo crescente de cientistas e educadores sugeriram que o ensino de ciências havia perdido seu rigor e se tornado superficial. A educação se tornou algo exacerbadamente voltado para o aluno e para aplicações práticas, e estava cada vez mais distante do fato científico. Foi proposto, então, que o ensino de ciências deveria ser *ensinado* da maneira como ela era *praticada* pelos cientistas, para assim torná-lo o mais *autêntico* possível (DEBOER, 2006). Os alunos deveriam aprender os aspectos fundamentais das disciplinas científicas por meio do engajamento em experimentos que *imitavam* a maneira com que os próprios cientistas produziam novos conhecimentos, constituindo, assim, uma espécie de *investigação científica*. As metodologias mais aptas para esse fim seria o *aprendizado por descoberta*, a *resolução de problemas* e as abordagens *indutivas* de ensino.

A distinção principal dessa proposta da década de 1950 em relação à que foi posta no começo do século XX é o fato de, na primeira, ocorrer uma preocupação muito maior com a imitação do ofício científico. Isso era traduzido em um elevado rigor intelectual das atividades experimentais. A pretensão era de que, caso o aluno viesse a seguir uma carreira científica, ele já estivesse familiarizado com os métodos e situações comuns ao meio científico. Ou, em caso contrário, ele tivesse uma visão realista e acurada sobre como se faz ciência. O intelectual mais associado a essa reforma que gerou a noção de *investigação científica* foi Joseph Schwab (1909-1988), um dos principais nomes da Universidade de Chicago na época. Para Schwab, o aluno não deveria necessariamente ser capaz de conduzir investigações por si só, mas

²³O acadêmico Francis Curtis, da NSSE (National Society for the Study of Education) acreditava que a interpretação de dados e fenômenos científicos no geral estava aquém da capacidade dos estudantes, e que as investigações na maneira como eram conduzidas seriam de uso restrito para o aluno, pois apenas uma pequena parcela se engajaria com a carreira científica.

deveria ser capaz de compreender a natureza da investigação científica como sendo algo dinâmico e em constante mudança, bem como compreender os fatos científicos a partir das evidências coletadas na atividade experimental. O propósito da *investigação científica* era habilitar aos alunos uma compreensão mais adequada sobre a NdC, e não a habilidade de conduzir sozinhos experiências.

Dos dois componentes – ciência como investigação e a ação de investigar – a primeira deve receber prioridade como o objetivo do ensino de ciências no ensino secundário. É a visão de ciência como investigadora que devemos desenvolver ao público e que a nossa nação necessita urgentemente (SCHWAB, 1962 apud DEBOER, 2006, p. 29, tradução livre).²⁴

No entanto, essa nuance da perspectiva investigativa não se revelou tão adequada na prática. Em verdade, a elevada sofisticação conceitual que lhe era requerida findou em uma grande dificuldade dos alunos desse período para lidarem com as disciplinas de ciências. A evidente ruptura entre a aplicação cotidiana do fato científico impedia o reconhecimento da necessidade da aprendizagem da ciência pelos alunos, bem como dificultava o desenvolvimento de um interesse próprio do aluno pelo aprendizado, suporte de valor imensurável para a formação do cientista (DEBOER, 2006).

Alguns anos após as contribuições de Schwab e outras modificações da perspectiva investigativa²⁵, o *National Research Council* tratou de padronizar e dar uma forma definida para o que caracterizaria e definiria uma rotina investigativa de ensino e aprendizagem. A investigação possuía um *status* de primor entre os acadêmicos (BARROW, 2006) e era considerada capaz de combinar os fatos científicos com o conhecimento científico que era ministrado aos alunos. Potencialmente auxiliando os alunos no desenvolvimento do pensamento crítico, além de enriquecer e aprofundar seus conhecimentos sobre ciência. Essa nuance contextualizadora da investigação foi largamente suportada e promovida por documentos na década de 1990, como o NSES (*National Science Education Standards*) e o AAAS (*American Association for the Advancement of Science*).

²⁴No original, em inglês: Of the two components – science as inquiry and the activity of inquiring – it is the former which should be given first priority as the objective of science teaching in the secondary school. It is a view of science as inquiry which is necessary if we are to develop the informed public which our national need urgently demands.

²⁵Recomendamos a leitura de Barrow (2006), DeBoer (2006), Hofstein (1982) para maiores esclarecimentos sobre o período entre a década de 1960 e 1990, o qual foi suprimido neste texto em função de estar fora de seu escopo.

Para auxiliar na padronização das atribuições e potencialidades da perspectiva, o *National Research Council* (2000 *apud* BARROW, 2006, p. 268) publicou o documento denominado “*Inquiry and the National Science Education Standards*”. O documento identificava algumas características essenciais da metodologia investigativa *independentemente do nível de ensino* (BARROW, 2006, p. 269-270):

- Questões orientadas cientificamente para engajar os estudantes na investigação;
- Dados coletados que permitem aos alunos o desenvolvimento e proposição de explicações para as questões colocadas;
- Explicações desenvolvidas por meio da análise dos dados para contemplar as questões colocadas;
- Crítica de suas explicações, o que pode também trazer consigo explicações alternativas que podem refletir uma compreensão adequada do assunto abordado, bem como a comunicação e justificativa de suas propostas resolutivas.

O documento também trouxe uma lista constando as habilidades fundamentais que uma rotina investigativa é capaz de desenvolver. Para eles, uma aula norteada pela perspectiva investigativa deve trazer elementos como: desenvolvimento da habilidade de identificação de questões e conceitos que guiam as investigações (os alunos formulam hipóteses razoáveis e um método apropriado para utilizarem); concepção e condução de investigações de teor científico usando os mais diversos recursos disponibilizados; uso adequado da tecnologia e artifícios matemáticos convenientes para aperfeiçoar a investigação, bem como a comunicação de seus resultados; por meio da lógica e das evidências colocadas, questionar e criticar as explicações científicas, bem como conjecturar explicações e modelos plausíveis; reconhecer e considerar modelos e concepções alternativas, acordando com o que é aceito atualmente pela comunidade científica e desenvolver a capacidade de expor e defender argumentos científicos (ao apresentar oralmente ou em texto seus prospectos, bem como fazer bom uso das críticas recebidas).

Conforme o documento do National Research Council, a mudança no enfoque tradicional de ensino e aprendizagem deveria necessariamente passar por algumas mudanças, as quais estão dispostas no Quadro 1.

Quadro 1. Mudanças de enfoque no ensino propostas pelo *National Research Council*.

Menos ênfase	Mais ênfase
Atividades que demonstram e verificam os fatos científicos	Atividades que investigam e analisam fatos científicos
Investigações reclusas ao período de uma aula	Investigações que se desenvolvem por períodos extensos de tempo
Desenvolvimento de habilidades sem contextualização	Desenvolvimento de habilidades em contexto
Ênfase em processos individuais como observação e inferência	Compreensão de processos mais abrangentes que envolvam a manipulação e cognição
Obtenção de uma resposta	Uso de evidências e estratégias para desenvolver ou criticar uma explicação
Ciência como exploratória e experimental	Ciência como argumentativa e explicativa
Obter respostas para questões acerca dos fatos científicos	Reportar explicações científicas
Indivíduos ou grupos analisando e sintetizando dados sem defender uma conclusão	Grupos de alunos que por vezes analisam e realizam sínteses dos dados após defenderem uma conclusão
Conclusão de investigações com o resultado obtido	Teste dos resultados obtidos frente aos argumentos e explicações científicas
Manuseio de materiais e equipamentos	Manipulação de ideias e informações
Relatórios fechados ao professor das ideias e conclusões dos alunos	Comunicação pública das ideias e trabalhos dos alunos aos demais colegas de classe

Fonte: Adaptado de Barrow (2006, p. 270).

Apesar de ser frequentemente associada ao bom ensino e aprendizado da ciência, a perspectiva investigativa enfrenta, há várias décadas, diversas dificuldades para sua implementação, algumas delas sendo discutidas durante a exposição de seu desenvolvimento ao longo dos séculos. Discutimos na seção seguinte alguns fatores que, na atualizada, entram e impedem a investigação enquanto perspectiva de permear um número maior de aulas e experimentos.

Entrepostos para a aplicação da perspectiva investigativa

Esta seção é aberta com uma discussão para o contexto brasileiro por meio de um trecho dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para as Ciências da Natureza, tratando do ensino de física:

O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento

através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver (BRASIL, 2000, p. 22).

Apesar do trecho acima se referir ao ensino de física, ele também contempla largamente o ensino de química no que se refere aos fatos evidenciados no texto. Ocorre uma crítica ferrenha à maneira tradicional de ensino, descontextualizada, superficial e pouco motivadora. Há até um diálogo com as visões deformadas propostas por Gil-Pérez e colaboradores (2001), quando se comenta sobre a ciência ser um produto acabado, fruto do trabalho de gênios isolados. O conhecimento não é construído, mas é, em verdade, sovado na mente dos alunos por meio da enunciação de conceitos e leis isolados e distantes de seu contexto, perpetrado na marra com a aplicação de exercícios sem maior significado e de natureza exaustiva e repetitiva.

Porém, mesmo com um documento oficial que critica a postura tradicional, do ensino propedêutico, e que posteriormente sugere o ensino por investigação como alternativa válida para o ensino e aprendizagem das ciências (BRASIL, 2000), a abordagem tradicional ainda é preconizada frente não só à investigação, como também a diversas outras abordagens validadas para o ensino e aprendizagem. Quais seriam os motivos para essa constatação?

Alguns indícios para responder tal questão são apontados já há algum tempo na literatura. Lawson e Costenson (1986), por exemplo, discutem, propõem e categorizam os motivos para a perspectiva investigativa ser pouco utilizada ou ausente nos protocolos de ensino. Para começar, os autores colocam um item que possui *status* de lugar-comum nessa lide: tempo e energia gastos com uma atividade investigativa. Segundo eles, é comum que professores argumentem que as práticas investigativas demandam muito tempo para alcançar seus objetivos e são exaustivas tanto para o professor quanto o aluno. Lawson e Costenson são impactantes com suas palavras ao dizer que o problema reside nos professores não desejarem abrir mão da rotina simples que o livro didático e os protocolos de ensino tradicionais possibilitam, facilitando o ofício do docente. Os autores concordam que o laboratório investigativo demanda mais tempo, porém afirmam que esse tempo gasto é subtraído da ausência das longas aulas expositivas, comuns ao ensino tradicional. Acerca da demanda de energia do professor, Lawson e Costenson (1986) sugerem que atividades experimentais investigativas podem ser até menos cansativas do que

atividades experimentais tradicionais, uma vez que o protagonista da ação não é o professor, mas, sim, o aluno.

Professores, de acordo com Lawson e Costenson (1986), também reclamam de uma consequência do último quesito; a demora *implícita* para a realização de atividades experimentais investigativas. Em virtude de possuírem um currículo, uma ementa estritamente desenhada, o tempo necessário para realizar tais atividades inevitavelmente comprometeria o fechamento curricular proposto. O autor, porém, rapidamente acerta o contrapé do argumento: uma atividade experimental investigativa é demorada *para quem*? Qual é a finalidade de *transmitir* todo o currículo delineado, se o aprendizado residirá em uma camada rasa, superficial? Como exemplo, Lawson e Costenson (1986) comentam que o livro didático de biologia do ensino médio americano possui 52 capítulos a serem abordados durante o ano. Haja vista o fato de o ano escolar possuir aproximadamente 36 semanas, isso implica em algo em torno de 1,5 capítulos corridos por semana. Há de se convir, é impraticável cobrir tanto conteúdo e promover uma aprendizagem eficaz e significativa aos alunos. Assim, os autores afirmam que a investigação, apesar de não possibilitar uma cobertura maior de tópicos estudados, ela é capaz de proporcionar uma aprendizagem muito distinta da proporcionada pela perspectiva tradicional. Para os autores, deveria ser muito mais interessante, e opção imediata do professor, a proposição de metas educacionais que girassem em torno de uma aprendizagem melhor dos conteúdos pelos alunos, em vez de preconizarem por maximizar a quantidade de conteúdos transmitidos em detrimento de sua aprendizagem significativa.

A próxima questão levantada por Lawson e Costenson (1986) é, talvez, um dos maiores entrepostos para a emergência da perspectiva investigativa: fatores extrínsecos, principalmente terceiros. A metodologia investigativa é, por vezes, mal compreendida e frequentemente requer múltiplas tentativas de campo até ser refinada para satisfazer os propósitos intrínsecos da metodologia, bem como os propósitos particulares do professor. Até chegar lá, é possível que seus colegas docentes, bem como pessoas com cargos administrativos venham a conjecturar que o professor não está cumprindo com o seu ofício²⁶. Para esse efeito, Lawson e Costenson (1986)

²⁶ Abrindo um parêntese no raciocínio do autor, no nível superior isso é menos impactante, pois a liberdade que o professor universitário possui frente ao currículo e à disciplina que ele leciona costuma ser muito maior do que a de um professor da Educação Básica. Isso, porém, não isenta o professor de ser questionado e pressionado por seus pares e órgãos competentes da universidade.

colocam de maneira taxativa que a figura do professor expositor, que *transmite* o conhecimento é completamente oposta à do professor investigador, que auxilia na construção do conhecimento. Para os autores, existe sim, um risco indissociável às atividades experimentais investigativas, pois elas são imprevisíveis. No entanto, o professor investigador é hábil para lidar com tais situações e deve ser capaz de transformar situações inesperadas em ocasião *prima* para a construção do conhecimento.

O risco é elevado quando alguém desvia da norma. Falhas individuais tendem a fomentar críticas orientadas a metodologia de ensino e administradores não simpatizantes acompanharão tais críticas. (...) porém, pode a nossa sociedade permitir que professores continuem arriscando a perda de estudantes por conta da maçante experiência com o ensino tradicional? Os professores podem persistir na transmissão de fatos e conceitos desnecessários em vez de desenvolver o pensamento crítico e habilidades de resolução de problemas? (LAWSON; COSTENSON, 1986, p. 154, tradução livre).²⁷

Por último, nessa listagem, vem um dos fatores que é muito preponderante e, muitas vezes, permanece subjacente ou escondido sob outras colocações: os *hábitos de ensino*. “Eu ensino dessa maneira há 15 anos, eu não posso mudar agora”. Os motivos para essa postura variam largamente, desde o simples mecanismo natural da mente humana de sempre preferirmos a situação corrente frente à mudança por conta do conforto íntimo, até mesmo uma indiferença e desconsideração total a quaisquer outras metodologias de ensino que destoem da que o docente usa. Em todos os casos, Lawson e Costenson (1986) comentam que a melhor maneira de romper com esse entreposto é a revelação e o convencimento de que a perspectiva investigativa possui metas e potencialidades de ensino que vão além do que é possível com o ensino tradicional. Um ponto muito relevante, porém, é levantado pelos autores: professores tendem a ensinar, ministrar aulas, de maneira semelhante à qual foram ensinados. A experiência íntima de cada professor quando este foi aluno é muito preponderante na formação do futuro professor, um processo mental recôndito. Como a vasta maioria dos professores de ensino médio e superior optam pelas aulas expositivas, não é de surpreender que o futuro professor conceba internamente que essa seja a única postura possível para se ministrar aulas.

²⁷ Em inglês, no original do artigo: Risk is high when one deviates from the norm. Individual failures tend to be blamed on the method of instruction and unsympathetic administrators will often tend to agree [...] Yet, can our society continue to let teachers risk losing students by boring them day after day with expository teaching? Can teachers continue to risk the trade-off of memorizing unnecessary facts in exchange for good thinking and problem-solving skills?

Essa posição dos autores é, porém, questionada pela literatura mais recente (BEGO *et al.*, 2014) uma vez que se reconhece que o ofício do professor se dá em um contexto formal e institucionalizado. O professor está inserido em um complexo “equilíbrio de interesses” envolvendo ele mesmo, de cada um dos alunos (e da classe como um todo), a escola em que leciona e os pais dos alunos. Ainda temos o problema do aspecto tecnicista que é inerente à profissão docente; o professor possui horários estrangulados e uma carga horária demasiadamente grande a qual corresponde apenas ao ensino em sala e outras atividades estritamente relacionadas ao ofício. “As pesquisas e a formação continuada são excluídas do contrato de trabalho” (BEGO *et al.*, 2014, p. 177). Dessa forma, a mudança na metodologia de ensino inevitavelmente reflete em uma cascata de reações, oriundas das diversas esferas supracitadas, de maneira que tais mudanças não são, em hipótese alguma, tarefa de natureza trivial.

Para fechar esta seção, é importante evidenciar o fato de que, apesar de toda a comoção e entusiasmo com que a perspectiva investigativa foi retratada até aqui, ela não é o único modo para se ensinar ciências, e também não é a melhor maneira para se ensinar ciências em todas as circunstâncias. O uso da investigação não é um processo direto, “preto no branco”. De um lado, as atividades da disciplina podem variar de acordo com o grau de direção que o professor impõe e os graus de liberdade conferidos aos alunos. Se as questões investigadas pelos alunos, bem como os métodos de investigação são exageradamente delineados pelo professor, as atividades desenvolvidas podem culminar em um desejo não genuíno do aluno de querer investigar o problema, e assim potencialmente fazer o aluno se frustrar ao realizar as atividades. No outro extremo, se a atividade for demasiadamente livre e aberta para os alunos, eles podem se perder com suas investigações e aprender pouco sobre o problema indicado. A maneira, e qual nuance da abordagem investigativa deve ser utilizada pelo professor é uma questão que, inevitavelmente, depende de “quais são as metas que o próprio professor deseja alcançar com seus alunos, e deve sempre ser orientada acordando com o engajamento intelectual deles” (DEBOER, 2006, p. 21).

Feitas, então, essas importantes colocações sobre a perspectiva investigativa, como ela se desenvolveu ao longo das décadas e quais seriam alguns dos fatores mais preponderantes para o relativo insucesso nos diversos estratos educacionais, na próxima seção é feita uma contextualização filosófica sobre as atividades experimentais investigativas. O enfoque, que até então pretendia uma descrição mais

geral da investigação, pende para questões mais particulares desta pesquisa, que é a aplicabilidade da perspectiva investigativa no Ensino Superior.

Filosofia da ciência e atividades experimentais investigativas. Atividades experimentais investigativas no contexto do Ensino Superior. O Erro Positivo Controlado

No contexto da filosofia da ciência, teorias científicas atualmente não são mais vistas como produtos puramente empíricos advindos de um processo lógico, mas como ideias moldadas por meio da crítica, debate e revisão com a comunidade científica (KUHN, 1962 *apud* KIND *et al.*, 2011). No que se refere à psicologia do aprendizado, esta origina-se por intermédio de, por exemplo, atividades sociais mediadas, à luz da perspectiva Vygotskiana. Há de ser feita, então, uma mudança na postura *positivista* na qual as atividades experimentais vêm sendo desenvolvidas, que enfatizam e revelam uma noção de ciência e ofício científico divergente do factual; uma mudança que auxilie os alunos a contemplar as normas e práticas da ciência como ela de fato é (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Atividades experimentais, segundo a literatura aqui elencada, sugerem uma alternativa interessante para revelar aos alunos a arquitetura do conhecimento científico e da ciência. No entanto, como já discorrido em capítulo anterior, há diversos problemas nos fundamentos e na maneira com que tais atividades vêm sendo conduzidas. Tomemos uma atividade experimental qualquer situada no contexto de alguma disciplina experimental do curso de Química. Ela muito provavelmente terá um desenho que remeta à visão de ciência lógico-empírica que dominou a filosofia da ciência pouco mais que um século atrás, em vez de um desenho sócio-construtivista mais condizente com a visão atual (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). O “método científico” é apresentado em um arquétipo baseado em passos, linear e à prova de erros, que seguramente leva os alunos do ponto inicial até uma conclusão final, contanto que eles sigam rigorosamente tais passos. Assim, eles são guiados de maneira a evitar e se esconder da real natureza da ciência, devido à pífia necessidade de fazer com que os *dados corretos* sejam coletados e as *conclusões esperadas* sejam colocadas. Em verdade, os alunos, devido ao fato de realizarem um grande número de atividades experimentais planejadas dessa maneira, findam por apenas aprenderem e adquirirem competências elementares de resolução de problemas científicos. Essa padronização do ensino experimental vicia os alunos a depender de

roteiros (*scripts*) para resolverem problemas, e os impede de progredir além disso (KIND *et al.*, 2011).

Em um estudo recente, Abrahams e Millar (2008) observaram atividades experimentais escolhidas aleatoriamente, e o estudo concluiu que o ensino experimental *pareceu* ser eficaz em uma perspectiva superficial, uma vez que os alunos foram capazes de coletar os dados e realizaram as atividades. No entanto, pouco foram observados momentos de reflexão e crítica dos alunos para com os dados e resultados obtidos ou a metodologia empregada no experimento. Até mesmo a configuração comum na qual as atividades experimentais se desenvolvem, que foi em grupos, falha com seu intento inicial; ao invés dos alunos realizarem discussões e debates em grupo, eles simplesmente se organizam e se dividem na realização das tarefas prescritas pelo professor ou roteiro da prática. Ensinar aos alunos, então, sobre “o que é ciência, como fazer ciência e aprender ciência” (HODSON, 2005) requer disposição para enfrentarmos as dificuldades e obstáculos que se colocam em virtude da estagnação epistemológica que enrijece tais práticas.

Além das questões que circunscrevem o desenho da atividade experimental, há também uma problemática hierarquicamente mais relevante do que a escolha do desenho, que é a docência em todos os seus desdobramentos competentes. O professor deveria ser capaz de satisfazer dois papéis: o de norte na construção do conhecimento, atuando de maneira a proporcionar discussões científicas entre os alunos e encorajá-los a participar dessas discussões apresentando diversos pontos de vista e tecendo críticas aos de outros alunos; o outro papel é o de promotor de boas práticas científicas. O professor pode fazer isso, por exemplo, incitando o debate e colocando em pauta questões abertas que pretendam obter dos alunos justificativas fundamentadas no conhecimento científico que eles possuem.

Esses dois papéis cooperam de maneira a moldar ao professor uma imagem de parceiro do aluno, e distanciando-o do aspecto de mestre, onisciente e detentor de todo o conhecimento que o aluno *supostamente* deseja saber quando, em verdade, esse último sequer compreende o porquê do referido mestre ensinar-lhe ou questionar-lhe acerca do tópico ministrado. Nesse contexto, Bachelard (1989, p. 57-58) faz a seguinte colocação:

O mestre, no seu orgulho de ensinar, arvora-se como o pai intelectual do adolescente. A obediência, que no reino da cultura deveria ser uma pura consciência do verdadeiro, assume, em virtude do paternalismo usurpado dos mestres, um sabor insuportável de irracionalidade. É irracional obedecer a uma lei antes de estarmos convencidos da racionalidade dessa lei.

A literatura em educação em ciências descreve o laboratório como um contexto de elevada complexidade para o ensino e aprendizagem (HOFSTEIN; LUNETTA, 1982, 2004; HODSON, 2005). No ensino de *atitudes científicas* (planejamento, interpretação, avaliação e crítica, debate, coleta de evidências e argumentação) o Ensino Por Investigação é supostamente capaz de abarcar essa tarefa sem maior dificuldade. Essa perspectiva potencialmente é capaz de romper, na mente dos alunos, que fazer ciência trata-se de uma simples resposta para a pergunta “cheguei na solução correta?”, e encorajá-los a apresentar e discutir hipóteses diversas e soluções alternativas para um mesmo problema.

No entanto, quando pensamos em atividades experimentais, mais precisamente atividades experimentais investigativas, surge uma questão pertinente: *até que ponto a perspectiva do Ensino por Investigação pode ser sustentada?*

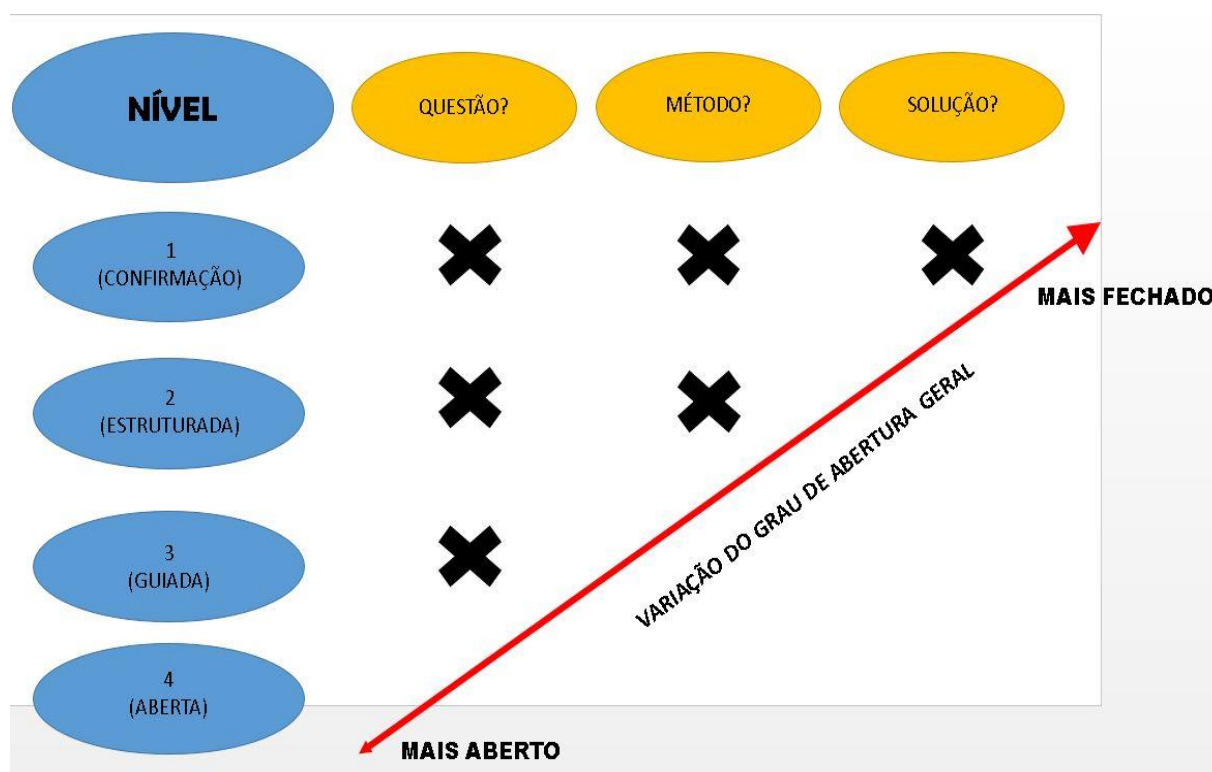
Como exposto anteriormente, é uma expectativa bem imediata a que a rotina de uma atividade experimental planejada, segundo a perspectiva investigativa, exija mais tempo para ser realizada do que sua equivalente positivista, devido à natureza não linear do progresso nesse tipo de abordagem. Essa exigência pode refletir, por exemplo, na necessidade de suprimir tópicos para poder concluir determinado curso em tempo hábil. Não obstante, ainda ocorre, atrelado ao ambiente laboratorial, o risco e perigo que lhe é característico, haja vista sua natureza. Esse risco, que já é existente nas experiências menos complexas que são realizadas no nível do Ensino Fundamental e Ensino Médio, só tende a aumentar com a periculosidade das atividades experimentais realizadas no contexto do Ensino Superior. No nível superior, frequentemente, os alunos manipulam e utilizam diversos reagentes das mais variadas classificações de risco existentes, desde a inócua água destilada, até compostos com elevado grau de toxicidade como triclorometano, gás sulfídrico, outros corrosivos como hidróxido de sódio em escamas, até mesmo um *blend* ácido de água régia em experimentos de síntese específicos.

Além dos inúmeros reagentes potencialmente danosos, temos também um grande número de vidrarias de laboratório e os mais diversos equipamentos, os quais exigem a perícia técnica do aluno que irá manipulá-los. Essa perícia é exigida não apenas por questão da segurança do aluno em questão, como também a manutenção da integridade funcional dos utensílios supracitados. Com certa frequência, os alunos utilizam em seus experimentos equipamentos que são de elevado custo. O mesmo aluno que maneja um vidro de relógio na experiência de uma semana, que cujo valor

é relativamente baixo, na experiência da semana posterior pode estar utilizando um espectrofotômetro que pode custar até alguns milhares de reais.

Unindo os fatores elencados acima, é inadequado – e imprudente até – deixar os alunos a mercê de si mesmos em um laboratório didático em cursos de nível superior. O professor deve, acima de tudo, zelar pela integridade dos alunos e da instituição na qual leciona, da melhor maneira possível. Durante uma atividade experimental investigativa no Ensino Superior, a escolha do grau de abertura a ser preconizado é de suma importância; ao passo que a liberdade que o docente pode proporcionar possa ser sedutora tanto aos olhos dele quanto dos alunos, a mesma, em excesso, pode trazer prejuízos tanto em nível material quanto em nível didático. De que adianta, por exemplo, trabalharmos em um desenho completamente aberto, com intervenção mínima do docente, se este não forneceu subsídios ao longo do curso para que os alunos sejam capazes de fruir de tal faceta da perspectiva metodológica? Em vão se gastarão horas e recursos. Na Figura 3 trazemos uma ilustração dos graus de abertura para uma atividade experimental investigativa didática (BELL; SMETANA; BINNS, 2005).

Figura 3: Graus de abertura para uma atividade experimental investigativa.



Fonte: Elaboração própria.

Analisando a Figura 3, temos diversos níveis para a elaboração e realização de uma atividade experimental investigativa. O nível 1 (confirmação) é o nível mais

superficial, no qual todos os elementos e instruções necessárias para a execução da atividade experimental, até mesmo o “resultado esperado”. Nesse estrato, temos uma atividade que está no nível confirmatório, e não seria inadequado dizer que não ocorre uma investigação factual aqui; a similaridade pende para o experimento tradicional nesse caso.

Para o nível 2 (estruturada) temos uma mudança bastante significativa, com a ausência de uma solução explícita para o problema. Nesse caso, o aluno (ou grupo) deve levantar e propor hipóteses resolutivas as quais devem ser fundamentadas apropriadamente para alcançar uma solução. Essa solução não costuma ser única. No âmbito da química, a ocorrência de diversas abordagens resolutivas é algo bastante comum para problemas. Aqui o professor pode permitir a consulta a literatura, livros, caderno e afins para auxiliar a busca e proposição de soluções para o problema destacado.

No nível 3 (guiada) ocorre uma mudança bastante drástica: tanto o método de realização da atividade quanto a solução para ela não são fornecidos.

Aqui, temos uma exigência bastante importante, que também ocorre no nível 2, porém com menor impacto: é fortemente necessário que o docente faça um planejamento rigoroso da atividade, pois, caso ele utilize um grau de abertura que seja incompatível com o desempenho e capacidade de seus alunos, a possibilidade de que diversas situações emocionais e cognitivas indesejáveis ocorram torna-se bastante real²⁸. Sendo assim, cabe ao docente avaliar a aplicabilidade desse grau de abertura para seus alunos.

O grau de abertura de nível 4 (aberta) não costuma possuir alguma aplicabilidade no nível de atividades experimentais didáticas, sendo esse um grau de abertura típico para as investigações científicas, pesquisas de pós-graduação e afins.

Se tratando do Ensino Superior vale ainda uma ressalva importante. Os estudantes estão em um contexto de formação para habilitação profissional na área de química. Essa formação profissional, embora não se restrinja, deve promover o aprendizado de procedimentos e técnicas do laboratório químico. Essas dimensões da formação têm natureza estritamente técnica e, portanto, são ensinadas pela repetição rigorosa, e não por vias investigativas. Há o objetivo explícito de se aprender técnicas e procedimentos, para além de conceitos científicos.

²⁸ Conforme comentamos com maior detalhe na p. 73 deste capítulo.

Assim, como previamente colocado, a competência do docente vem acima do desenho da atividade experimental; ele deve cautelosamente planejar a atividade experimental investigativa, de maneira a proporcionar aos alunos a maior aprendizagem possível.

Feitas essas importantes considerações, passemos novamente à questão do erro em atividades experimentais. Allchin (2012) comenta que, se o objetivo da atividade didática é ensinar “como a ciência funciona”, então é igualmente importante ensinar para os educandos como a ciência não funciona. O erro é ocasião singular para ensinar a natureza da atividade científica, especialmente o seu caráter tentativo e falho (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Ele, em diversos contextos, mas especialmente para nós cientistas, não necessariamente possui equivalência com “falha” ou “fracasso”; o erro na ocasião se torna arcabouço para o vislumbre de novas ideias, concepções e *insights*. Em diversos casos na ciência o erro se apresenta como peça fundamental para o avanço do conhecimento. O comentário de Beveridge (1957, p. 32), em seu livro “A Arte da Investigação Científica”, ilustra a importância da ocorrência de um erro ou de uma falha no desenvolvimento do trabalho científico de maneira singular:

Talvez os exemplos mais impactantes das descobertas empíricas sejam encontrados no âmbito da pesquisa de quimioterápicos, na qual praticamente todas as descobertas de maior importância foram feitas partindo de uma falsa hipótese, ou de uma observação fortuita (tradução livre).²⁹

Sobre a realização da “Psicanálise dos erros iniciais”, Bachelard (1996, p. 259) afirma que:

Um conhecimento objetivo imediato, pelo fato de ser qualitativo, já é falseado. Traz um erro a ser retificado. Esse conhecimento marca fatalmente o objeto com impressões subjetivas, que precisam ser expurgadas; o conhecimento objetivo precisa ser psicanalisado³⁰. Um conhecimento imediato é, por princípio, subjetivo. Ao considerar a realidade como um bem, ele oferece certezas prematuras que, em vez de ajudar, entram o conhecimento objetivo.

Porém, como fora anteriormente comentado, esse erro não pode ser um erro aleatório ou sistemático; esses tipos de erro, ao menos para os fins do nosso trabalho, carecem de relevância e utilidade epistemológica. Procuramos interpor o que chamamos de *erro positivo*, que seja mola propulsora para o desenvolvimento e elevação do EspC do aluno.

²⁹Originalmente, em inglês: Perhaps the most striking examples of empirical discoveries are to be found in chemotherapy where nearly all the great discoveries have been made following a false hypothesis or a so-called chance observation.

³⁰ Cf. Nota de rodapé 4.

Para contornar as problemáticas colocadas apresentadas nos parágrafos anteriores, este trabalho propõe que sejam empregados o que conceituamos como o *erro positivo controlado*. Tal erro, por sua vez, trata-se de um erro *introduzido propositalmente* na atividade didática, o qual o docente tem total consciência de sua existência. Em resumo, o *erro positivo controlado*, em teoria, planta uma situação *inesperada* para o aluno, mas que é *esperada* pelo professor. Assim, no que tange à segurança e à operacionalidade, o professor é capaz de guiar (ou não, dependendo do grau de abertura da atividade proposta) o aluno na resolução do problema.

Conjecturamos que o *erro positivo controlado* pode ser introduzido na atividade experimental didática, *a priori*, de duas maneiras:

- **Omissão** de dado fundamental para a execução da atividade experimental;
- **Incorporação** de dado ou evento desnecessário para a execução da atividade experimental.

Assim, temos dois princípios norteadores para a concepção e desenvolvimento da atividade experimental didática. Fica, então, em aberto, a perspectiva metodológica que irá circundar e guiar a intervenção. No trabalho aqui reportado, a perspectiva investigativa de ensino e aprendizagem foi preconizada desde a sua concepção, por sua peculiar capacidade de suportar *intrinsecamente* um processo de retificação de erros.

No contexto do *Experimento Exigente*, Bachelard coloca o erro como possível componente fulcral e indispensável na construção do conhecimento científico. O erro, como já colocado em seções precedentes, em tese é capaz de fazer o aluno adentrar um momento de reflexão crítica e meticulosa durante o experimento, além de potencialmente habilitar o aluno a superar algumas visões deformadas e obstáculos epistemológicos (ZYTKUEWISZ; BEGO, 2018). Nessa conjuntura, a perspectiva investigativa pode acomodar a ocorrência do erro de maneira singular: entranhado no cerne dessa perspectiva, temos a necessidade de haver uma situação-problema ou questionamento inicial, para a iniciação da rotina investigativa. Um erro experimental pode satisfazer com folga essa necessidade; em verdade, a possível intriga gerada pela situação-problema pode ser potencialmente ainda maior quando tratamos da ocorrência de um erro, o qual é *inesperado* e é capaz de gerar comoção nos alunos, podendo torná-los, como afirma Giordan (1999), intimamente comprometidos com o próprio desenvolvimento.

Finalizamos, então, esse capítulo com um movimento de síntese acerca de todos os tópicos levantados nesses capítulos e seções da fundamentação teórica desse trabalho. Pontuamos que a experimentação no ensino de ciências, por vezes, não atende as exigências que caracterizam a *Experiência Científica* de Bachelard, tampouco promove a formação do EspC; em verdade, com frequência ela é posta de maneira a se alinhar com o que concebemos como a *experiência comum*.

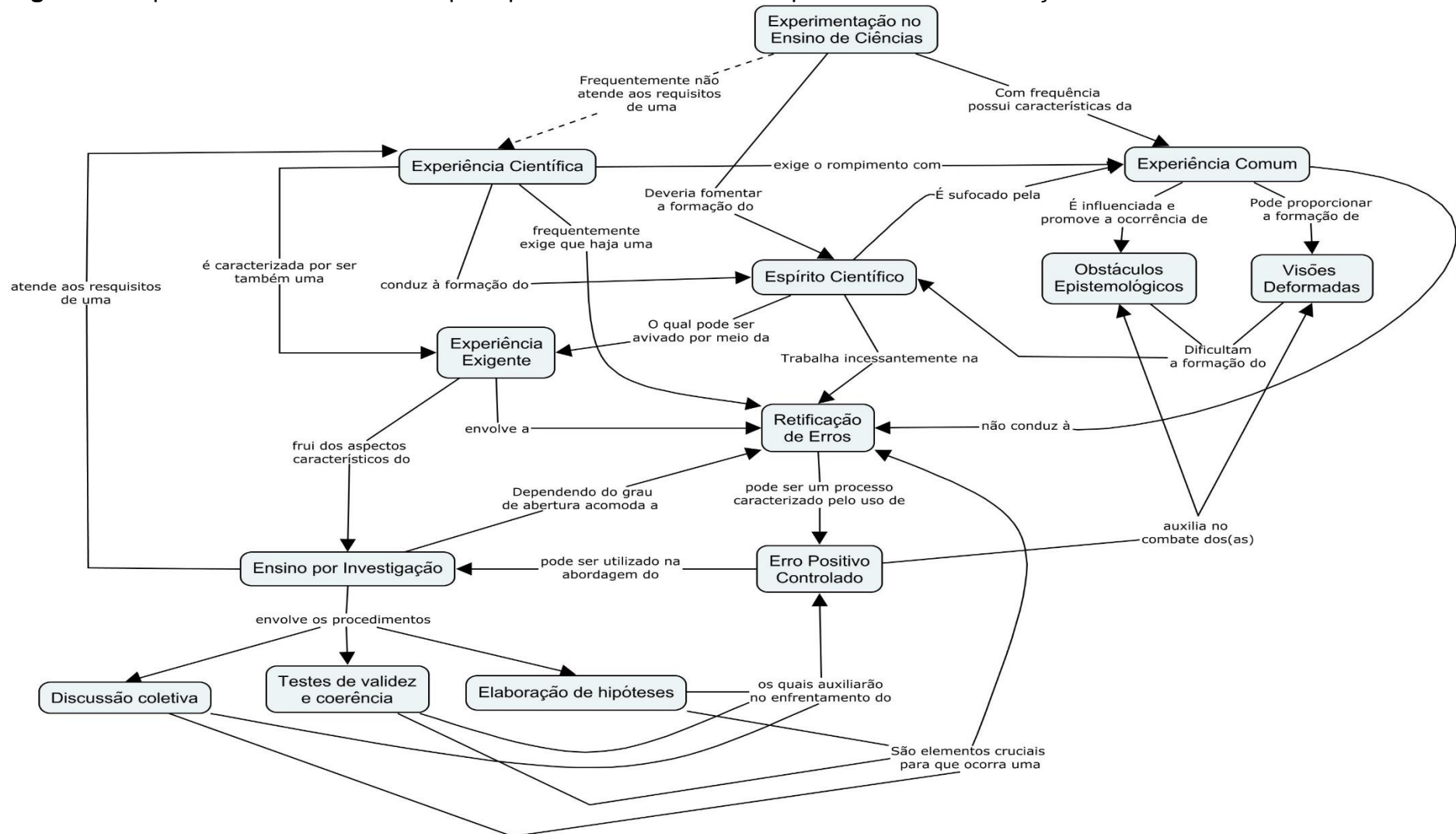
A *experiência comum* inevitavelmente proporciona a formação de visões deformadas de ciência, as quais aliadas aos obstáculos epistemológicos que afloram no contexto da *experiência comum*, têm o potencial para dificultar a formação do EspC. Bachelard, então, coloca que é possível avivar o EspC por intermédio do que ele chama de *Experiência Exigente*, que envolve a ocorrência de erro(s) e sua consequente retificação. Baseado nessa ideia, este trabalho pretendeu contribuir com uma maneira de interpor o conceito bachelardiano da *Experiência Exigente* se utilizando do *erro positivo controlado*, um subterfúgio que possibilita a ocorrência de erros durante atividades experimentais, mas que pode ser manipulado pelo professor de maneira a fruir de sua ocorrência sem prejuízo - sejam técnicos, de segurança ou pedagógicos - ao processo de construção do conhecimento pelos alunos.

Neste trabalho, concebemos que a perspectiva mais adequada para a inserção dessa estratégia é a do Ensino por Investigação, o qual, por conta de envolver procedimentos como a discussão, testes de validade e proposição de hipóteses, é capaz de acomodar o erro positivo controlado de maneira muito adequada. Ainda, os procedimentos supracitados inerentemente auxiliam no processo de retificação de erros e também combatem os obstáculos epistemológicos e visões deformadas, de maneira a, em tese, proporcionar ocasião para o desenvolvimento do EspC nos alunos. Dessa maneira, com essa estratégia conseguimos nos aproximar, por meio de uma atividade experimental investigativa adida do *erro positivo controlado*, da *Experiência Científica* bachelardiana no contexto do ensino de ciências, a qual conduz a formação do EspC.

Colocamos na Figura 4 as ideias e conceitos primordiais que elencamos nessa síntese, disposto em um mapa conceitual.

Dessa maneira, finalizamos este capítulo, bem como a esse primeiro grande seguimento do trabalho, correspondendo à sua fundamentação. No próximo capítulo, discorreremos sobre os procedimentos metodológicos sob os quais a investigação proposta foi firmada.

Figura 4: Mapa conceitual contendo as principais ideias e conceitos expostos na fundamentação desse trabalho.



Fonte: Elaboração própria.

Procedimentos metodológicos

Contexto de Pesquisa

O Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *campus* de Araraquara (IQ/CAr), oferece cursos de graduação para o Bacharelado em Química, Bacharelado em Química Tecnológica, Licenciatura em Química e Bacharelado Engenharia Química. Os cursos de Bacharelado são conduzidos em regime integral e o curso de licenciatura é noturno.

Em 2015, o curso de Licenciatura em Química do IQ/CAr passou por uma reestruturação curricular significativa assentada nas novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores (BRASIL, 2015). Ocorreu o manejo, realocação e exclusão da carga excessiva de disciplinas específicas de química e a inserção de disciplinas de teor didático-pedagógico dispostas organicamente ao longo do curso. No Quadro 2 dispomos a Estrutura Curricular atual do curso de Licenciatura em Química do IQ/CAr.

Quadro 2. Estrutura curricular do curso de Licenciatura em Química de 2015.

DISCIPLINAS DO CURSO DE QUÍMICA (LICENCIATURA EM QUÍMICA)	
DISCIPLINA	REQUISITO(S)
1º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (14)	
Geometria Analítica	Não há
História da Educação Brasileira	Não há
Pré-Cálculo	Não há
Química Geral - Anual	Não há
Laboratório de Ensino de Química Geral - Anual	Não há
1º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Cálculo Diferencial e Integral I	Não há
Biologia	Não há
Química Geral (08) - Anual	Não há
Química Geral Experimental (08) - Anual	Não há
Fundamentos de Educação	Não há
2º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Cálculo Diferencial e Integral II	Cálculo Diferencial e Integral I
Física Geral I	Não há
Química Analítica I	Química Geral
Equações Diferenciais ordinárias	Cálculo Diferencial e Integral I
Química Inorgânica Descritiva	Química Geral
2º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Cinética Química	Cálculo Diferencial e Integral I e II e Equações Diferenciais Ordinárias Co: Termodinâmica Química
Física Geral II	Não há
Psicologia da Educação	Não há
Química Analítica II	Química Analítica I
Termodinâmica Química	Cálculo Diferencial e Integral I e II e Equações Diferenciais Ordinárias Co: Termodinâmica Química
3º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Elementos de Geologia e Mineralogia	Não há
Equilíbrio entre Fases e Fenômenos de Superfície	Termodinâmica Química
Física Geral III	Física Geral I
Física Experimental	Não há
História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências	Não há
Introdução à Estatística Básica	Não há
3º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Eletroquímica	Termodinâmica Química e Física Geral II
Físico Química Experimental	Termodinâmica Química, Cinética Química e Equilíbrio entre Fases e Fenômenos de Superfície Co: Eletroquímica
Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica	Fundamentos da Educação e História da Educação Brasileira Co: Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica	Não há Co: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica
Química Orgânica I	Química Geral - Anual
4º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química	Não há Co: Prática de Ensino e Estágio Curricular

DISCIPLINAS DO CURSO DE QUÍMICA (LICENCIATURA EM QUÍMICA)	
DISCIPLINA	REQUISITO(S)
	Supervisionado: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
Introdução à Química Quântica	Não há
Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química	Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica Co: Currículo, Linguagens e Avaliação no Ensino de Química
Análise Instrumental, Educação Ambiental e Química Verde	Química Analítica I e II
Química Orgânica II	Química Orgânica I
4º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (20)	
Didática das Ciências	Laboratório de Ensino de Química Geral
Fundamentos de Bioquímica	Química Orgânica I
Metodologias para o Ensino de Ciências	Não há
Química Inorgânica	Química Geral e Introdução à Química Quântica
Química Orgânica Experimental	Química Orgânica I e II
5º ANO – 1º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (24)	
Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências	Não há
Instrumentação para o Ensino de Química	Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências
Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências	Didática das Ciências e Metodologias para o Ensino de Ciências
Química Inorgânica Experimental	Química Inorgânica
Química Orgânica III	Química Orgânica I e II
Desenvolvimento da Pesquisa em Educação em Ciências: Formação do Professor Pesquisador (anual)	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica; Currículo Linguagens e Avaliação no Ensino de Química. Co: Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências; Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências; Instrumentação para o Ensino de Química
5º ANO – 2º SEMESTRE / CARGA HORÁRIA (22)	
Desenvolvimento da Pesquisa em Educação em Ciências: Formação do Professor Pesquisador (anual)	Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Organização, Desenvolvimento e Avaliação da Educação Básica; Currículo Linguagens e Avaliação no Ensino de Química. Co: Introdução à Pesquisa em Educação em Ciências; Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Didática das Ciências; Instrumentação para o Ensino de Química
Libras, Educação Especial e Inclusiva (EaD)	Não há
Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química	Não há
Prática de Ensino e Estágio Curricular Supervisionado: Instrumentação para o Ensino de Química	Instrumentação para o Ensino de Química
Optativa	
ATIVIDADES EXTRACLASSE = (15)	
Atividades Teórico Práticas de Aprofundamento	

Fonte: http://www.iq.unesp.br/Home/graduacao/curriculo-_lic_-2015-4-versao-e-vigente.pdf. Acesso em 22 ago. 2018.

Dentre as novas disciplinas didático-pedagógicas incorporadas à nova estrutura curricular do curso, está a disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral. Essa disciplina é caracterizada por ser experimental, como as tradicionais disciplinas de Química Geral Experimental, porém com o viés de discussão pedagógica com os futuros professores acerca da importância da experimentação para o ensino de química.

O trabalho aqui apresentado se desenvolveu nesta disciplina que é uma disciplina anual do 1º ano do curso. O plano de ensino da disciplina está disposto no Quadro 3.

Conforme cronograma da disciplina, a Intervenção didático-pedagógica investigativa (IDP-I) foi realizada no 2º semestre do ano letivo de 2017. Para o conteúdo curricular de Eletroquímica foram reservadas duas noites, totalizando oito aulas.

A dinâmica da IDP-I e seus momentos estão esquematizados no Quadro 5.

Fazemos, nesse momento, uma breve descrição dos sujeitos escolhidos para nossos procedimentos de análise de dados. De um total de sete sujeitos, apenas cinco participaram de todos os nossos momentos de coleta de dados, assim sendo, essa descrição se atém a esses cinco sujeitos.

O sujeito A1, cuja idade é desconhecida, realizou pelo menos uma parte de seu ensino médio em escola pública. Esse sujeito também, durante a disciplina, todas as noites após a aula retornava para sua cidade natal por intermédio de ônibus fretado. Não há informações acerca da realização de cursinho pré-vestibular para o ingresso no curso.

O sujeito A2 possui 20 anos, e também estudou em escola pública durante o seu ensino médio. De maneira similar ao sujeito A1, A2 também retornava para sua cidade natal após o término da aula da disciplina. Também não foi possível levantar informações acerca da realização de cursinho pré-vestibular para o ingresso no curso.

O sujeito A3 também possui 20 anos, e estudou em escola pública durante o ensino médio. Diferentemente dos sujeitos anteriores, esse sujeito apesar de ser de fora da cidade, estabeleceu residência em Araraquara, muito provavelmente em virtude da sua cidade natal ser distante (região metropolitana de São Paulo). O sujeito não fez cursinho pré-vestibular.

O sujeito A4 é o mais diferente dos demais nos quesitos aqui elucidados. Ele possui 28 anos e, apesar de não termos acesso aos seus estudos de ensino médio, ele já havia cursado química (dois anos) em outra IES antes de adentrar na

licenciatura no IQ. Não há informações sobre a realização de cursinho. Apesar do sujeito antes de ingressar no IQ morar em cidade bastante próxima, não foi possível especificar se ele, similarmente à A1 e A2, retorna para essa cidade todos os dias ou se possui residência em Araraquara.

O nosso último sujeito, A5, é o único natural da cidade de Araraquara. Uma informação bastante interessante é que seu pai é professor universitário e foi aluno do Instituto de Química. Esse sujeito não realizou cursinho pré-vestibular, e é o único sujeito que cursou o ensino médio em escola particular. A seguir, nos quadros 3, 4 e 5, trazemos o plano de ensino da disciplina, o cronograma das sequências didáticas que foram estudadas ao longo do ano de 2017 e, por fim, um quadro geral contendo aspectos sobre a intervenção em si.

Quadro 3. Extrato do plano de ensino da disciplina Laboratório de Ensino de Química Geral de 2017.

UNIDADE UNIVERSITÁRIA: Instituto de Química		
CURSO: Licenciatura em Química		
DEPARTAMENTO RESPONSÁVEL: Química Geral e Inorgânica		
IDENTIFICAÇÃO:		
CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA OU ESTÁGIO	SERIAÇÃO IDEAL
QI26064P1	Laboratório de Ensino de Química Geral	1º Ano
TIPO	PRÉ-REQUISITOS	CO-REQUISITOS
Obrigatória	Não há	Não há
CRÉDITOS	CARGA HORÁRIA TOTAL	DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HORÁRIA
		PRÁTICA
8	120	120
OBJETIVOS (Ao término da disciplina o aluno deverá ser capaz de:)		
<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o papel e a importância da experimentação no processo de construção dos conhecimentos químicos, identificando e relacionando as três dimensões e as orientações teórico-metodológicas empregadas na validação do conhecimento químico. - Aplicar os procedimentos de segurança e os princípios teórico-metodológicos das principais técnicas utilizadas em um laboratório didático de química, implementando as regras de segurança, os procedimentos adequados das técnicas de laboratório estudadas, bem como o tratamento das medidas experimentais realizadas. - Testar e avaliar experimentos viáveis como estratégia didática de ensino própria dos conteúdos a serem ensinados, considerando o desenvolvimento dos alunos e o ensino de química no nível médio. 		
CONTEÚDO PROGRAMÁTICO (Título e discriminação das unidades)		
<ul style="list-style-type: none"> - As três dimensões do conhecimento Químico. - As orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos científicos e o papel da experimentação. - Regras de segurança e utensílios de laboratório. - Técnicas fundamentais de laboratório. - Medidas experimentais: erro, incerteza, precisão e exatidão. - A experimentação como estratégia didática para o ensino de estequiometria, soluções, gases, equilíbrio químico, termoquímica, cinética química e oxirredução. - Características do relatório científico e as regras da ABNT. - Procedimentos de pesquisa na literatura, bem como o tratamento de dados utilizando ferramentas estatísticas e os recursos das tecnologias da informação e comunicação (TIC). 		
EMENTA (Tópicos que caracterizam as unidades dos programas de ensino)		
De natureza teórico-prática, essa disciplina aborda o papel e a importância da experimentação no processo de construção dos conhecimentos químicos, bem como os procedimentos de segurança e os princípios teórico-metodológicos das principais técnicas utilizadas em um laboratório didático de química, de tal modo que os estudantes possam ser capazes de testar e avaliar experimentos viáveis como metodologia de ensino próprias dos conteúdos a serem ensinados, considerando o desenvolvimento dos alunos e o ensino de química no nível médio.		

Fonte: Plano de Ensino disponibilizado pelo professor da disciplina.

Quadro 4. Cronograma da disciplina de LEQG 2017 para o ano de 2017.

Sequência Didática	Data	Cronograma
1º Semestre		
Ferramentas do químico	08/03	Introdução ao Curso: estrutura do curso; caderno de laboratório; avaliação; normas de segurança; materiais básicos de um laboratório de Química. Atividade investigativa: Vidrarias, Normas de segurança e Uso do Handbook e do Merck Index
	15/03	Balanças. Bicos de gás.
	22/03	Atividade investigativa: controle de qualidade
	29/03	Atividade investigativa: Densidade
	05/04	Transformações Físicas e Químicas
Princípios estequiométricos	12/04	O papel da experimentação na construção do conhecimento químico (teoria)
	19/04	Preparação do cloreto de sódio
	26/04	Preparação do sulfato de cobre penta-hidratado
	03/05	Síntese da aspirina
	10/05	Obtenção do oxigênio. Determinação do seu volume molar
	24/05	Princípios da organização de relatórios experimentais Avaliação do módulo
Soluções	31/05	Tipos de ligação química
	07/06	Solubilidade e Forças intermoleculares
	14/06	Solubilidade (Preparo das soluções para cristalização)
	21/06	Preparação de soluções e sua padronização - 1ª parte (Montagem dos cristais para crescimento)
	28/06	Preparação de soluções e sua padronização - 2ª parte Cristais
	05/07	Avaliação do módulo
2º Semestre		
Termoquímica e Cinética Química	01/08	Termoquímica: experiência de calorimetria – Parte I.
	08/08	Termoquímica: experiência de calorimetria – Parte II.
	15/08	Velocidade das reações químicas. 1a parte: efeitos da concentração, da temperatura e do estado de agregação sobre a velocidade das reações.
	29/08	Velocidade das reações químicas. 2a parte: determinação da equação de velocidade de uma reação química.
	05/09	Avaliação do módulo
Equilíbrio Químico	12/09	Equilíbrio Químico – Parte I
	26/09	Equilíbrio Químico – Parte II
	03/10	Avaliação do módulo
Eletroquímica	10/10	Reações de oxirredução. Pilhas
	17/10	Eletrólise
	24/10	Avaliação do módulo
Projetos de ensino	31/10	Tipos de atividades experimentais
	07/11	Elaboração de projetos de ensino para o Ensino Médio
	14/11	Elaboração de projetos de ensino para o Ensino Médio
	21/11	Apresentação dos projetos de ensino
	28/11	Apresentação dos projetos de ensino

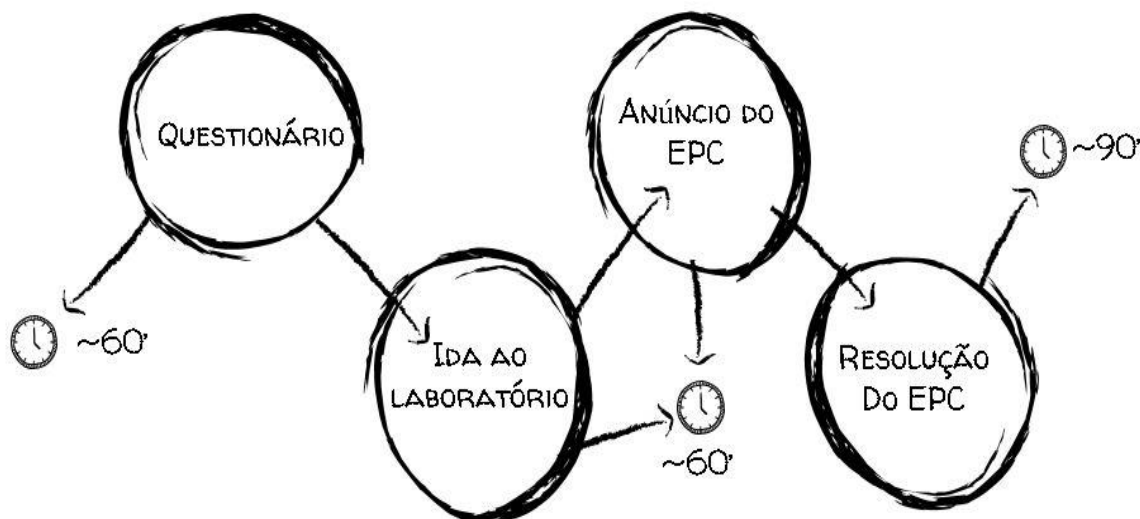
Fonte: Cronograma fornecido pelo professor da disciplina.

Quadro 5. Dados sobre a intervenção realizada e o grupo focal.

INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA INVESTIGATIVA	
1ª noite	10/10/2017
Tipo de Organização da Turma	A turma foi disposta em 5 grupos de trabalho: <ul style="list-style-type: none"> - 1 grupo com 4 membros (GRUPO 1) - 1 grupo com 5 membros (GRUPO 2) - 2 grupos com 6 membros (GRUPO 3 e 4) - 1 grupo com 7 membros (GRUPO 5)
Distribuição Do Tempo	Ilustrado na Figura 5
2ª noite	17/10/2017
Tipo de Organização da Turma	A turma foi disposta nos 5 grupos de trabalho configurados na noite anterior.
Distribuição do Tempo	A intervenção da 2ª noite compreendeu um total de quatro horas com a realização de grupos focais com cada um dos grupos de trabalho de acordo com a divisão abaixo: <ul style="list-style-type: none"> - 19h00-19h40: Grupo 2 - 19h50-20h10: Grupo 1 - 20h20-21h00: Grupo 3 - 21h10-21h50: Grupo 4 - 22h00-22h40: Grupo 5

Fonte: Elaboração própria.

Para uma melhor compreensão de como se deu a distribuição do tempo durante a intervenção em si, elaboramos a Figura 5.

Figura 5: Sequência cronológica de eventos no dia da intervenção.

Fonte: Elaboração própria.

As modificações realizadas no roteiro da atividade experimental estão dispostas em destaque nos extratos do roteiro original e do roteiro modificado apresentados nas Figuras 6 e 7.

Figura 6: Extrato da folha de rosto do roteiro original e do roteiro modificado.

ROTEIRO ORIGINAL

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química	Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1	
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego			
Seqüência Didática:		Princípios estequiométricos			
Atividade:		Eletroquímica – Parte I			

ROTEIRO EXPERIMENTAL

A) Utensílios e reagentes necessários

- 3 placas de Cu e 3 placas de Zn do mesmo tamanho (Aproximadamente 3 x 6 cm).
- Papel toalha.
- Lâmpada e fios de cobre.
- Multímetro.
- **Solução 1 mol.L⁻¹ de CuSO₄.**



1. Certifique-se de que as placas e o circuito estejam em contato e devidamente fixados.
2. **Por meio de um conta gotas, adicione gotas da solução de CuSO₄ ao conjunto de células, umedecendo o algodão. Anote o observado.**
3. Determine a ddp fornecida pelo sistema utilizando o multímetro. (Atenção: essa etapa deve ser realizada imediatamente após a etapa anterior). Nessa experiência, o multímetro deve ser configurado para medir a ddp: coloque o cabo vermelho na conexão V/Ω, e o cabo preto em "COM" ou "COMM"; coloque o seletor na posição 2 V. Uma medida positiva significa que os compartimentos estão arranjados na configuração certa, uma medida negativa indica que a ligação está invertida. Anote a medida em seu caderno de laboratório.
4. Utilizando luvas de látex, desmonte os conjuntos e analise qualitativamente o estado das placas de Cu e Zn.

Fonte: Roteiro disponibilizado pelo professor da disciplina.

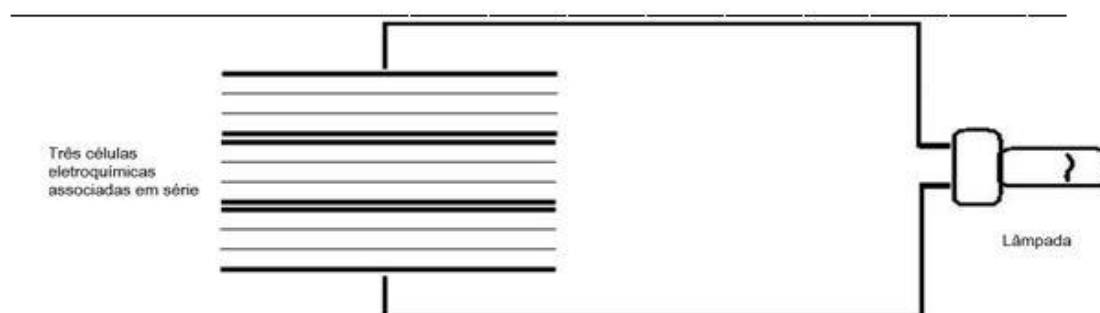
Figura 7: Extrato parcial dos procedimentos experimentais do roteiro original e do roteiro modificado.

unesp		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS	
				Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química	Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1		
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Area:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(eis):	Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Princípios estequiométricos				
Atividade:	Eletroquímica – Parte I				

ROTEIRO EXPERIMENTAL

A) Utensílios e reagentes necessários

- 3 placas de Cu e 3 placas de Zn do mesmo tamanho (Aproximadamente 3 x 6 cm).
- Papel toalha.
- Lâmpada e fios de cobre.
- Multímetro.



1. Certifique-se de que as placas e o circuito estejam em contato e devidamente fixados.
2. **Por meio de um conta gotas, adicione porções de água ao conjunto de células, umedecendo o algodão. Anote o observado.**
3. Determine a ddp fornecida pelo sistema utilizando o multímetro. (Atenção: essa etapa deve ser realizada imediatamente após a etapa anterior). Nessa experiência, o multímetro deve ser configurado para medir a ddp: coloque o cabo vermelho na conexão V/ Ω , e o cabo preto em "COM" ou "COMIM"; coloque o seletor na posição 2 V. Uma medida positiva significa que os compartimentos estão arranjados na configuração certa, uma medida negativa indica que a ligação está invertida. Anote a medida em seu caderno de laboratório.
4. Utilizando luvas de látex, desmonte os conjuntos e analise qualitativamente o estado das placas de Cu e Zn.

Fonte: Roteiro disponibilizado pelo professor da disciplina.

A decisão dos momentos de coleta dos dados foi pautada nas questões de pesquisa. Como colocado previamente, o trabalho aqui descrito tem como peça fundamental a proposição de uma IDP-I e a posterior análise de seus impactos enquanto estratégia capaz de estimular a formação do EspC nos alunos. Porém, trata-se de trabalho meticuloso e árduo, quiçá impraticável realizar interdições extensas com alunos para obter um retrato atitudinal e comportamental variando ao longo do

tempo. E mesmo se não o fosse, demandaria uma quantidade de tempo a qual um trabalho de mestrado é incapaz de comportar. Dessa forma, optamos por coletar dados em dois momentos distintos, a saber:

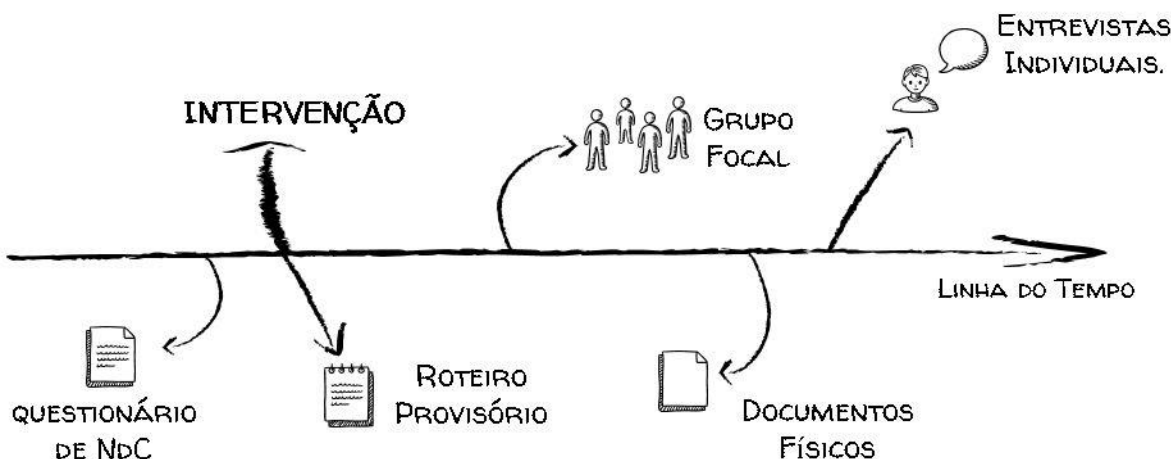
- Primeiro momento: Imediatamente antes da aplicação da IDP-I;
- Segundo momento: após a aplicação da IDP-I.

Esclarecidos os momentos, os instrumentos de coleta aplicados em cada um deles foram os seguintes:

- Primeiro momento: questionário de NdC;
- No dia da intervenção: formulário de hipóteses e roteiro provisório;
- Segundo momento: grupo focal, documentos (relatório final e refletindo) e a entrevista reflexiva.

Para auxiliar na compreensão da cronologia do processo, trazemos na Figura 8 um cronograma que ilustra como aconteceram esses momentos *versus* uma linha do tempo genérica.

Figura 8: Cronograma ilustrativo dos procedimentos supracitados.



Fonte: Elaboração própria.

Como podemos observar, a escolha dos momentos pretendeu a obtenção de uma fotografia do estado no qual os alunos se encontravam precedendo à IDP-I e, então, procuramos obter, por meio da coleta de dados por instrumentos e documentos diversos, o retrato mais completo possível da mudança espiritual que potencialmente ocorreu na mente dos alunos.

Assim, preconizamos o questionário sobre NdC para as concepções prévias dos alunos, tanto pela robustez do instrumento quanto pela sua simplicidade. Os demais instrumentos foram, então, empregados conforme as recomendações de Yin (2001) para o estudo de caso, utilizando de diversos e variados instrumentos de coleta, os

quais ao serem triangulados podem proporcionar um retrato significativamente fiel do objeto desejado.

Os grupos focais foram realizados uma semana após a IDP-I, conforme descrito no Quadro 5. Escolhemos realizá-lo em uma janela de tempo curta, pois possibilitaria que as lembranças deles sobre o experimento realizado estivessem bastante recentes e vivazes, permitindo, então, uma melhor prospecção e coleta de dados.

Após a realização dos grupos focais, os grupos de estudantes tiveram um tempo de aproximadamente duas semanas para entregarem o relatório final da IDP-I, no qual eles também propuseram um roteiro retificado para a execução da atividade experimental.

Por fim, foi feita a coleta de dados individualmente com os alunos, por intermédio da *Entrevista Reflexiva*, suportada pela técnica da *lembrança estimulada*. Essas entrevistas individuais foram realizadas entre os dias 21 de novembro e 3 de dezembro de 2017, a partir de agendamento prévio com cada um dos estudantes.

Todos esses instrumentos para coleta foram empregados com o fim de posteriormente, à luz da Análise de Conteúdo (AC), possibilitar um estudo consistente e válido das concepções sobre NdC de cada um dos alunos antes e depois da IDP-I. Esse movimento de “antes e depois” pretendeu, em primeiro plano, responder as duas primeiras questões de pesquisa que foram postas neste trabalho: a mudança de concepções sobre NdC dos alunos e como o erro controlado atuou nesse processo.

Na próxima seção mudamos o enfoque para discutir os aspectos propriamente químicos da IDP-I, trazendo uma discussão extensamente detalhada sobre os mais diversos conceitos que envolvem e embasam a pilha de Daniell. A compreensão desse tipo de célula eletroquímica é mui pertinente pois ela possui uma larga gama de similaridades com a célula voltaica utilizada na IDP-I, além de possibilitar a abordagem de formalismos eletroquímicos que estão deslocados da célula voltaica. Um exemplo de formalismo conceitual de grande importância que não existe na célula voltaica é a ponte salina, cuja ideia e conceitos fundamentais serão bastante importantes na seção de resultados e discussão.

Fundamentos químicos da IDP-I: A célula de Daniell

A célula de Daniell, entidade central na intervenção aqui proposta, é um sistema montado com os seguintes componentes: dois compartimentos, os quais podem ser conectados entre si por um fio metálico, e uma ponte salina.

Os compartimentos supracitados são, na vasta maioria das Atividades experimentais didáticas, compostos por uma placa metálica imersa em solução aquosa do respectivo cátion metálico. Os metais utilizados são o Cobre e o Zinco, sendo eles imersos em solução aquosa com o cátion correspondente cuja carga é balanceada por meio de um contra-íon (no caso específico da pilha de Daniell, o contra-íon de escolha é o ânion sulfato, SO_4^{2-}). Segundo as convenções eletroquímicas atuais, com a pilha funcionando de maneira espontânea, o compartimento no qual ocorre a deposição de metal na superfície do eletrodo, e cujo processo majoritário é a oxidação chamamos de *compartimento da direita*, e o compartimento cuja placa metálica sofre um *processo corrosivo* e o processo majoritário é a redução é chamado de *compartimento da esquerda*.

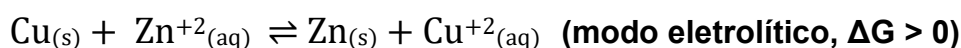
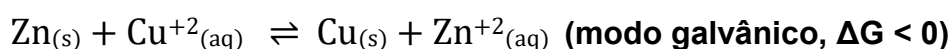
A ponte salina possui a importante função de evitar o acúmulo de carga nos compartimentos³¹, fenômeno que ocorreria naturalmente por conta da remoção de cátions metálicos da solução no compartimento da direita e a liberação de cátions metálicos para a solução no compartimento da esquerda, o que inevitavelmente resultaria na polarização dos compartimentos e a consequente interrupção do funcionamento do sistema. Esse balanceamento de carga se dá por meio da transferência de íons da ponte salina para o seio das soluções dos compartimentos, os quais balanceiam o excesso de cargas negativas ou positivas que se acumulam em cada compartimento a medida que as reações se processam. No caso da pilha de Daniell, a substância que é comumente empregada na ponte salina é o sal de cloreto de potássio (KCl); ele é preconizado em virtude de seus íons possuírem mobilidades iônicas muito próximas, de maneira a minimizar a magnitude do potencial de junção líquida (E_j) (BOCKRIS; REDDY; GAMBOA-ALDECO, 2000) formado na interface entre a membrana semipermeável da ponte com a solução do compartimento. A membrana semipermeável tem o papel de permitir a passagem de íons da ponte salina para a solução, mas impedir a mistura das soluções que contidas na ponte e nos compartimentos da esquerda e da direita.

Acerca dos modos que a pilha de Daniell pode ser empregada, temos dois modos principais, além do *estado de equilíbrio eletroquímico*: o modo galvânico, e o

³¹ É interessante notar que esse conceito de ponte salina é bastante diverso do levantado pelos sujeitos analisados na seção de Análise Documental (p. 195)

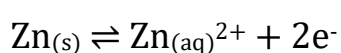
modo eletrolítico³². *Grosso modo*, no modo galvânico a célula funciona de acordo com a reação química *espontânea* que lhe é característica, de maneira a converter energia interna em trabalho elétrico. No modo eletrolítico, a pilha funciona de maneira *não-espontânea*, sendo necessário assim uma *contribuição energética externa* (que forneça trabalho elétrico ao sistema) para que ela funcione. Na linguagem comum, temos que a pilha de Daniell, quando funciona no modo galvânico, ela está sendo “consumida”, ou “descarregada”; e quando funciona no modo eletrolítico, que ela está sendo “recarregada”.

No caso da pilha de Daniell, com o par de metais Zn/Cu, as equações químicas globais que descrevem o funcionamento de cada um dos modos são as seguintes:

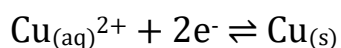


Feitas essas colocações preliminares sobre os dois modos de funcionamento da dessa célula eletroquímica, colocar-se-á os aspectos qualitativos de maneira detalhada sobre seu funcionamento no modo galvânico, modo esse que foi utilizado na IDP-I desse trabalho.

Na situação de equilíbrio eletroquímico, nós temos as seguintes reações ocorrendo em cada um dos compartimentos:



Compartimento da esquerda



Compartimento da direita

Na situação de equilíbrio, temos que as velocidades das reações que ocorrem em cada um dos compartimentos são iguais; assim sendo, não temos uma evolução líquida do sistema ao longo do tempo. Não ocorre a formação de depósito nem a corrosão em nenhuma das placas dos compartimentos, e também não ocorre a liberação de íons da ponte salina para o seio da solução, pois não ocorre acúmulo de carga nos compartimentos.

Figura 9: A pilha de Daniell em equilíbrio eletroquímico.

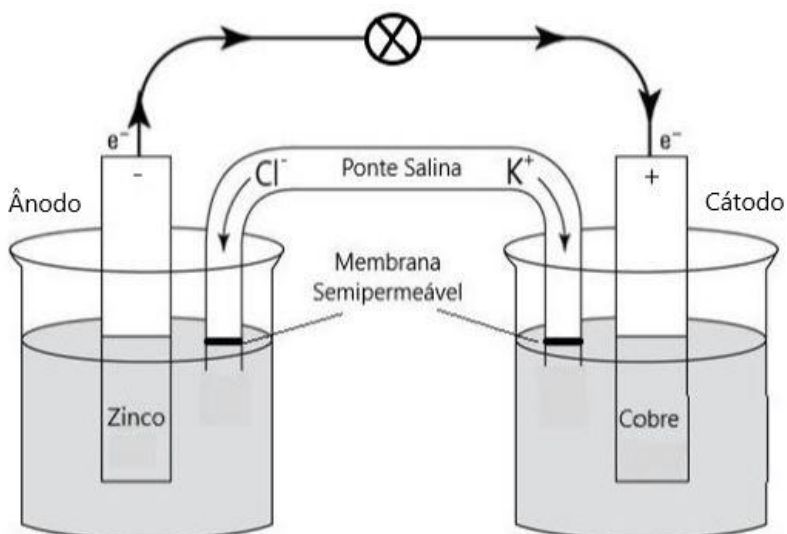
³² Nesse trabalho, discutiremos em detalhe apenas os aspectos qualitativos da célula galvânica; não serão discutidos em profundidade os aspectos qualitativos da eletrólise.



Fonte: Elaboração própria.

Descrita a célula eletroquímica em equilíbrio, partimos, então, para a sua descrição em funcionamento. Para que a célula comece a operar no modo galvânico, basta ligarmos os compartimentos com algo que permita o transporte de elétrons entre eles. Para isso, conectam-se as placas metálicas dos compartimentos com um fio metálico.

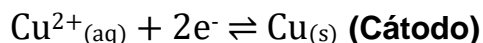
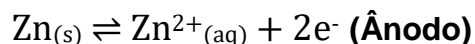
Figura 10: A pilha de Daniell operando no modo galvânico.



Fonte: Elaboração própria.

Ao colocarmos o fio conectando as células e uma lâmpada para evidenciar o aproveitamento do trabalho elétrico, podemos observar com facilidade que aparecem diversos elementos que não existiam na célula em equilíbrio, e é de suma importância que se compreenda o porquê de esses elementos existirem no modo galvânico, mas não existirem no estado de equilíbrio.

Para começar, enunciaremos os processos que ocorrem *majoritariamente* em cada um dos compartimentos da célula galvânica:



Vamos então discutir, passo a passo, o que ocorre aqui nestes casos. A medida que os íons são formados ou consumidos nos compartimentos, ocorre migração de outros íons da ponte para que haja equilíbrio de cargas. Esses processos não necessariamente interferem na reação principal da célula; porém, na ausência desses íons (ou seja, na ausência da ponte salina ou na ocasião de seu esgotamento) ocorreria o fenômeno de polarização do cátodo/ânodo e a consequente interrupção do funcionamento da célula.

Esse próximo aspecto abordado é de extrema importância para clarificar um ponto de grande obscuridade e confusão sobre a célula galvânica: observe que, tirando as duas expressões de balanço de carga, as demais reações são idênticas; tanto a reação de corrosão no ânodo quanto a reação de eletrodeposição no cátodo continuam a ocorrer. O que ocorre é que, enquanto que com a célula em equilíbrio, a velocidades dessas reações eram idênticas às velocidades das reações de eletrodeposição no ânodo e corrosão do cátodo, no modo galvânico elas deixam de ser idênticas. Nesse caso, ocorre a prevalência da reação cuja energia livre é negativa, ou seja, o sentido espontâneo é mais veloz. Isso não implica na completa cessação da reação não espontânea; ela também ocorre, porém em velocidade significativamente menor do que a reação espontânea.

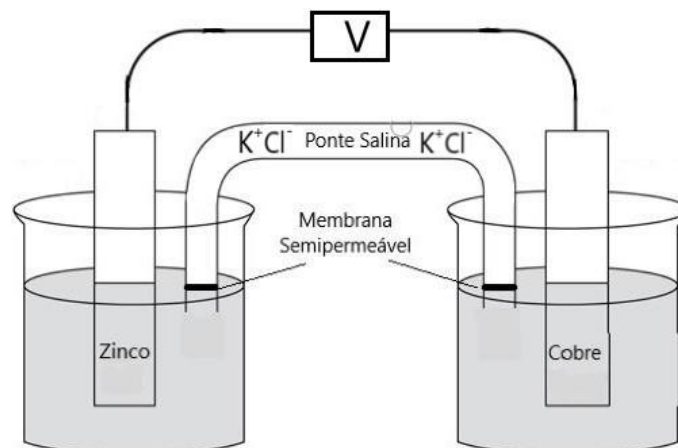
Outro aspecto a ser discutido é o aparecimento dos termos “ânodo” e “cátodo”, bem como os respectivos símbolos nos eletrodos na célula galvânica, os quais estão ausentes na célula em equilíbrio. Isso ocorre, pois, esses elementos de fato não existem na situação de equilíbrio; se não há corrente elétrica, não há ânodo ou cátodo.

Por fim, é interessante atentar para o fato de que, apesar da representação sugerir, o(s) elétron(s) que são liberados no ânodo não se deslocam para o cátodo. Pensando apenas no fio condutor, o caminho livre médio do elétron nesse fio é demasiadamente pequeno; o que ocorre, em verdade, é que ao invés de o transporte do elétron em si até o outro lado, o elétron liberado na corrosão do ânodo se choca com o elétron mais próximo; isso gera uma cascata de interações eletromecânicas que se propagam pela placa, o fio, a placa do ânodo, até chegar ao último elétron que

utilizará essa energia para vencer a função trabalho do metal e assim ser ejetado de sua superfície, finalizando o processo com seu tunelamento até o cátion metálico mais próximo na camada difusa da dupla camada elétrica que envolve a placa do cátodo (BOCKRIS; REDDY; GAMBOA-ALDECO, 2000).

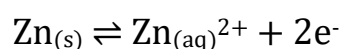
Comentemos agora sobre os aspectos qualitativos da célula eletroquímica de Daniell quando acoplamos um voltímetro ao conjunto:

Figura 11: A célula de Daniell com voltímetro.

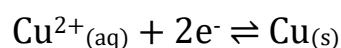


Fonte: Elaboração própria.

O voltímetro, por definição, é um elemento cuja resistência é muito elevada (para efeito prático, consideramos que $R_{\text{voltímetro}} = \infty$). Assim, o voltímetro não permite a passagem de elétrons por ele. Se não há passagem de elétrons, não há cátodo ou ânodo. Dessa forma, quando o voltímetro é acoplado *em série* à célula eletroquímica, ela se põe no estado de equilíbrio eletroquímico. Assim, as reações que ocorrem em seus respectivos compartimentos são idênticas às reações que foram fornecidas no caso da célula em equilíbrio:



Compartimento
da esquerda

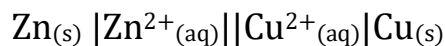


Compartimento
da direita

O voltímetro tem como função realizar a medida da diferença de potencial (ddp) entre dois eletrodos. No caso, este está medindo a ddp entre o compartimento da direita e da esquerda. No entanto, uma pergunta faz-se conveniente:

Que potencial o voltímetro mede?

Pensamos ser interessante aqui, nesse momento, esclarecer a notação utilizada³³ por nós, no âmbito da eletroquímica, para as células eletroquímicas (ATKINS, 2012). Essa notação é uma maneira simplificada de representar os componentes mais importantes da célula, que são ilustrados nos *diagramas* desenhados anteriormente. Para uma célula de Daniell, temos a seguinte notação:



(Compartimento da esquerda)

(Compartimento da direita)

É encontrado, em diversos livros e na literatura encontrada *online* que o voltímetro mede a diferença de potencial ou o potencial da célula (E_{cel}) o qual pode ser obtido por meio das contribuições isoladas de um suposto potencial de oxidação (E_{ox}) e um potencial de redução (E_{red}). A célula se encontra em equilíbrio e, portanto, ocorrem equilíbrios dinâmicos em cada eletrodo. Não tem sentido físico-químico falar em potencial de oxidação ou redução quando o voltímetro está inserido no sistema. A maneira mais adequada de se referir a esse potencial é chamar o potencial de cada compartimento como sendo um *potencial de eletrodo* (E_e). De fato, o voltímetro mede a quantidade de energia na forma de trabalho elétrico envolvida no processo que se refere a travessia de cada unidade de carga pelo sistema caso esse elemento de elevada impedância não estivesse ali. Para fins de consistência com as normas de nomenclatura da eletroquímica, o potencial da célula é calculado como sendo:

$$E_{\text{cel}} = E_d - E_e$$

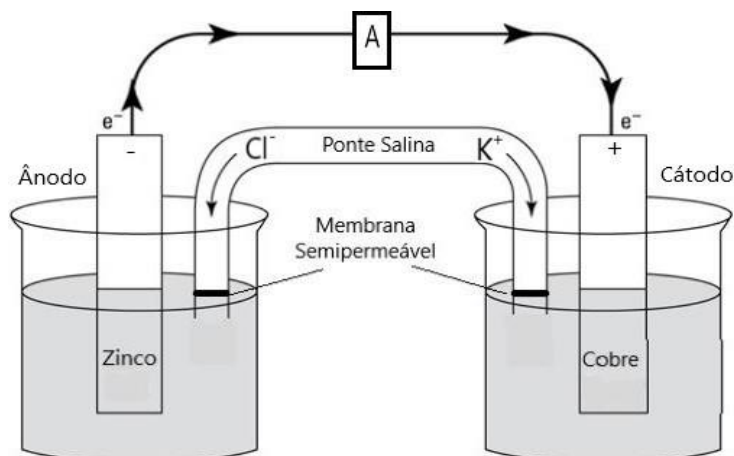
Onde E_d se refere ao *eletrodo da direita* e E_e ao *eletrodo da esquerda*. Em mãos da equação acima, podemos calcular com facilidade o potencial da célula de Daniell, sabendo que o potencial padrão de eletrodo do Cobre é aproximadamente 0,34 V e o do Zinco -0,76 V:

$$E_{\text{cel}} = E_d - E_e \Rightarrow E_{\text{cel}} = 0,34 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 1,10 \text{ V}.$$

Feita essa breve exposição acerca de elementos mui importantes que concernem essa seara que envolve a notação e cálculo da diferença de potencial de células eletroquímicas, damos prosseguimento à descrição das situações que a célula de Daniell pode se envolver.

³³ Essa notação será utilizada posteriormente no capítulo de análise dos dados dos sujeitos.

Figura 12: Pilha de Daniell com amperímetro.



Fonte: Adaptado de <https://bit.ly/2CeiARx>.

Nesse caso, substituímos o voltímetro por um amperímetro, que, diferentemente do outro acessório, possui resistência muito baixa (idealmente consideramos que $R_{amp} = 0$). Dessa maneira, ele permite a passagem de corrente pelo fio, e *espontaneamente* a pilha deixa o equilíbrio eletroquímico e se põe no *modo galvânico* de funcionamento. Temos agora uma evolução química líquida do sistema, ocorrendo uma variação da massa das placas em cada compartimento; no compartimento da direita, temos a corrosão da placa metálica, com a consequente liberação de cátions metálicos para o seio da solução e fornecimento de elétrons para o sistema; no compartimento da esquerda, os elétrons recebidos serão consumidos pelo processo de redução dos cátions metálicos oriundos da solução na superfície da placa metálica. Apesar da liberação de cátions em um compartimento e o consumo deles no outro, não ocorre desbalanceamento ou acúmulo e cargas em virtude da existência da ponte salina.

Com isso, finalizamos esta seção referente à descrição da pilha de Daniell, seus componentes e comportamento quando da inserção de diferentes acessórios, bem como seu funcionamento regular como célula galvânica. Na seção seguinte tratamos de alguns formalismos eletroquímicos, trazendo uma proposta que pretende facilitar e tornar mais adequada o ensino da eletroquímica para os alunos do Ensino Superior de maneira geral.

Fundamentos químicos da IDP-I: Considerações termodinâmicas e eletrodinâmicas fundamentais sobre o ensino de Eletroquímica

Prólogo/Introdução

O ensino da Eletroquímica, em nível médio ou superior, com frequência é tido pelos discentes como assunto de grande dificuldade. Essa dificuldade, porém, é

justificada pela natureza dos conceitos eletroquímicos, bem como seus aportes fundamentadores. Antes de tudo, a eletroquímica é uma ciência multidisciplinar, que envolve fenômenos não triviais que, com frequência, requerem o pleno entendimento de conceitos da Química Geral, Eletrodinâmica³⁴ e da Termodinâmica Química.

O ensino de Eletroquímica, no âmbito do Ensino Superior, pode ser dividido em duas grandes frentes: a Termodinâmica Eletroquímica, a qual aborda sistemas eletroquímicos que se encontram em equilíbrio termodinâmico; e a Cinética Eletroquímica, que envolve a compreensão de sistemas que evoluem para o equilíbrio espontaneamente (modo galvânico) ou sofrem transformações por meio da aplicação de trabalho elétrico (modo eletrolítico). Nas disciplinas introdutórias dos cursos superiores, a Termodinâmica Eletroquímica é abordada com algum aprofundamento dos assuntos mais relevantes, como por exemplo, os conceitos de potencial de eletrodo e Diferença de Potencial (ddp) das pilhas. Esses conceitos por vezes já são mencionados e discutidos, ao menos em caráter introdutório, no Ensino Médio. Concebemos que, nesse momento inicial, em mãos do sujeito recém ingresso no nível superior, o desenvolvimento da fundamentação dos aspectos termodinâmicos destes saberes deve ser prioritário e insubstituível. Em caráter distinto, a cinética eletroquímica costuma ser apresentada posteriormente em disciplinas mais específicas, após o domínio pelo indivíduo dos fundamentos e conceitos básicos da Química, bem como a sua familiarização com as ideias da Cinética Química clássica.

No entanto, o ensino da ciência eletroquímica nos estágios iniciais dos cursos superiores acaba sendo significativamente prejudicado, devido à ausência de uma discussão profunda das relações intrínsecas que se estabelecem entre os fenômenos elétricos, descritos pela Eletrodinâmica, e os conceitos de energia e espontaneidade, pertencentes à seara da Termodinâmica. Por vezes, o professor se depara com a exigência de estabelecer as relações íntimas entre os conceitos precípuos dessas duas ciências sem que os alunos tenham cursado as disciplinas de Termodinâmica e Física da Eletricidade. Essa lide áspera, com regularidade, finda na constituição de uma barreira de difícil transposição ou suavização pelo docente, e de igual dificuldade para a compreensão e apropriação dos conhecimentos pelos alunos. Assumimos que essa lide constitui um dos maiores desafios para o ensino da Eletroquímica nos anos

³⁴ Salientamos, para efeito de clareza, que a Eletrodinâmica é a parte da Física que estuda o aspecto dinâmico da eletricidade, ou seja, o movimento constante das cargas elétricas, e, portanto, das razões para o aparecimento da corrente elétrica.

iniciais. Feitas essas breves considerações iniciais acerca da Eletroquímica e o problemático contexto que seu ensino encontra, tanto em nível médio como superior, na próxima seção discutimos uma proposta para o ensino da Eletroquímica aos discentes que se deparam com essa frente da Química em caráter inicial. Apresentamos como diversos conceitos e ideias importantes podem ser contemplados, com o rigor e fidelidade conceitual que lhe são necessários, sem adentrar em discussões não palatáveis e distantes do aluno que está experienciando seus primeiros momentos com a discussão formal dessa disciplina.

Eletroquímica no Equilíbrio

Conforme apontado na seção precedente, o ensino da Eletroquímica no equilíbrio configura-se como o primeiro contato aprofundado que os alunos estabelecem com essa ciência. Foge ao escopo deste texto revisar os conceitos já extensamente apresentados aqui e em vários livros didáticos da área; pretendemos, em vez disso, abordar de modo generalista quais relações podem ser estabelecidas para que processo de ensino e aprendizagem possa tornar-se significativo, preparando de maneira mais adequada os alunos para disciplinas específicas que envolvam uma discussão aprofundada sobre esses assuntos.

O ensino da Eletroquímica no equilíbrio é, na maioria dos casos, iniciado pela análise da Pilha de Daniell, peça central deste trabalho que já foi discutida em detalhe na seção que abre este capítulo. Conforme conceituamos, o sistema encontra-se elétrico e termodinamicamente equilibrado por meio da colocação de um voltímetro em série entre os compartimentos da esquerda e da direita através de um condutor eletrônico. A presença do voltímetro, elemento que apresenta alta impedância, não permite a passagem de corrente elétrica, o que confere a manutenção do equilíbrio ao sistema. Não é incomum encontrarmos esquemas de pilhas nos quais representamos com uma seta o fluxo de elétrons, mesmo na presença do elemento resistivo. Essa característica indica que muitos autores não se atentam para os aspectos fundamentais desse sistema, ou até mesmo desconhecem factuais tais aspectos. Essa representação inadequada reforça um dos motivos para o ensino inadequado dessa ciência: a negligência ou o desconhecimento dos conceitos físicos sob os quais o sistema eletroquímico está firmado, bem como as relações que se estabelecem entre eles.

O ensino do tema frequentemente é desenvolvido a partir da definição dos elementos que constituem o sistema, bem como da sua nomenclatura específica

(cátodo, ânodo, ponte salina etc.). É também fato que a nomenclatura destes elementos inextrincavelmente envolve a profunda compreensão dos fenômenos químicos e físicos que envolvem o sistema. O exemplo mais expoente da falta de primor dos livros didáticos com respeito a essas terminologias é o uso do termo *semirreação*. Essa palavra inevitavelmente induz o aluno a conceber que apenas um tipo de processo ocorre em cada um dos eletrodos, o que não é verdade de acordo com o que já foi mostrado em seções anteriores.

Vários textos abordam o conceito de potencial de eletrodo e avançam para o cálculo da diferença de potencial das pilhas. É notado que, tanto em nível médio quanto nos anos iniciais dos cursos superiores, quando o assunto é abordado, ensinamos ao aluno apenas a sistemática do cálculo. O aluno, por sua vez, fica essencialmente condicionado a avaliar se o processo considerado é espontâneo ou não por meio da simples verificação do sinal (negativo ou positivo) da diferença de potencial da célula obtido por via matemática. Esse último tópico frequentemente encerra o assunto, sendo que o restante do trabalho em sala de aula fica restrito à avaliação da espontaneidade de diferentes pares redox no sentido do aluno aprender a partir de um processo mecânico se o sistema evolui espontaneamente ou não, sem de fato compreender fundamentalmente quais aspectos científicos governam o fenômeno.

É certo que alunos nesse estágio ainda não passaram pelos cursos que concernem a termodinâmica química, mas, uma vez se tratando, em nosso caso, de ingressantes do curso de licenciatura, cabe aqui discutir os aspectos íntimos da relação entre a diferença de potencial da pilha e espontaneidade termodinâmica para que, então, o professor possa decidir como abordar o assunto, mesmo que a classe ainda não tenha tido contato com a Termodinâmica Química.

O conceito de diferença de potencial elétrico pode ser introduzido em primeira instância sem maiores dificuldades, uma vez que esse conceito é, supostamente, abordado na disciplina de Física no Ensino Médio. Neste momento, é desejável uma revisão dos conceitos de trabalho e energia, os quais também fazem parte do currículo básico do Ensino Médio. A assunção de que todo fenômeno que envolve a transferência ou fluxo de cargas elétricas também envolve invariavelmente transferência ou fluxo de energia é o que nos permite estabelecer a relação que ansiamos entre a Eletrodinâmica e a Termodinâmica. A transferência de carga envolve o que se denomina trabalho elétrico e o aluno precisa ter pleno entendimento

de que essa grandeza envolve uma quantidade de energia em trânsito. Formalmente, a diferença de potencial elétrico (*grandeza intensiva*) é definida como o trabalho elétrico envolvido em um processo normalizado por unidade de carga elétrica:

$$\Delta E(\text{ddp}) = -\frac{W_e}{q}$$

Urge perceber que essa equação envolve uma grandeza energética (trabalho) que diz respeito à Termodinâmica e uma grandeza elétrica (carga) que diz respeito ao fenômeno elétrico. A equação é afetada de sinal negativo por mera convenção, uma vez que o trabalho, seja ele de qualquer natureza (aqui, especificamente, o elétrico), quando entregue ao meio externo é negativo. O cálculo ou a determinação da ddp de uma pilha envolve, assim, essencialmente, medir a quantidade de energia envolvida no processo que compreende a travessia de cada unidade de carga pelo sistema na ocasião da retirada do voltímetro. De sorte, através dessa grandeza, podemos avaliar a transferência do conteúdo energético de um processo por meio de uma medida elétrica, uma das mais fáceis de serem realizadas experimentalmente.

O que geralmente se observa no ensino de pilhas é que a relação entre energia em trânsito e carga elétrica não é bem estabelecida e, tanto o aluno quanto o professor, encaram essa grandeza como sendo desassociada dos conceitos termodinâmicos. O estabelecimento de um vínculo pobre entre a grandeza elétrica e a grandeza de energia é, em nosso entendimento, uma causa das maiores dificuldades encontradas no ensino da eletroquímica no equilíbrio.

Feitas essas considerações relativas aos conceitos da elétrica, mudamos nosso aporte, trazendo as contribuições da Termodinâmica em si. Ela, por sua vez, estabelece que para um processo ser espontâneo e, portanto, apresentar tendência a ocorrer, é necessário que haja um aumento da entropia do Universo. Essa afirmação consiste, em nosso entendimento, na forma mais fundamental de enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica. É fato que alunos dos anos iniciais ainda desconhecem o formalismo que leva à Segunda Lei. No entanto, é possível introduzir qualitativamente o conceito de entropia (com certo cuidado para não enveredar para uma relação direta com desordem) como uma função de estado que deve sempre aumentar para sistemas que evoluem com espontaneidade, como no caso da Pilha de Daniell quando em funcionamento em modo galvânico.

Qualquer sistema evolui espontaneamente em direção ao equilíbrio quando experimentamos o aumento da entropia do Universo, e isso pode ser abordado desde

os anos iniciais, mesmo que não se desenvolva o formalismo matemático que envolve a derivação da Segunda Lei pelo viés do trabalho de Rudolf Clausius³⁵. A sugestão talvez seja apresentar a Segunda Lei da Termodinâmica de maneira qualitativa para que o aluno possa compreender qual é o papel da *Função de Gibbs* (G) na direção da espontaneidade dos processos naturais.

No contexto do ensino superior, é comum que o conceito de *energia livre de Gibbs* seja apresentado como critério de espontaneidade sem estabelecer com rigor as relações que essa função de estado estabelece com a *entropia*, função postulada pela Segunda Lei da Termodinâmica. No caso das pilhas, sistemas que são geralmente avaliados à pressão e temperatura constantes, o aumento da entropia do Universo pode ser medido por meio da variação da *energia livre de Gibbs* e é considerado mandatório que essa relação seja esclarecida quando esse assunto é abordado. A relação matemática direta entre o aumento da entropia do Universo ($\Delta S_{universo}$) e o abaixamento da Função de Gibbs ($\Delta G_{sistema}$) é dada por meio da relação:

$$\Delta G_{sistema} = -T\Delta S_{universo}$$

Essa relação é de fundamental importância para que o aluno compreenda o motivo do uso da função de Gibbs na análise da espontaneidade de processos que ocorrem à pressão constante e não há necessidade de sua dedução nos estágios iniciais desses cursos. Há, porém, a necessidade de esclarecer que a análise da função de Gibbs (propriedade do sistema) permite inferir sobre a espontaneidade do processo avaliado, a qual envolve uma quantidade que diz respeito ao Universo. A medida que, em um processo à pressão constante, ocorre o abaixamento da função de Gibbs, isso implica invariavelmente em um aumento da entropia do Universo, o que de fato é a verdadeira causa para a evolução espontânea de qualquer sistema em busca do equilíbrio nessas condições restritivas. Em cursos de Eletroquímica avançada, esse é um conceito mandatório a ser abordado, uma vez que esse formalismo já deve ter sido apresentado nos cursos de Termodinâmica clássica. Por esse motivo, recomendamos fortemente que a disciplinas de eletroquímica avançada nas estruturas curriculares sejam oferecidas posteriormente aos cursos de

³⁵ Rudolf Julius Emanuel Clausius foi um físico e matemático alemão, considerado um dos fundadores centrais da Termodinâmica. Em 1865, foi o primeiro cientista a introduzir matematicamente o conceito de entropia.

Termodinâmica. Por outro lado, nos anos iniciais, é possível apresentar os conceitos sem o desenvolvimento matemático da Segunda Lei e da função de Gibbs. As equações podem ser apresentadas e suas variáveis significadas por meio de artifícios qualitativos.

Por fim, se estabelece a conexão entre a função de Gibbs (critério de espontaneidade) e o conceito de diferença de potencial elétrico. Esse movimento é o cerne para o desenvolvimento de um processo de ensino e aprendizagem adequado em Eletroquímica. Ocorre que, a variação da energia livre de Gibbs, além de ser decisória para avaliar a espontaneidade de um processo à pressão constante, desempenha um papel quantitativo de máxima importância; a variação dessa grandeza, em condições de temperatura e pressão constantes, é uma medida quantitativa do trabalho elétrico realizado pela pilha ao ser colocada em funcionamento:

$$\Delta G = w_e$$

É por meio da combinação dessa equação e da equação que define a ddp que se estabelece a relação entre a diferença de potencial da célula (grandeza elétrica) e a energia livre de Gibbs da reação global da pilha (grandeza termodinâmica):

$$\Delta E(ddp) = -\frac{w_e}{q}$$

$$\Delta E(ddp) = \frac{\Delta G}{q}$$

$$\Delta G = -q\Delta E$$

Como a constante de Faraday representa a carga em Coulombs de um mol de elétrons e , portanto, $q = nF$, (sendo, n , o número de elétrons transferidos no processo) a equação anterior pode ser finalmente reescrita na forma:

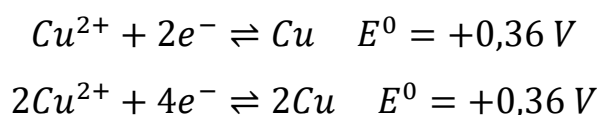
$$\Delta G = -nF\Delta E$$

Estabelecemos, assim, a relação fundamental entre a grandeza elétrica e a grandeza termodinâmica a qual permite a avaliação da espontaneidade do processo estudado.

Em posse desse resultado, é possível estabelecer a verdadeira razão pela qual ensinamos que, se a ddp da pilha é positiva o processo é espontâneo e, portanto, há uma tendência do sistema operar no modo galvânico. A equação revela que se a ddp calculada é positiva, a energia livre de reação é negativa, o que implica em um

aumento da entropia do Universo e, portanto, de acordo com a Segunda Lei, o funcionamento do sistema evolui espontaneamente. Essa análise permite que o aluno não fique restrito apenas à análise de sinal da ddp sem compreender de fato a verdadeira causa da espontaneidade do processo: o aumento da entropia do Universo. A partir dessa última equação, derivamos todas as outras envolvidas no ensino das disciplinas de Eletroquímica, com destaque para a equação de Nernst, que pode ser obtida combinando esta última com a isoterma de reação.

Para citar um exemplo da importância dessa abordagem, tomamos um questionamento frequentemente realizado pelos alunos e que dificilmente pode ser respondido sem que se considere essas relações. Ao balancear as reações catódica e anódica para produzir o balanço de massa, os alunos dificilmente compreendem porque os potenciais de eletrodo não são multiplicados pelos mesmos fatores que corrigem os coeficientes estequiométricos. Exemplificando:



Uma vez que o potencial de eletrodo é uma grandeza de energia do tipo *intensiva* e representa o trabalho elétrico produzido por unidade de carga, este não será proporcional à extensão do sistema. Assim sendo, essa abordagem também permite que o aluno compreenda que essa grandeza intensiva é obtida por meio da razão entre uma variável termodinâmica (trabalho) e outra variável elétrica (carga), ambas extensivas. Desse modo, é possível explorar a discussão que um potencial de eletrodo positivo representa um processo espontâneo, pois envolve o abaixamento de energia livre do sistema, o que implica em um aumento entrópico do Universo, sendo este, em última análise, o que determina a espontaneidade dos processos naturais.

Recomendamos, assim, independentemente da profundidade da disciplina em tela, a introdução dos conceitos elétricos e termodinâmicos e suas relações. Para nós, essas relações devem embasar os fundamentos de qualquer abordagem que se pretende adotar no ensino da Eletroquímica no equilíbrio, esclarecendo que essa ciência se constrói por meio da compreensão de fenômenos elétricos, termodinâmicos e as relações estabelecidas entre eles. Além disso, essa abordagem permite ao aluno verificar que um processo eletroquímico é controlado pelos mesmos fenômenos e conceitos que regulam a espontaneidade de processos químicos e termodinâmicos em que não há transferência de carga, possibilitando, assim, aos alunos perceberem

a Termodinâmica como ciência ampla e central na avaliação da espontaneidade dos fenômenos da natureza.

Colocadas essas palavras acerca do ensino de eletroquímica, os conceitos envolvidos na experiência que envolve a célula galvânica sob a qual nossa intervenção se baseia, na próxima seção voltamos para os aspectos qualitativos, trazendo para a discussão e comentário acerca da abordagem e desenho de pesquisa preconizados neste trabalho.

Abordagem e Desenho de Pesquisa

Na investigação científica, temos como norma o estabelecimento de um processo lógico e sequencial, que seja compatível com as intenções do pesquisador. O pesquisador, por sua vez, tem como imposição a necessidade de apropriar-se o mais profundamente possível das metodologias e técnicas que ele irá utilizar de maneira consciente e consistente, e não de maneira meramente instrumental (BEGO, 2013). Independentemente da abordagem preconizada, há de se ressaltar a necessidade de não realizar uma rotulação ou enquadramento de teor simplório da pesquisa, sob pena de realizar um enquadramento inadequado. Ainda temos que as diversas abordagens não são rígidas, sendo possível a coexistência de diferentes visões. Reiteramos, então, que o pesquisador seja justo e consciente de suas escolhas nesse processo.

Em uma categorização proposta por Moroz e Gianfaldoni (2006), abrir duas grandes categorias para a pesquisa científica: *Pesquisas que utilizam intencionalmente a manipulação direta de variáveis*, e *pesquisas que não utilizam a manipulação direta de variáveis*. No primeiro caso, a manipulação das variáveis tem como intuito o estabelecimento de relações entre elas, como dependência ou interferência, e também se aplica um tratamento estatístico aos resultados. Nessa categoria, as autoras posicionam as *pesquisas experimentais*, as *quase-experimentais*, dentre outras. No outro caso, temos que o pesquisador não pretende isolar ou controlar as variáveis presentes no seu estudo, seja pelo fato de ser impossível a manipulação ou simplesmente porque não é de interesse. Aqui as autoras encaixam, por exemplo, as *pesquisas correlacionais*, *estudos de caso*, *pesquisas de opinião*, *levantamentos*, *estudos etnográficos*.

Podemos, segundo os termos versados anteriormente, entender a pesquisa qualitativa como aquela que não utiliza de maneira direta a manipulação de variáveis,

não aplica o tratamento estatístico para a análise das informações e, principalmente, que se apoia fortemente em boas descrições do problema estudado, procurando compreender a realidade de um dado contexto de maneira holista e profunda. Temos, então, a pesquisa qualitativa com um rótulo diverso da perspectiva simplória de “pesquisa não-quantitativa”; esta possui uma identidade própria, com alicerces metodológicos e epistemológicos característicos, bem como suas potencialidades e intenções circunscritas.

[...] nas abordagens qualitativas, o termo “pesquisa” ganha novo significado, passando a ser concebido como uma trajetória circular em torno do que se deseja compreender, não se preocupando única e/ou aprioristicamente com princípios, leis e generalizações, mas voltando o olhar à qualidade, aos elementos que sejam significativos para o investigador-observador (GARNICA, 1997, p. 117).

Dialogando com a fala supracitada, observamos um declínio no uso dos métodos quantitativos, em virtude de uma busca por métodos alternativos aos modelos experimentais e aos estudos empiristas, aos quais foram suscitadas dúvidas sobre seu poder explicativo, de maneira similar com que os conceitos primários (e.g. objetividade e neutralidade) desses modelos foram postos à prova (GATTI, 2001). Nessa toada, alguns pressupostos do positivismo foram questionados e posteriormente refutados ou readequados. Assim, os termos comuns desse modelo, como a explicação, validade, fidedignidade e generalização se tornariam obsoletos e substituídos por conceitos mais adequados, como a compreensão, plausibilidade e credibilidade (ANDRÉ, 2008; FLICK, 2009).

Outra característica típica dessa abordagem [pesquisa experimental], que predominava entre as pesquisas educacionais até bem pouco tempo atrás, era a crença numa perfeita separação entre o sujeito da pesquisa, o pesquisador, e seu objeto de estudo [...] assim se procuraria garantir uma perfeita objetividade, isto é, os fatos, os dados se apresentariam tais quais são, em sua realidade evidente. O conhecimento se faria de maneira imediata e transparente aos olhos do pesquisador [...] Não há, portanto, possibilidade [se referindo a pesquisa qualitativa] de estabelecer uma separação nítida e asséptica entre o pesquisador e o que ele estuda e também os resultados do que ele estuda. Ele não se abriga, como se queria anteriormente, em uma posição de neutralidade científica, pois está implicado necessariamente nos fenômenos que conhece e nas consequências desse conhecimento que ajudou a estabelecer (LUDKE; ANDRE, 1986, p. 4 e 5).

Assim, reiteramos que a pesquisa qualitativa não é, de maneira alguma, a simples redução ao que se chama como “pesquisa não-quantitativa”. A abordagem é constituída por um conjunto de diversos pressupostos que visam a interpretação de uma realidade social de interesse partindo de uma postura que privilegia a qualidade das informações que descrevem o referido contexto,

com a interpretação de como os seres humanos constroem e dão sentido a seus “mundos” (BEGO, 2013).

Flick (2009, p. 8-12) nos confere algumas características comuns às diferentes abordagens que abraçam o rótulo de pesquisa qualitativa:

- a) Têm em comum o fato de buscarem esmiuçar a forma como as pessoas constroem o mundo à sua volta, o que estão fazendo ou o que está lhes acontecendo em termos que tenham sentido e que ofereçam uma visão rica;
- b) Os pesquisadores qualitativos estão interessados em ter acesso a experiências, interações e documentos em seu contexto natural, e de uma forma que dê espaço às suas particularidades e aos materiais nos quais são estudados;
- c) Boa parte está baseada em texto e na escrita, desde notas de campo e transcrições até descrições e interpretações;
- d) Usam o texto como material empírico e partem da noção da construção social das realidades em estudo, está interessada nas perspectivas dos participantes, em suas práticas e em seu conhecimento cotidianos relativo à questão em estudo.

Escolhemos, então, a abordagem qualitativa de pesquisa por se adequar sobejamente aos nossos interesses, uma vez que não pretendemos manipular quaisquer variáveis, tampouco realizar tratamento estatístico dos dados obtidos; nosso trabalho consiste em analisar, por meio de documentos e transcritos, a mudança espiritual que o *erro positivo controlado*, introduzido em nossa intervenção, seria capaz de produzir nos alunos. Assim, realizamos um estudo profundo e amplo de um determinado contexto social, interpretando e descrevendo as diversas ocorrências que se desenrolam em torno da nossa intervenção proposta neste trabalho.

No contexto da pesquisa qualitativa, o desenho de pesquisa tem uma definição mais abrangente e flexível quando comparado com as pesquisas quantitativas. É necessário destacar, porém, que o modo mais maleável e menos delimitado com que a pesquisa qualitativa é conduzida não implica em falta de rigor ou planejamento no procedimento de coleta e análise dos dados. Dessa forma, a determinação do desenho de pesquisa é de importância ímpar para que seus objetivos sejam alçados.

Flick (2009) propõe uma representação pictórica para os mais variados desenhos de pesquisa qualitativa, os quais poderiam ser categorizados conformes

suas respectivas posições ao longo de dois eixos principais: Um referente ao *tempo*, e outro referente à *intenção comparativa* do pesquisador. Essa representação está ilustrada na Figura 13.

Figura 13. Desenhos básicos em pesquisa qualitativa.



Fonte: Flick (2009, p. 68).

Para o autor, na dimensão temporal, temos em um extremo os *estudos longitudinais*, caracterizados pela coleta exaustiva de dados em momentos distintos para analisar possíveis evoluções e mudanças envolvendo os objetos de estudo. No outro extremo, temos os *estudos retrospectivos*, em que o pesquisador descreve um acontecimento ou processo passado, por meio de uma narrativa ou biografia. Na dimensão comparativa, temos um meio de estabelecer o grau de comparação que o pesquisador visa realizar entre seu objeto de estudo e outros similares. O *estudo de caso* cai num extremo, sendo a intenção primeira desse desenho a retratação fiel e detalhada de um determinado fato estudado, circundando o estudo e estabelecendo limites. O *estudo de caso* anseia pelo particular, pela singularidade do objeto de estudo e não possui pretensão, *a priori*, de realizar análises comparativas com os dados coletados.

Yin (2001) apresenta um conjunto de critérios para auxiliar o pesquisador a discernir se o *estudo de caso* pode ser utilizado, os quais seguem abaixo:

- a) Há interesse em conhecer uma instância em particular;
- b) Pretende-se compreender profundamente essa instância particular em sua complexidade e totalidade;
- c) Busca retratar o dinamismo de uma situação em uma forma muito próxima de seu acontecer natural.

Lüdke e André (1986, p.18, 19 e 20) sugerem uma lista de características indissociáveis do estudo de caso:

1. Os estudos de caso visam a descoberta;
2. Os estudos de caso enfatizam a “interpretação em contexto”;
3. Os estudos de caso buscam retratar a realidade de forma completa e profunda;
4. Os estudos de caso usam uma variedade de fontes de informação;
5. Os estudos de caso revelam experiência vivida e permitem generalizações naturalísticas;
6. Estudos de caso procuram representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vista presentes em uma situação social.

Diante do exposto, é possível entender que o estudo de caso deve ser utilizado quando o pesquisador tem o interesse de pesquisar uma situação a qual possui como elemento destacante a sua singularidade/particularidade. A preocupação desse tipo de pesquisa está na retratação fidedigna e holista de uma situação particular contemporânea, em condições que excedem o controle que se tem quando temos trabalhos experimentais de laboratório. Contudo, a natureza de tal desenho de pesquisa traz algumas limitações, como a impossibilidade de generalização e comparação através de artifícios estatísticos. As suas vantagens, porém, são várias, das quais podemos citar sua capacidade descritiva, a qual permite ilustrar, com profundidade, as mais diversas características dos eventos acompanhados, trazendo uma imagem concreta e densa da realidade estudada pelo pesquisador.

No contexto da pesquisa em educação, Lüdke e André (1986, p.23 e 24) ilustram a grande importância do estudo de caso para esse tipo de pesquisa:

[...] o estudo de caso ‘qualitativo’ ou ‘naturalístico’ encerra um grande potencial para conhecer e compreender melhor os problemas da escola. Ao retratar o cotidiano escolar em toda a sua riqueza, esse tipo de pesquisa oferece elementos preciosos para uma melhor compreensão do papel da escola e suas relações com outras instituições da sociedade.

Observando a natureza da nossa intervenção, essa pesquisa foi, então, desenhada como um *Estudo de Caso*, pois trata-se de um estudo profundo sobre como a estratégia didática investigativa aqui proposta impactou os alunos da turma acompanhada; analisando o repercussivo tanto em um contexto mais amplo quando da realização de grupos focais com os componentes, bem como o escrutínio do impacto individual desta atividade para com os alunos com a realização de entrevistas individuais.

Fontes, Instrumentos de Coleta de Informações e critérios de amostragem

Yin (2001) sugere que fontes de informação diversificadas não somente enriquecem a investigação delongada, particularmente os estudos de caso, mas também fornecem suporte para uma análise e argumentação mais consistente. Para o autor, nenhuma fonte de informação possui vantagem absoluta em comparação as outras; em verdade, todas as fontes de informação são complementares, e a boa pesquisa de estudo de caso utilizará o máximo de fontes de informação possíveis.

Nessa linha de raciocínio, ele também propõe três princípios para nortear a coleta de informações em estudos de caso, os quais encontram-se reunidos e caracterizados no Quadro 6.

Quadro 6. Tríade de princípios da coleta de dados para o estudo de caso.

Princípio	Característica
Utilizar várias fontes de evidência	Possibilita que as descobertas ou conclusões sejam mais convincentes e acuradas, pois obedecem a um estilo corroborativo de pesquisa
Criar um banco de dados para o estudo de caso	Aumenta notadamente a confiabilidade do estudo, já que permite a quem interessar revisar as evidências diretamente
Manter o encadeamento de evidências	Permite que um observador externo possa perceber que qualquer evidência proveniente de questões iniciais da pesquisa leve às conclusões finais do estudo de caso

Fonte: Baseado em Yin (2001, p.121-127).

Assim, com base na proposta de Yin, definimos trabalhar com duas fontes de informação: *sujeitos e documentos*. Estas, por sua vez, foram delimitadas e caracterizadas conforme discussão a seguir, além disso são discutidos os critérios de amostragem adotados para a delimitação do presente estudo de caso.

➤ SUJEITOS

Os sujeitos fazem parte do rol de alunos do curso de licenciatura cursando no ano de 2017 a disciplina de Laboratório de Ensino de Química Geral. Para fins de análise, selecionamos um dos grupos que participou da IDP-I, grupo esse que potencialmente poderia fornecer uma quantia de dados a serem analisados e discutidos adequados aos interesses do trabalho aqui apresentado.

➤ DOCUMENTOS

Documento 1: *roteiro modificado (“furado”), referente à atividade experimental de “Eletroquímica I”*. Nesse documento se encontra inserido o erro positivo controlado, contribuição desse trabalho, o qual é alicerce para o desenvolvimento da IDP-I.(Apêndice 1)

Documento 2.1: *formulário de proposição de hipóteses*. Aqui, a pretensão era que os componentes de cada um dos grupos trouxessem suas contribuições e ideias sobre os motivos para o insucesso da atividade experimental investigativa, e as conseqüentes hipóteses e propostas resolutivas para o problema. (Apêndice 2)

Documento 2.2: *roteiro provisório para a realização da atividade experimental*. Esse documento é conseqüência do anterior; aqui os alunos, após debaterem e decidirem sobre o procedimento de retificação, deveriam propor e descrever as adequações no roteiro necessárias para que a atividade experimental investigativa fosse bem-sucedida. (Apêndice 2)

Documento 3.1: *“refletindo” da atividade realizada*. Parte integrante do relatório, o refletindo propõe questões pertinentes, que possuem o intuito de promover um pensamento crítico acerca da prática, as quais devem ser respondidas e juntadas ao próximo documento. (Apêndice 3)

Documento 3.2.1: *relatório final da atividade realizada*. Após a realização da atividade experimental investigativa, os grupos confeccionaram relatórios completos sobre a atividade, contendo discussões típicas dos relatórios anteriores e também questões particulares que remetem e suportam o erro positivo controlado. (Apêndice 4)

Documento 3.2.2: *roteiro retificado e normatizado para a aula experimental de “Eletroquímica I”*. O último documento deveria trazer uma versão retificada e normatizada do roteiro “furado”, com modificações e proposições baseadas nas discussões postas nos documentos anteriores de maneira que o procedimento descrito nesse documento possibilite a realização integral da atividade experimental. (Apêndice 4)

Partindo do princípio que nenhuma fonte de informação isoladamente é capaz de fornecer informações completas e precisas sobre um determinado contexto social, foi considerada adequada a pluralidade de fontes de informação para este estudo de caso. Como esse desenho de pesquisa pretende abordar da maneira mais acurada e ampla possível a situação de interesse, o emprego de diversas fontes de informação com sua conseqüente triangulação visa dar subsídios robustos para embasar as

argumentações propostas, bem como no fortalecimento empírico da investigação conduzida.

Dessa maneira, nos próximos itens apresentamos a fundamentação teórico-metodológica e as características de cada um dos instrumentos de pesquisa empregados para a coleta de informações junto as fontes definidas.

Questionários

Malheiros (2011) coloca alguns aspectos sobre a elaboração e o emprego de questionários na coleta de dados em pesquisas. O autor descreve que, *a priori*, o questionário deve ser atrativo visualmente, de maneira a provocar o respondente; curto, para que não se torne oneroso ou cansativo para o sujeito; simples, para contornar a possível “pressa” da pessoa em chegar ao final do questionário, o que prejudicaria suas respostas caso o questionário fosse de difícil preenchimento.

Ainda é destacada a importância da confecção e escolha das perguntas para o questionário. Segundo o autor, as questões não podem aparentar uma disposição aleatória; um encadeamento lógico e progressivo entre as questões é desejado, pois:

Se o questionário é desenhado em uma ordem crescente de assuntos (do mais simples ao mais complexo, por exemplo) e leva aquele que responde a perceber uma lógica, a chance de que a pessoa responda o instrumento por completo é bem maior (MALHEIROS, 2011, p.143).

Em uma síntese sobre a forma das perguntas, Malheiros (2011) propõe uma lista a ser considerada em sua confecção, a saber:

- **Linguagem:** deve se pautar por um vocabulário adequado e respeitoso;
- **Clareza:** as questões devem ser objetivas e diretas;
- **Momento Adequado:** o momento não deve favorecer manifestações que não sejam verdadeiras;
- **Indução de respostas:** o questionário não pode induzir as respostas.

Em nosso trabalho, utilizamos um questionário para avaliação de conhecimentos sobre NdC (Apêndice 5), o qual foi o nosso ponto de partida para a aplicação da IDP-I. O questionário foi traduzido e adaptado do trabalho de Lederman e colaboradores (2002, Anexo A), no qual os autores propõem um questionário para inspeção e análise dos conceitos de NdC em alunos. Esse questionário é composto por uma série de perguntas que pretendem, por meio de diferentes abordagens e situações, facilitar a comunicação em palavras das concepções de NdC dos sujeitos, de traçar um retrato fidedigno de suas concepções íntimas sobre NdC. Assim sendo, nessa pesquisa o questionário foi empregado com o fim de estudar as concepções sobre NdC dos

alunos *antes* de realizarem a IDP-I, sendo posteriormente utilizado para confrontar essas concepções prévias com as que os alunos posteriormente colocaram nas entrevistas individuais. Ainda, o trabalho de Lederman e colaboradores (2002) foi utilizado para estabelecer categorias *a priori* que foram utilizadas nos procedimentos da AC dos dados coletados.

Grupos Focais

De acordo com Babour (2009), grupo focal é o nome dado a qualquer discussão em grupo em que as interações que ocorrem entre as partes são promovidas e estimuladas pelo pesquisador. A autora é enfática no que se refere aos cuidados que o pesquisador deve ter ao realizar um grupo focal, sempre norteado para os objetivos que ele quer alcançar com tal instrumento, e a boa escolha dos elementos que comporão a roda de discussão. Babour (2009) também sugere que os seguintes itens são necessários para a realização e condução apropriados de um grupo focal:

- Elaboração de um roteiro de condução do grupo focal;
- Seleção de materiais que auxiliem e incentivem a interação entre as partes;
- Definição da composição do grupo;
- Garantir que as partes discutam entre si, e não apenas com o pesquisador.

Segundo a autora, o grupo focal, quando aplicado de maneira rigorosa e apropriada, é capaz de descrever e explicar fenômenos de maneira singular, sendo capaz de prospectar informações em camadas subjetivamente mais profundas que outros instrumentos de pesquisa são incapazes ou dificilmente conseguem penetrar. Assim, o grupo focal, no contexto da pesquisa qualitativa, tem a intenção de captar conceitos, sentimentos, atitudes, crenças, valores, experiências, reações e mudanças sofridas pelos pesquisados por intermédio das trocas ocorridas durante o grupo.

Em vista da capacidade do instrumento de obter informações que são de difícil acesso em comparação com outros instrumentos mostrou-se interessante para fins de averiguação do impacto da IDP-I no desenvolvimento dos alunos. O roteiro que foi confeccionado para a condução do grupo focal com os grupos se encontra no apêndice 6.

O grupo focal foi, então, realizado com cada um dos grupos participantes da IDP-I, conforme descrito no Quadro 5, uma semana após a aplicação da intervenção, com o intuito de coletar informações sobre o possível impacto sofrido pelos alunos com a

intervenção proposta nesse trabalho. As informações que desejávamos coletar no grupo focal são as seguintes:

- Identificar o conhecimento dos alunos sobre eletroquímica/pilhas;
- Identificar algumas concepções espontâneas dos alunos acerca da NdC;
- Analisar o impacto do erro nos perfis emocionais e atitudinais dos alunos;
- Constatar a presença de características do “Espírito Pré-Científico”;
- Verificar evidências da formação do EspC nos alunos após a intervenção.

Como pode ser observado, o grupo focal foi o primeiro contato formal com os alunos após a aplicação da IDP-I, e tendo sido realizado em curta janela de tempo, os sujeitos foram capazes de lembrar de detalhes e minúcias ocorridas na IDP-I as quais foram expostas e colocadas durante o grupo focal, que geraram contribuições significativas para a coleta de dados nesse momento. Em seguida, na próxima seção, será discorrido sobre o último ponto de coleta de dados desse trabalho, que se deu por meio da entrevista reflexiva aliada ao protocolo da *lembrança estimulada*.

Entrevista reflexiva e lembrança estimulada

A entrevista é empregada como um dos instrumentos de pesquisa para a coleta de informações com sujeitos e se baseia em dois pilares: a ação inquisitiva e persuasiva do entrevistador para auscultar as respostas que ele anseia obter; a capacidade dos respectivos entrevistados em relatar as experiências vividas e as influências subjetivas oriundas da realidade ocorrida durante tais experiências da maneira mais genuína e verossímil que eles possam descrever. Dessa maneira, temos que a entrevista pode ser utilizada como instrumento de coleta de informações quando o pesquisador se interessa em obter impressões, concepções, crenças, significados, ideias, ou seja, todo o rol de alterações resultantes do processo de construção da(s) experiência(s) individuais do entrevistado (BEGO, 2013).

Na obra de Lüdke e André (1986), as autoras compilam as vantagens que a entrevista possui quando comparada a outros instrumentos de coleta. Para elas, a utilização da entrevista em pesquisas qualitativas:

- Permite a captação imediata e corrente da informação desejada;
- Abordagem sobre assuntos estritamente pessoais e/ou íntimos, assim como temas de natureza complexa e de escolhas nitidamente individuais;
- Permite correções, esclarecimentos e adaptações que a tornam sobremaneira eficaz na obtenção de informações desejadas.

Um ressaltado importante acerca deste instrumento de coleta é que a potência que a entrevista possui para coletar seus dados não reside tão somente nas características intrínsecas do instrumento; é de suma importância que o pesquisador venha a desenhá-la de maneira criteriosa, consciente e principalmente, que seja cuidadosamente aperfeiçoada para os sujeitos que compõem seu campo de estudo. Duarte (2004, p.216) explicita isso, indicando que as entrevistas “para serem realizadas de modo a que forneçam material empírico denso o suficiente para ser tomado como fonte de investigação, demandam preparo teórico e competência técnica por parte do pesquisador”. De forma que a apropriação do conhecimento que subjaz este instrumento de coleta são de importância ímpar para que os dados coletados façam jus à análise científica destes.

Nesse contexto da competência do pesquisador para obter resultados de relevância científica, Szymanski (2010) salienta a natureza complexa e intrínseca deste instrumento de coleta, a qual é natural ao notarmos que os sujeitos de estudo são seres humanos. Neste enquadramento, o instrumento permeia as esferas não somente psicológicas e cognitivas do indivíduo, mas também as mais arraigadas, como seus conceitos de ética e conjunto de expressões afetivas. Levando em consideração estas tipicidades do instrumento, é inevitável que, na entrevista individual fatores como o gênero, idade, nível socioeconômico e cultural, aparência dentre outros sejam cruciais na circunscrição das informações obtidas pela entrevista.

As autoras ainda comentam que diversas circunstâncias que afloram, permeadas pelo contexto social e psicológico, como o fato das pessoas terem medo de responder as perguntas com sinceridade, por estarem procurando alguma forma ou tipo de aprovação do entrevistador, estarem inseguras acerca do tema indagado e, até mesmo por motivações subjetivas, esconderem informações por livre e espontânea vontade. O próprio entrevistador não é blindado contra esses fenômenos íntimos, sendo este também afetado singularmente por cada um dos entrevistados; a sua oratória, sensação de conforto, expectativas e comportamento podem variar significativamente conforme a ocorrência ou não de interações prévias com o entrevistado.

Desse modo, no âmbito da pesquisa científica, a entrevista se dá por intermédio de uma interação humana e, inevitavelmente, está sujeita à miríade de perturbações e particularidades típicas dessa relação de elevada complexidade. Portanto, para cercar e obter uma coleta de dados mais polida, o pesquisador deve atentar-se aos

diversos elementos que concernem a interação discursiva, tanto na esfera verbal, quanto na esfera não-verbal, e empregá-la de maneira a dirimir os elementos que são passíveis de serem eliminados, e minimizar os demais elementos negativos.

Duarte (2004, p. 220) destaca que “quando realizamos uma entrevista, atuamos como mediadores para o sujeito apreender sua própria de outro ângulo, conduzimos o outro a se voltar sobre si próprio; incitamo-lo a procurar relações e a organizá-las”. Acompanhando essa contiguidade de ideias, Szymanski (2010, p. 14) comenta acerca da relevância do pesquisador estar bem atento sobre a interação *entrevistador-entrevistado*:

[...] a entrevista também se torna um momento de organização de ideias (sic) e de construção de um discurso para um interlocutor, o que já caracteriza o caráter de recorte da experiência e reafirma a situação de interação como geradora de um discurso particularizado. Esse processo interativo complexo tem um caráter reflexivo, num intercâmbio contínuo de significados e o sistema de crenças e valores, perpassados pelas emoções e sentimentos dos protagonistas.

Vista a diversidade de fatores que permeiam este instrumento de coleta de dados, repleto de aspectos interacionais e subjetivos, Szymanski propõe a então chamada *Entrevista Reflexiva*. Esta finda por coarctar a entrevista por intermédio de um percurso metodológico, promovendo a interação entrevistador-entrevistado respeitosa, não avaliativa e reflexiva. Assim, sendo adequadamente conduzida, o pesquisador é capaz de coletar informações relevantes de sujeitos que são componentes de diferentes estratos sociais, crenças e valores, opiniões pessoais e noções particulares de ética (BEGO, 2013).

Para a realização das entrevistas, foi elaborado um roteiro para entrevista individual, construído especificamente para a análise em profundidade dos efeitos que a atividade investigativa aqui proposta exerceu em cada um dos alunos. Por se tratarem de alunos ingressantes, o roteiro foi especialmente desenhado de maneira a tornar a experiência da entrevista a mais agradável possível, pois, a grande maioria deles nunca dantes fora entrevistado ou inquirido acerca de alguma atividade realizada. Uma atenção maior também foi dada para um acessório inserido na entrevista reflexiva, que foi a *lembrança estimulada* (do inglês, *Stimulated Recall*).

O roteiro em si consistiu de um único bloco, o qual foi concebido com especial cuidado na seção preambular que concerne a *apresentação, as considerações gerais e a valorização da participação* do entrevistado. As questões do bloco em si trataram de uma questão aquecedora, uma questão desencadeadora, duas questões de

aprofundamento, sendo finalizado, então, com uma questão de encerramento de bloco. Todas as questões, excetuando a questão de fechamento, são adidas de questões suporte, as quais exercem a função de estimular a lembrança do entrevistado acerca do fato estudado. Após a realização das entrevistas, as mesmas foram transcritas e revisadas.

Pensando nas questões de pesquisa, em especial a prospecção de evidências de formação do Espírito Científico nos alunos, a qual é fortemente arraigada em mudanças posturais, atitudinais e de modos de comunicação, a *Entrevista Reflexiva*, aliada a *lembrança estimulada*, se demonstrou adequada para os nossos fins. Sua capacidade peculiar de abordar temas de natureza complexa, bem como a discussão de temas mais íntimos e particulares, os quais a vasta maioria dos instrumentos de coleta de dados falham em obter dados de significância científica, enquanto que a *lembrança estimulada* exerce o trabalho de tornar mais evidente o contraste entre a mentalidade do aluno antes e depois da execução da atividade investigativa, que por sua vez é possivelmente capaz de prover noções para o pesquisador da formação do Espírito Científico no entrevistado.

Com frequência nos deparamos com situações que fazem com que tanto o pesquisador, quanto os pesquisados, mudem de parâmetros ou de opiniões, durante o curso de sua pesquisa. Dois fatores são notáveis nessa questão: o grau ou profundidade da mudança, e a motivação, ou origem, isto é, se a mudança é de natureza *intrínseca* ou *extrínseca*, variando de maneira contínua entre esses extremos. No que se refere a mudanças posturais, atitudinais e comportamentais dos pesquisados, determinar o que, genuinamente, originou tais mudanças, e o impacto que o fator disparador causou no pesquisado pode ser de valor imprescindível para o pesquisador. Tal informação pode, por exemplo, vir a ser triangulada com outras fontes de informação e, desta forma, com um panorama subjetivo oriundo do pesquisado aliado à visão objetiva obtida com a análise documental, este pode avaliar com razoável robustez a qualidade do seu trabalho, e obter indícios de quais elementos deste possuíram papel fulcral, e quais tiveram efeito coadjuvante.

De acordo com o estudo de Shubert e Meredith (2015), “acessar” as ideias de estudantes sobre termos como conhecimento, conhecer e aprender, exige um processo de coleta de dados que não é disponível imediatamente por meio da *observação direta*. O processo de verbalização do “pensar”, que configura um movimento de elevada complexidade cognitiva, pode ser oneroso para o pesquisador

e cansativo para o aluno. A *lembrança estimulada*, porém, pode facilitar essa tarefa se aplicada corretamente.

Os autores colocam que uma entrevista que empregue a *lembrança estimulada* se desenvolve em dois passos: em um primeiro momento, o pesquisador deve gravar a atividade a qual ele deseja *resgatar* a memória posteriormente; depois, este elabora um protocolo para condução de entrevista *reflexivo*, que incite o participante a refletir sobre a experiência vivida quando aliado ao elemento facilitador da lembrança, no caso a gravação. Dessa maneira, os autores sugerem que a entrevista com *lembrança estimulada* é capaz de prover acesso a dados inacessíveis e até “privilegiados”, e o volume de experiências relembradas é significativamente maior quando comparado com uma entrevista que não emprega nenhuma metodologia (GAIER, 1954, aspas dos autores).

Neste trabalho, um dos pontos chave da IDP-I é justamente a possibilidade de ocorrer uma mudança *espiritual* no aluno, em que este, assumindo a existência do *espírito pré-científico*, venha a exibir características do *espírito científico*, as quais são difíceis de serem caracterizadas por meio da observação direta. Desta forma, a *lembrança estimulada* se demonstrou uma técnica valiosa para os nossos fins e decidimos inseri-la como um suporte a entrevista reflexiva.

O procedimento para realizar as entrevistas se deu da seguinte maneira: seguindo a recomendação dos artigos supracitados, a entrevista individual foi realizada entre 20 a 40 dias depois da realização da IDP-I. Os alunos foram convidados individualmente para fornecerem um dia e horário que estivessem disponíveis por pelo menos uma hora, janela de tempo julgada satisfatória para que a entrevista seja realizada em um ritmo agradável. Os alunos que se prontificaram foram entrevistados em sua grande maioria das vezes na sala de reuniões do Departamento de Química Geral e Inorgânica (DQGI) dessa Instituição de Ensino Superior, em virtude de ser um local amplo e confortável para a condução da entrevista. As entrevistas foram conduzidas seguindo o protocolo do roteiro de condução de entrevista reflexiva encontrado no apêndice D. Esse roteiro, por sua vez, era composto por perguntas de aquecimento, desencadeadoras, e perguntas suportes, bem como frases específicas inseridas dentro da oração da pergunta, com o fim de estimular a lembrança dos fatos sociais, pessoais e cognitivos vivenciados pelo entrevistado. O substrato que empregamos para promover a lembrança desejada foi o questionário de NdC (apêndice 5), que foi respondido pelos alunos em momento prévio a IDP-I.

Este foi então utilizado junto a um roteiro de condução de entrevista reflexiva (apêndice 7) que foi desenhado com perguntas especialmente planejadas para auxiliar o processo de resgate de lembranças, foram realizadas então entrevistas *individuais* com os alunos, a fim de tentar coletar dados que possam caracterizar indícios da formação do *Espírito Científico*.

Procedimentos de Análise de Dados

Análise de Conteúdo (AC)

A Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) é um método de análise textual qualitativa que permite ao pesquisador realizar uma leitura aprofundada, detalhada e sistematizada do(s) documento(s) analisados, de maneira a distanciar a leitura técnica, exigida pela análise documental, da leitura simplista e ingênua característica da leitura comum de textos.

Bardin (2011) comenta que, no processo da análise de documentos, o procedimento deve ser distinguido em três pormenores: tratamento estatístico; estabelecimento de inferências; produção de interpretações. Estes, por sua vez, são caracterizados da seguinte forma:

- O tratamento estatístico pretende a classificação das informações contidas no texto para, então, realizar uma análise categorial, a qual se dá por meio da ordenação, sistematização e enumeração dos conteúdos dispersos no texto. Estes dados são trabalhados de maneira a serem separados em unidades de significados que se adequem às questões de pesquisa.
- A produção de inferências reside na dedução lógica de fatores que venham a culminar o rol de características mineradas no tratamento estatístico, ou seja, é um processo que compreende a descrição e interpretação dos dados brutos obtidos pelo pesquisador no item anterior.
- As interpretações, peça-chave e elemento finalizador do processo da AC, tem como intuito a apresentação dos resultados significativos e explicações das evidências coletadas nas etapas antecedentes, bem como realizar ponderações acerca dos objetivos preconizados pelo pesquisador.

Na ocasião deste trabalho, diversas fontes de informação são empregadas e uma parcela de elevada significância provém de documentos textuais que necessitam de rigoroso tratamento para a prospecção e análise dos dados obtidos. Assim, foi natural que escolhêssemos a AC para o tratamento e análise das informações

oriundas deste Estudo de Caso. O processo de categorização se constituiu na classificação de elementos específicos de um conjunto por categorização, seguido de reagrupamento por gênero, por meio do estabelecimento de critério semântico.

Para o nosso trabalho, trabalhamos com categorias *a priori* e categorias *a posteriori*. As categorias *a priori* que empregamos foram as propostas por Lederman e colaboradores (2002) em seu trabalho. Essas categorias foram utilizadas para a análise do questionário sobre NdC e as entrevistas individuais.

As categorias *a posteriori* foram empregadas para o grupo focal e documentos físicos. Estabelecemos um grupo de categorias analíticas a partir da leitura criteriosa e análise do áudio da transcrição do grupo focal, um segundo grupo de categorias analíticas foi obtido por meio da leitura crítica dos documentos físicos.

Triangulação

O procedimento de triangulação das informações é capaz de tornar a análise dos dados algo mais apurado e confiável, pois, ao empregar diversos instrumentos de coleta de informação em conjunto com o fim de obter um panorama mais geral e real do objeto estudado, as informações como um todo tornam-se mais fundamentadas e minimizam as limitações singulares de cada instrumento. Flick (2009, p.72) afirma que o processo de triangulação de informações, alicia métodos e produz dados:

[...] que possibilitem entender o sentido subjetivo e uma descrição de práticas e meios sociais [...] no emprego de uma abordagem interpretativa das práticas sociais, que devem ser combinados a uma abordagem reconstrutiva para analisar pontos de vista e sentidos além de uma situação ou atividade atual.

O autor ainda reforça que o intento do processo de triangulação de informações é a produção de uma linha argumentativa que ligue as diversas perspectivas teóricas utilizadas, e não a simplória justaposição de dados obtidos por diferentes instrumentos de coleta.

O processo de triangulação das fontes de informação empregadas neste trabalho relacionado às suas respectivas questões de pesquisa se encontram no Quadro 7.

Quadro 7. Síntese e relação entre as questões, fontes e instrumentos de pesquisa.

QUESTÃO DE PESQUISA		FONTES DE PESQUISA (Modalidade e Tipo) e INSTRUMENTOS DE PESQUISA				
		SUJEITOS		DOCUMENTOS		
		Alunos do 1º Ano do curso de Licenciatura		Roteiro Modificado	Questionário	Formulário de hipóteses Roteiro Retificado
N.	Enunciado	Grupo Focal	Entrevistas Individuais	Análise de Conteúdo		
1.	Qual é a influência da intervenção na mudança de concepção sobre a NdC dos alunos?		X		X	
2.	De que modo a ocorrência do erro positivo controlado impacta sobre a experiência comum dos estudantes em relação ao experimento?	X	X			X
3.	Como participar da intervenção contribui para a aprendizagem dos conceitos de eletroquímica envolvidos no experimento?	X		X		X

Fonte: Elaboração própria.

Temos, estabelecido no Quadro 7, o diálogo que ocorre entre as questões de pesquisa e suas respectivas fontes e instrumentos de pesquisa. Para a questão de pesquisa número um, que trata acerca das concepções de NdC dos alunos, optamos por triangular o questionário com as entrevistas individuais. Isso foi preconizado principalmente pela ocasião de termos utilizado o acessório da lembrança estimulada nas entrevistas. O questionário seria, como mencionamos previamente, o elemento facilitador do resgate da lembrança dos alunos sobre suas concepções de NdC no momento do questionário (prévio à intervenção) as quais seriam comparadas com as concepções posteriores à intervenção. Ainda, temos a questão da praticidade e factibilidade que o questionário fornece aos alunos em comparação com outros instrumentos de coleta documentais. A entrevista individual em si foi escolhida, por sua vez, em razão de suas potencialidades (e.g. maior liberdade e sensação de bem estar do sujeito para com a entrevista) para revelar as concepções de NdC dos sujeitos.

Para a questão de pesquisa número dois, levantamos três instrumentos, que foram o grupo focal, as entrevistas individuais e o formulário de hipóteses/roteiro modificado. A escolha desses instrumentos se baseou, principalmente, na relação que cada um dos instrumentos estabelece com o ponto nevrálgico da questão, que é o

impacto da intervenção com respeito à experiência comum dos sujeitos. As entrevistas individuais, como pode ser observado no Apêndice 7, possui questões auxiliares especialmente desenhadas com o propósito de investigar esse impacto. Por exemplo, temos as questões de aprofundamento 1.2, as quais se referem a diversos fatores que se relacionam com aspectos típicos do embate da experiência comum versus experiência científica. Esses aspectos típicos são facilmente confrontados com a fala dos sujeitos durante o grupo focal, que também foi desenhado com perguntas desenhadas com esse propósito. Os documentos selecionados, por fim, estabelecem um papel importantíssimo para essa questão. Eles trazem, a princípio, uma noção geral do grupo dos sujeitos, com ideias que supostamente foram discutidas e aceitas pelos sujeitos no seu corpo do texto, bem como uma descrição do protocolo resolutivo adotado pelos alunos durante a intervenção (com o formulário de proposição de hipóteses). Esses dados obtidos pelos documentos se revelarão muito importantes em um movimento posterior, na análise e discussão de dados desse trabalho.

Por fim, para a questão de pesquisa número três, temos como cerne a contribuição da intervenção para a compreensão dos conceitos de eletroquímica pelos sujeitos. Diferentemente das questões de pesquisa anteriores, essa questão não trata diretamente da análise de um repercussivo da intervenção, mas sim de como essa intervenção possivelmente promoveu uma melhor compreensão dos conceitos precípuos dessa atividade experimental. Assim sendo, as questões colocadas para os sujeitos no grupo focal se revelaram como sendo de grande valia para esse fim. Apesar do enfoque do grupo focal ser algo mais subjetivo, e os documentos levantados para essa questão de pesquisa serem de caráter primariamente objetivo, os dois instrumentos se completam, pois ocorre uma relação de causa e efeito entre eles. No grupo focal, os alunos teriam a liberdade para expor suas ideias enquanto grupo que levaram para as resoluções que foram escritas e defendidas nos documentos. Dessa maneira, seria possível, por exemplo, analisar a congruência da fala dos sujeitos no grupo focal com suas ações e ideias registradas no formulário e roteiro retificado. Assim, um instrumento poderia ser utilizado para criticar ou endossar achados do outro, e vice-versa.

Realizada então essa exposição do movimento analítico que realizamos com o fim de estabelecer as relações expostas no Quadro 7, finalizamos essa seção e esse capítulo de procedimentos metodológicos. No capítulo seguinte, trataremos todos os

dados que foram amostrados e levantados para compor o movimento de análise e discussão desse trabalho.

Resultados e Discussão

Discorreremos, neste capítulo, acerca dos dados empíricos que foram levantados os quais posteriormente levaram as respostas das questões de pesquisas e consequente resolução do nosso problema de pesquisa aqui proposto. Dessa maneira, dispomos este capítulo em algumas seções, a saber: Análise das compreensões prévias dos sujeitos sobre a Natureza da Ciência; análise dos documentos textuais do grupo estudado; análise das compreensões sobre NdC e desenvolvimento do EspC dos sujeitos após a IDP-I.

Todos os dados coletados foram agrupados e triangulados para propor ideias coerentes acerca de como que a IDP-I afetou a visão de NdC dos sujeitos, como ela auxiliou no entendimento e compreensão dos conceitos eletroquímicos envolvidos nesta intervenção, e como que todo esse arranjo pôde avivar o EspC dos sujeitos investigados.

Análise das concepções prévias dos estudantes sobre a Natureza da Ciência

Nesta seção, apresentamos, na sequência: categorias que foram utilizadas para a análise dos questionários sobre NdC de Lederman e colaboradores (2002), bem como a caracterização completa dos aspectos particulares de cada categoria e os tipos de visões relacionados a cada uma delas; a análise das respostas dos sujeitos, sendo composta por uma caracterização individual e posterior panorama geral do grupo investigado.

Categorias empregadas na AC

As categorias empregadas nos procedimentos da AC dos documentos foram estabelecidas *a priori* com base no artigo de Lederman e colaboradores (2002), sendo elas 13 no total. As categorias seguem abaixo, conforme sequência estabelecida pelos autores:

1. Natureza Empírica da Ciência (NdC-E);
2. Método Científico (MC);
3. Estrutura Geral e Objetivos da Experimentação (EgOE);
4. Conhecimentos precedentes na Experimentação (CPE);
5. Validez de Teorias e Conhecimentos Empíricos (VTC);
6. Natureza Tentativa da Ciência (NdC-T);
7. Diferenças e Relações entre Teorias e Leis (DRTL);

8. Teorias Científicas: função (TC-F);
9. Teorias Científicas: testes de validação (TC-T);
10. Natureza Criativa da Ciência e Imaginação (NdC-CI);
11. Inferência e Construtos Teóricos (ICT);
12. Papel dos Conhecimentos Precedentes (NdC-CP);
13. Dependência Social e Cultural da Ciência (DSCC);

Em mão das categorias, partiremos, então, para uma análise de cada uma das delas, com o fim de compreender de fato quais são os conceitos e ideias que as permeiam e assim poder nos apropriar do arcabouço teórico que sustentou todo o procedimento da AC realizado. Assim sendo, os parágrafos seguintes contêm o resultado da integração entre as ideias próprias de Lederman e colaboradores (2002) com a interpretação e concepções próprias sobre cada uma das categorias.

Lederman e colaboradores (2002) colocam que a ciência é, no mínimo, parcialmente baseada na observação de fenômenos, sendo eles *naturais* ou *fenomenotécnicos*. Dessa maneira, a observação desses fenômenos é *sempre* permeada por nossos *sentidos*, e a *extensão deles por meio da instrumentação científica*, sendo tal observação *fundamentada em teorias científicas* que nos auxiliarão na interpretação dos dados obtidos. Por fim, temos que, previamente à experiência, ainda ocorre um *levantamento de hipóteses e ideias* sobre o experimento. Portanto, para Lederman e colaboradores (2002) a noção de NdC-E mais informada se caracteriza pela menção dos elementos previamente descritos que, frequentemente, são encontrados em conjunto. Noções menos informadas estariam baseadas em ideias mais superficiais, como, por exemplo, a ciência possuindo como fim provar fatos, acumular observações e afins.

Uma das mais comuns concepções equivocadas de ciência, segundo Lederman e colaboradores (2002), é justamente a existência de um “Método Científico”. Essa concepção remete aos trabalhos de Francis Bacon, nos quais o cientista propõe que o protocolo indutivista para a observação e análise de fenômenos *garantiria* a obtenção do conhecimento correto acerca do fenômeno observado. Ao longo dos séculos, outras correntes filosóficas assim como a de Bacon surgiram com ideias similares e foram derrubadas; porém, ainda são explicitamente ensinadas em sala de aula e dão base para livros didáticos. O mito do “Método Científico” (LEDERMAN *et al.*, 2002, p. 501) é geralmente composto pela crença de que existe um procedimento em etapas único que todos os cientistas seguem na lide científica. É, no entanto, fato

notório na literatura (AAAS, 1993; National Research Council, 1996) que não existe uma maneira única e particular que é capaz de garantir o desenvolvimento de conhecimento completamente válido e não substituível por conhecimentos construídos posteriormente. Outrossim, sabemos que os cientistas *observam, comparam, fazem medidas, testam, especulam, levantam hipóteses, criam ideias e modelos teóricos*. Contudo, a concepção de que existe apenas um único procedimento que organize as ações supracitadas de maneira a garantir a obtenção de conhecimento válido é completamente equivocada, e aspectos que reflitam ideias que se alinham com essa visão rígida e protocolar de MC foram considerados pelos autores como noções menos informadas de NdC. Noções mais informadas de MC seriam caracterizadas justamente pela assunção de não haver essa rigidez na lide científica. Mais noções trariam, por exemplo, citar o emprego dos conceitos grifados e outros específicos de cada investigação científica supracitados, os quais são dispostos e possuem sequenciamento (ou não) que são peculiares e característicos da investigação delineada.

Vale ressaltar que esses dois parágrafos, que descrevem a visão dos autores acerca das duas primeiras categorias, dão largo suporte para a compreensão acerca das demais categorias. Por exemplo, podemos afirmar, baseado nos expostos anteriores, que o experimento científico, apesar de Lederman e colaboradores (2002) considerarem como uma das bases da ciência, não pode comprovar teorias ou hipóteses por si só; o sucesso ou o insucesso dele pode meramente creditar ou descreditar a validade da teoria científica ou hipótese sob a qual nos baseamos para interpretá-lo; ainda, acordando com o discurso sobre MC dos autores, qualquer aspecto interpretativo que venha a se alinhar com ideias como *rigidez, infalibilidade* e similares evidenciam uma noção equivocada sobre o experimento. Interpretamos, então, que a categoria sobre a Estrutura Geral e Objetivos da Experimentação (EgOE) teria como noções menos informadas aquelas que se relacionam com aspectos relacionados ao acúmulo de informações, comprovação de hipóteses e validação de teorias. Na outra mão, noções mais informadas trazem aspectos como a natureza não protagonista da experimentação, e indicativos sobre o teor de controle e manipulação de variáveis que a experimentação possui.

Acerca das duas categorias (CPE e NdC-CP) que tratam do papel dos conhecimentos precedentes e de expectativas e hipóteses prévias à experiência, os autores são taxativos: o conhecimento científico é embasado em pressupostos

teóricos. Para eles, as crenças, conhecimentos prévios, treinamento, experiências e expectativas exercem de fato influência em sua lide (LEDERMAN *et al.*, p. 501, 2002). A união dos fatores subjacentes supracitados inevitavelmente afetam e influenciam o a maneira com que eles trabalham, em todos os aspectos (aproximação inicial ao problema, experimentos designados, observações realizadas, etc.), de maneira que o *modus operandi* resultante do cientista, o qual pode se chocar ou se alinhar com o de seus pares possui parcela significativa de relevância na produção do conhecimento científico. Conforme eles colocam, essa concepção contrasta totalmente com a concepção indutivista e errônea de que a ciência sempre começa a partir de observações neutras.

Dessa maneira, interpretamos que, apesar da larga similaridade entre as duas categorias, a categoria CPE trata majoritariamente acerca da existência e da natureza das expectativas prévias à experiência. Assim, visões menos informadas seriam aquelas relacionadas à necessidade de um comportamento de neutralidade frente ao experimento a ser realizado, de maneira a evitar quaisquer visões tendenciosas ou ideias que venham a desvirtuar e corromper a validade do experimento. As visões mais informadas seriam aquelas relacionadas a ideias que remetam justamente à inevitabilidade de termos ideias gerais e um fundo teórico prévio sobre a experiência realizada. A categoria NdC-CP, por sua vez, possui relação substancial com o trabalho científico e como ele é desenvolvido, apesar de, claramente, também se aplicar a lide científica desempenhada por alunos em um laboratório didático. Assim, foi considerado que visões menos informadas estariam alinhadas com aspectos indutivistas na maneira de lidar com a experiência, tais como a dependência de uma postura neutra perante o fenômeno, a natureza insubstituível da observação na validação de conhecimentos e o acúmulo de dados como elemento comprobatório de hipóteses. As visões mais informadas seriam aquelas que mencionam os vários aspectos subjetivos previamente citados que delineiam a investigação científica, como eles afetam e possivelmente modificam a maneira com que determinado fenômeno estudado é interpretado e, assim, também afeta o conhecimento construído a partir dessa investigação.

Partindo agora para uma discussão de teor diferente das categorias anteriores, tratamos dos aspectos relacionados às *teorias e leis científicas*. Para efeito de esclarecimento, teorias científicas são construtos explicativos, os quais são bem estabelecidos, substancialmente fundamentados e consistentes consigo mesmos

(LEDERMAN *et al.*, 2002). Sendo assim, as teorias científicas têm como principal propósito embasar, explicar e relacionar um leque de observações e fenômenos que, em uma inspeção superficial, não teriam qualquer envolvimento. Elas também, por vezes, agraciam e contemplam mais de um campo de estudo. Os autores dão o exemplo da Teoria Cinética para exemplificar: essa teoria possibilita a compreensão e sustenta observações que abrangem fenômenos sobre o estado físico da matéria, a velocidade das reações químicas e fenômenos de transporte de calor. Assim sendo, Lederman e colaboradores (2002) consideram que as teorias científicas, por serem baseadas em assunções e colocações axiomáticas, não podem ser diretamente testadas. As evidências experimentais teriam a capacidade de apenas suportar e auxiliar em sua validação, ou o oposto, descreditar e diminuir o nível de confiança dos cientistas em relação à teoria que suporta o fenômeno investigado.

Leis científicas, por outro lado, são conceituadas de maneira completamente distinta das teorias. Para os autores, leis científicas são afirmações descritivas sobre relações de fenômenos observáveis. Teorias, em mão diversa, são explicações inferidas para fenômenos ou padrões observados em fenômenos. Tendo em mãos essa distinção entre os dois elementos, compreendemos que visões menos informadas sobre DRTL estabelecem relações de hierarquia entre leis e teorias, e que uma teoria, por ser reiteradamente suportada por evidências, pode tornar-se uma lei. Visões mais informadas estão relacionadas à ausência de relações hierárquicas entre elas, bem como a explicitação de seus aspectos particulares, como o aspecto descritivo das leis, o fundo inferencial das teorias, o caráter de embasamento delas, bem como sua não-necessidade de serem provadas empiricamente.

Aproveitando a discussão acerca de teorias e leis científicas, abordamos agora duas categorias que se depreendem da categoria anterior (DRTL): as categorias VTC, TC-F e TC-T. Todas elas dialogam com os aspectos sobre teorias científicas colocadas anteriormente, porém se referem a elementos específicos sobre teorias científicas. A categoria VTC conversa acerca da questão mui importante dos requisitos para que uma teoria científica possua validade perante a academia. Lederman e colaboradores (2002) entendem que, pela natureza das teorias, que é axiomático e abstrato com frequência, e também costumam lidar com não observáveis, as teorias não podem ser diretamente testadas. Os cientistas devem, assim, se apoiar em evidências indiretas para suportá-las e elevar seu nível de confiabilidade. Assim sendo, a categoria VTC tem as visões menos informadas caracterizadas como

aquelas que exigem o fato de as teorias obrigatoriamente terem de sofrer testes para possuir validade, e a menção à “precisão” de experimentos para o desenvolvimento do conhecimento, uma ideia ingênua originária do positivismo. As visões mais informadas sobre essa categoria são aquelas que adotam a não-necessidade de algum tipo comprovação experimental para que as teorias sejam válidas, bem como a possibilidade de avaliação indireta³⁶ de teorias. A categoria TC-F, por exemplo, tem um viés epistemológico, uma vez que discute o porquê de as teorias científicas existirem, qual são seus propósitos e porque são utilizadas. As visões menos informadas sobre isso seriam, então, aquelas que afirmam que teorias são *ideias não testadas*, ou que ainda não satisfazem a comunidade científica, ou seja, visões que estão intimamente ligadas ao conceito indutivista da experiência com o fim de validação de hipóteses e com a suposta relação hierárquica entre teorias e leis. As visões mais informadas, por sua vez, sustentam a ideia de que as teorias no meio científico possuem significado distinto do usual; que elas possuem evidências que as suportam e superaram tentativas de falseá-las³⁷. A categoria TC-T se refere especificamente à significância e necessidade do teste de teorias científicas. Dessa maneira, visões menos informadas seriam aquelas que, novamente, se apoiam em conceitos fundamentalmente indutivistas, trazendo aspectos como a existência de teorias que não podem ser comprovadas porque sua recriação é impossível e/ou porque o tempo necessário para coletar dados suficientes para indicar sua validade é quimérico (e.g. teoria da evolução). Visões mais informadas, por seu turno, trazem consigo a ideia de que as teorias não precisam ser diretamente provadas para terem validade; podemos, por intermédio de fenômenos indiretamente relacionados endossar o suporte à tal teoria, ou ajudar a descreditá-la.

Continuando as ideias colocadas nos parágrafos anteriores, falamos neste ponto do texto sobre a categoria ICT, a qual lida com a questão da *observação versus inferência*. Como Lederman e colaboradores (2002, p. 500) colocam, os alunos devem ser capazes de fazer clara distinção entre o que é *observar* e o que é *inferir*. Para os autores, “observações são afirmações descritivas de fenômenos que são diretamente acessíveis pelos sentidos (ou pela extensão deles), as quais são obtidas sem maior esforço mental (...). Em contraste, inferências são afirmações sobre fenômenos que

³⁶ Para uma explicação mais aprofundada desse conceito, Cf. Lederman *et al.* (2002), p. 500, 515 e 516.

³⁷ Aqui, o sentido de falsear é o sentido dicionarizado, não o sentido falsacionista de Popper.

não são diretamente acessíveis aos sentidos”. Por exemplo, a noção de *gravidade* é de natureza completamente *inferencial*, pois jamais se poderá *observar* a força da gravidade diretamente; apenas temos acesso aos supostos efeitos que ela produz em um corpo que está sob ação dela. O adequado entendimento da natureza inferencial de certos fenômenos e construtos é especialmente importante para concebermos adequadamente, por exemplo, o que é um átomo ou uma molécula.

Dessa maneira, as visões menos informadas acerca da categoria ICT seriam aquelas relacionadas principalmente com a questão da observação de fenômenos como peça fundamental e indissociável do processo de construção do conhecimento científico, bem como a concepção inadequada de fenômenos de natureza *inferencial*. As visões mais informadas seriam aquelas que são capazes de realizar a clara distinção entre o processo de observação e inferência, além de ideais razoáveis acerca de conceitos e construtos de natureza inferencial.

É possível, sem prejuízo conceitual, então dizer que o desenvolvimento do conhecimento científico envolve a observação de fenômenos naturais ou fenomenotécnicos e a proposição de explicações de teor teórico para elementos não observáveis. É evidente, portanto, que o desenvolvimento do conhecimento científico envolverá, inevitavelmente, a imaginação e criatividade do(s) cientista(s) envolvido(s) na investigação dos fatos. Ao contrário do entendimento comum, a lide científica não é um processo mecânico, puramente racional e ordenado, “sem vida”; a ciência requer por vezes a criação de explicações e construtos teóricos que em sua concepção requerem imensa criatividade dos cientistas. Concebemos, então, que para a categoria NdC-CI, as visões menos informadas são aquelas relacionadas a concepções ingênuas como a necessidade em um pensamento objetivo por parte do cientista em detrimento do subjetivo, e um mecanicismo mental intrínseco à lide científica. As visões mais informadas são aquelas que se relacionam com a evidente aceitação de processos criativos e imaginativos na construção do conhecimento científico, e sua importância no avanço dos conhecimentos científicos ou na retificação de conhecimentos obsoletos.

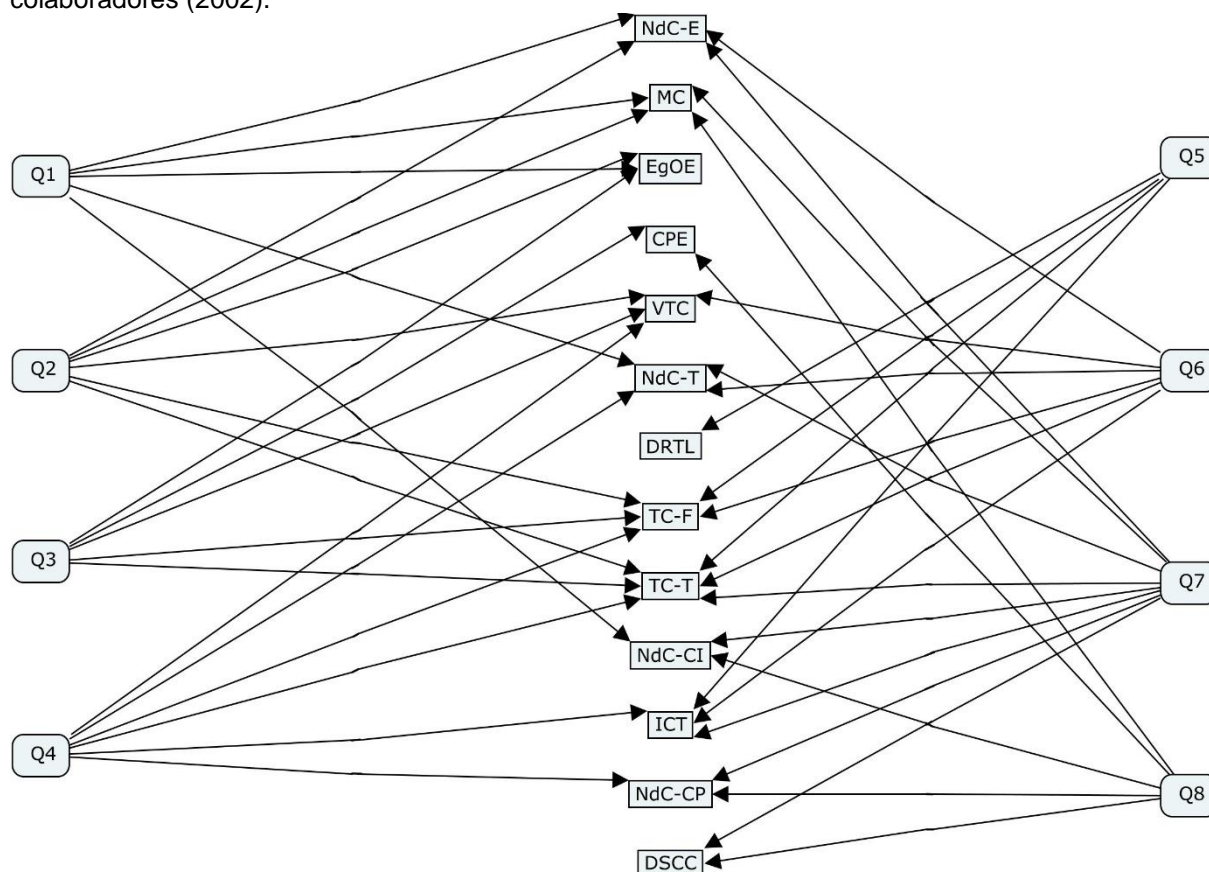
Para Lederman e colaboradores (2002, p. 501) a ciência, como uma construção humana, é praticada no contexto de uma cultura e inevitavelmente seus praticantes são produtos dessa cultura. Assim sendo, a ciência também o é, e os vários elementos culturais e sociais que influenciam o indivíduo que pratica ciência também afetam a própria ciência. Temos, como exemplo de potenciais elementos influenciadores, as

camadas sociais, esferas do poder, a política, fatores socioeconômicos e até nuances filosóficas e religiosas. Dessa maneira, a categoria DSCC, que diz respeito a influência da cultura e sociedade no meio científico, tem como visões menos informadas aquelas que suscitam um universalismo ingênuo da ciência, de maneira a conceber que a ciência é inerte e é praticada de maneira igual em qualquer lugar independente do contexto sociocultural. As visões mais informadas são aquelas que, em variado grau, assumem que a ciência sofre sim influência da sociedade por diversos motivos, além dos que foram supracitados anteriormente.

Como foi exposto até aqui, é evidente que o conhecimento científico, apesar de sua confiabilidade e durabilidade, nunca possui caráter absoluto ou certo (LEDERMAN *et al.*, 2002). O conhecimento está sempre sujeito a mudanças de ordem adaptativa ou substitutiva, seja por aspectos intrínsecos da ciência ou por mudanças de ordem cultural ou simplesmente mudanças de enfoque da ciência para um dado campo de estudo. O caráter tentativo da ciência não possui raízes apenas no fato dela ter nuances inferenciais, criativas e sociais. Ao contrário do pensamento comum, hipóteses científicas, teorias e leis (construtos científicos) nunca podem ser absolutamente provadas independentemente do quão suportadas sejam. A possibilidade, sempre real, de que um evento futuro, seja ele natural ou fenomenotécnico, possa se comportar de maneira a contrariar teorias e leis. Temos então, que a categoria NdC-T, possivelmente a mais abstrata e complexa de todas as categorias, tem como visões menos informadas aquelas que argumentam que se um resultado reiteradamente se alinha com o que é esperado por um construto científico, então esse construto é provado, torna-se fato consumado. As visões mais informadas são aquelas que justamente concebem a ideia de que a possibilidade de uma evidência futura venha a pôr em questão uma hipótese ou uma lei, e assim refutá-la ou demandar uma modificação.

Com base nessas categorias e nos comentários de Lederman e colaboradores (2002), analisamos o questionário de NdC, com o fim de atribuir quais seriam as categorias que cada uma das questões contidas no instrumento pretendiam saciar. A relação que se desenvolve entre as questões do questionário e as categorias *a priori* estão elucidadas no mapa conceitual apresentado na Figura 14.

Figura 14: relações entre questões e categorias a priori do questionário proposto por Lederman e colaboradores (2002).



Fonte: Elaboração própria

Iremos discorrer brevemente sobre as questões e quais categorias se relacionam com cada uma delas. É importante frisar que essas relações não foram baseadas nas respostas dos indivíduos, e sim em nosso entendimento aliado aos comentários de Lederman e colaboradores (2002) acerca do questionário. O questionário possui uma sequência lógica e fluida, começando com questões gerais e aumentando gradativamente em complexidade e tornando-se específicas para certos quesitos ao fim dele.

A questão 1 tratava de maneira aberta para o sujeito o que era a sua concepção particular de ciência, e o que as disciplinas científicas possuem de diferente de disciplinas de outro teor (e.g. filosofia). Havia, então, uma vasta quantidade de possíveis argumentos e colocações que os alunos poderiam fazer, das mais simplistas às mais elaboradas, de maneira que as suas respostas poderiam contemplar as seguintes categorias: NdC-E, MC, EgOE, NdC-T e NdC-CI.

A questão 2 é outra questão completamente aberta em sua essência, carregando uma simples pergunta: o que é um experimento? Apesar da simplicidade do questionamento, sua resposta poderia envolver uma vasta e delicada discussão sobre

os intrincados aspectos científicos, educacionais e epistemológicos que a experiência possui no contexto científico. Assim sendo, as categorias que seriam contempladas nessa questão são: NdC-E, MC, EgOE, VTC, TC-F e TC-T.

A questão 3 decorre da anterior e coloca um questionamento muito importante, o qual está fortemente arraigado à concepção íntima dos alunos sobre o progresso científico e como este se relaciona à experiência. Essa é a primeira questão que provoca o respondente, e o coloca em posição de necessidade de verificar suas concepções próprias sobre o desenvolvimento científico e experimentação. Assim, as categorias contempladas por essa pergunta são: EgOE, CPE, VTC, TC-F e TC-T.

A próxima questão muda o enfoque e introduz um tema “ortogonal” à experimentação: teorias científicas. Nessa pergunta, os alunos são questionados acerca da possibilidade de retificação/mudança de teorias científicas depois de sua aceitação. Mediante alegação positiva, o aluno se deparava com uma pergunta capciosa: se as teorias mudam, por que ensinamos teorias científicas (anteriores)? Novamente temos uma pergunta que força o aluno a refletir sobre suas concepções próprias e aprendizados que já obteve no curso para que sua resposta fique adequada. As categorias atribuídas a essa questão foram VTC, TC-F, TC-T, ITC, NdC-CP e NdC-T.

A questão 5 é altamente específica, tratando sobre o que diferencia (se houver diferença) teorias científicas e leis científicas. Ela suscita uma discussão que é delicada até mesmo em contextos da academia mais elevados, pois não é um entendimento incomum de que “teoria” e “lei” são conceitos similares em sua natureza. Em verdade, ocorrem diferenças mui significativas entre si. As categorias que são contempladas nessa questão são: DRTL, TC-F, TC-T e ICT.

A questão 6 trata de um assunto de interesse particular desse indivíduo, que é o modelo atômico. Ao fornecer um esboço comum do átomo, é indagado ao aluno o quanto certos a respeito da estrutura atômica os cientistas estão, e sob quais evidências eles se apoiam para determinar sua estrutura. Essa pergunta se relaciona com as seguintes categorias: NdC-E, VTC, TC-F, TC-T, ICT e NdC-T.

A penúltima questão é, talvez, a com o maior potencial de obter dos alunos um panorama sobre suas diversas concepções sobre NdC, ao questioná-los sobre, essencialmente, como a partir de um mesmo conjunto de dados é possível que grupos de cientistas possam investigar e obter conclusões diferentes. Essa questão procura trazer à tona se os respondentes têm em mente conceitos como a formação individual

e íntima do cientista, bem como a maneira com que os conceitos subjacentes e prévios que ele possui afeta sua maneira de pensar, e como ele influencia e é influenciado pelos seus pares. As categorias que são contempladas nessa questão são: NdC-E, MC, NdC-T, NdC-CI, ICT, NdC-CP, DSCC e TC-T.

A última questão trata de um aspecto específico, o uso da criatividade e imaginação no contexto da investigação científica. É questionado ao respondente se o cientista usa esses aspectos durante a investigação e, se os usa, quais momentos seriam os mais adequados. As categorias relacionadas são MC, CPE, NdC-CI, NdC-CP e DSCC.

Questionário sobre NdC: análise individual dos sujeitos e caracterização geral

Como colocado previamente, utilizamos o questionário sobre NdC de Lederman e colaboradores (2002) para poder analisar e obter informações sobre as noções íntimas de cada sujeito sobre ciência e seus diversos desdobramentos. Posteriormente, os dados obtidos com esse questionário são confrontados com os dados das entrevistas individuais com os sujeitos, para fazer uma comparação e observar possíveis mudanças de postura sobre NdC e indícios da formação do EspC.

Assim, para a análise desse questionário, utilizamos os protocolos da AC, e as categorias utilizadas para a análise dos documentos foram as comentadas na seção anterior. O Quadro 8 apresenta todas as categorias, bem como uma breve descrição dos fatores que caracterizam aspectos “menos informados” e “mais informados” a respeito de cada uma delas.

Quadro 8: Categorias comentadas que foram utilizadas na AC do questionário de NdC.

Categoria	Visões menos informadas	Visões mais informadas
Natureza Empírica da Ciência (NdC-E)	Aspectos relacionados à observação, acúmulo de dados e informações, comprovação de fatos.	Referência a investigação, análise, compreensão de fenômenos naturais ou fenomenotécnicos.
Método Científico (MC)	Menções à suposta existência de um protocolo ou sequência rígida pré-definida para a lide científica. Menções à existência de um “conhecimento válido”, “correto”.	Concebem a possibilidade/necessidade de cada investigação científica poder ser conduzida de acordo com suas especificidades. Ausência de um método padrão, único.
Estrutura Geral e Objetivos da Experimentação (EgOE)	Experimentação com o fim de comprovar, demonstrar, validar fatos e acumular observações.	Assunção de uma natureza não protagonista da experimentação; não é estritamente necessário para o desenvolvimento e construção do conhecimento científico.
Conhecimentos Precedentes na Experimentação (CPE)	Se referem à necessidade de uma neutralidade frente ao experimento; assunção de que ideias próprias podem corromper a “validade” do experimento.	Entendem a inevitabilidade da atuação das ideias gerais e fundo teórico prévio que o cientista possui.
Validade de Teorias e Conhecimentos Empíricos (VTC)	Assumir que teorias necessitam de testes empíricos para serem validadas. Emprego de experimentos “precisos” com o fim de desenvolver o conhecimento.	A não-necessidade de testes empíricos para validar uma teoria; evidências indiretas pode dar suporte ou descreditar teorias.
Natureza Tentativa da Ciência (NdC-T)	O entendimento de que ideias e conceitos que são “confirmados” ou aceitos diversas vezes tornam-se fatos consumados, adquirem caráter pétreo.	Entendem que teorias e leis nunca podem ser absolutas; a possibilidade de um evento futuro questioná-las é incontestável.
Diferenças e Relações entre Teorias e Leis (DRTL)	Sugere a existência de uma hierarquia entre teorias e leis; leis são teorias “comprovadas”; teorias são construtos que ainda precisam ser testados e validados.	Concebe a não-existência de relações hierárquicas entre teorias e leis. Teorias são construtos teóricos que buscam explicar fatos que envolvem uma ou mais áreas do conhecimento científico; leis descrevem relações quantitativas para fatos científicos.
Teorias Científicas: Função (TC-F)	Teorias são ideias não testadas, que ainda precisam, por exemplo, da apreciação pela comunidade científica.	Teorias são um conjunto de ideias que buscam explicar fatos as quais superaram as tentativas de falseamento e derrubada delas.
Teorias Científicas: Testes de validação (TC-T)	Assumem a existência de teorias que não podem ser validadas pelo fatos de não poderem ser reproduzidas ou o tempo necessário para tal seria é humanamente impossível.	Entendem que teorias não precisam ser testadas diretamente; evidências indiretas podem auxiliar em sua consolidação ou descrédito.
Natureza Criativa da Ciência e Imaginação (NdC-CI)	Ocorre a necessidade de uma visão objetiva, neutra, ausente de aspectos subjetivos no trabalho científico.	Aceitam a inevitabilidade de processos imaginativos e criativos na lide científica e reconhecem sua importância no progresso e retificação do conhecimento.
Inferência e Construtos Teóricos (ICT)	A observação de fenômenos é elemento fundamental e indissociável do conhecimento científico.	A observação não é necessária para a construção do conhecimento científico; compreendem a existência de construtos inferenciais.
Papel dos Conhecimentos Precedentes	Reafirma a necessidade de postura neutra, <i>tabula rasa</i> diante da	Reconhece que os conhecimentos precedentes inevitavelmente afetam a maneira com que o indivíduo

Categoria	Visões menos informadas	Visões mais informadas
(NdC-CP)	experiência, bem como outras visões ingênuas relacionadas.	entende e compreende a lide científica.
Dependências Social e Cultural da Ciência (DSCC)	Entende que o contexto social que o cientista está inserido, bem como o seu nicho cultural não devem estabelecer influências significativas no trabalho científico.	Concebem que ocorre sim, influência de aspectos socioculturais na lide científica, e que por vezes são marcantes e decisivos.

Ressaltamos que o Quadro 8 pretende trazer um resumo do que caracteriza os tipos de visões com respeito a cada categoria, sem maiores pretensões descritivas. A discussão extensa e completa das categorias, suas características e visões menos informadas e mais informadas já foi realizada anteriormente na seção precedente. Recapitulados esses aspectos, partimos para a análise dos questionários dos sujeitos nos parágrafos a seguir.

A1

A partir das respostas do sujeito A1 aos questionamentos gerais sobre ciência e experimentação (Q1 até Q3) foi possível identificar uma concepção ligada à ideia de que a ciência tem como fim a explicação e a comprovação de fatos, e o experimento como elemento comprobatório de teorias e peça fundamental ao desenvolvimento do conhecimento científico. Essa função de “comprovar” teorias é posteriormente reforçada na Q8, em que o sujeito coloca que:

*[...] depois de coletarem dados e analisá-los, é **necessária a realização de experimentos para confirmarem teorias** (...) eles [os cientistas] usam a imaginação para desenhar como eles imaginam que **o experimento justifica os dados obtidos, fazendo sentido para a teoria** (grifos nossos).*

No entanto, sua resposta à Q4 revela um entendimento mais informado acerca da possibilidade de mudança de teorias. Apesar de expressar que teorias seriam ensinadas para que as pessoas tenham conhecimento de fatos (e assim assumindo um caráter pétreo), o mesmo afirma que “*a teoria é a verdade mais próxima que as pessoas possuem*”. Observando os trechos anteriores, em que o sujeito fala sobre uma alteração de uma teoria inicial, ele assume um posicionamento bem adequado acerca da aceitação da mudanças de teorias e qual é sua natureza. Isso é confirmado na Q5, em que A1 responde que “*uma teoria é uma síntese de vasto campo de conhecimento, podendo sofrer alterações com o passar do tempo com novas descobertas*”. Na mesma questão, no entanto, ele confere uma noção menos informada sobre leis científicas, se referindo à regularidade, teste, comprovação e verdadeira, sugerindo algum tipo de hierarquia e também um caráter imutável para as leis científicas.

Na Q6, ele reforça a ideia ingênua sobre a necessidade da observação de fenômenos para a validação de teorias, quando diz que “[...] os átomos são impossíveis de serem vistos, então não há como saber se é a verdade absoluta”. Isso revela, em conjunto com suas respostas às questões anteriores, que o sujeito, apesar de algumas poucas noções mais informadas, possui uma visão de NdC grandemente influenciada por noções menos informadas.

A2

A análise das respostas do sujeito A2, em conformidade com A1, para as questões gerais Q1 Q2 e Q3 revela noções pouco informadas sobre ciência e experimentação. Um trecho bem representativo de suas concepções foi a resposta para Q3:

Sim, uma vez que a ciência se baseia em provas, uma teoria deve ser testada e colocada em prática com a finalidade de saber se realmente está correta ou se por acaso não saiu conforme o previsto, descobrir onde está o erro. Foi através de experimentos que cientistas comprovaram ou refutaram teorias de cientistas passados (grifo nosso).

Sua resposta nessa questão revela, assim como A1, a ideia de que a ciência se utiliza de acúmulo de observações, comprovação de fatos e, principalmente, a necessidade de uma teoria ser testada empiricamente para ser válida, implicando também por consequência na experimentação possuir um papel de comprovação de teorias. No entanto, ao fim da resposta, ele traz um posicionamento bem interessante acerca da dependência temporal do conhecimento científico, ao dizer que, com experimentos, cientistas comprovam ou refutam teorias de cientistas passados. Isso é condizente com a ideia informada de que o conhecimento científico é verdadeiro para a época em que ele é produzido, sendo passível de tornar-se obsoleto ou ser retificado futuramente. Essa ideia é reforçada e ampliada para uma dependência temporal e tecnológica em sua resposta à Q4, quando diz que “as teorias podem ser mudadas ou melhoradas com o avanço da tecnologia”. A concepção mais informada permanece sendo suportada em sua resposta à questão Q6, em que A2 diz que:

[...] as teorias atômicas passaram por grandes avanços e com isso estamos chegando cada vez mais perto da real estrutura do átomo, se é que já não chegamos (grifos nossos).

Na mesma resposta, porém, o sujeito faz menção à uma suposta “real estrutura” do átomo, uma ideia bastante ingênua e o fato de que “os cientistas se basearam principalmente em experimentos para estudar o comportamento do átomo”, reforçando a ideia ingênua da experimentação como peça indissociável do progresso

científico. Reforçamos nesse aspecto que, apesar dos modelos atômicos terem como intriga inicial as evidências experimentais, as quais podemos citar para o modelo de Dalton as leis ponderais e para o modelo de Thomson o experimento de raios catódicos, a construção do átomo em si é distante do fato experimental. Esta é, efetivamente, dotada de movimento largamente abstrato e racional, o qual estabelece tênue relação com o fato experimental. Essa relação apresenta, em verdade, um movimento perpétuo de afastamento, se tornando cada vez mais estreita conforme ocorre o progresso da ciência e o melhoramento da fenomenotécnica (BACHELARD, 1996). Assim, temos que, apesar de suas ideias menos informadas sobre ciência e experimentação, A2 possui uma compreensão significativamente informada sobre a dependência temporal e tecnológica do conhecimento científico. De maneira similar a A1, A2 também trouxe ideias menos informadas em Q5, ao dizer que uma teoria é uma *“ideia em estudo”* e uma lei é *“uma regra que se aplica da mesma forma sempre”*. Essas respostas apontam, novamente, para a ideia de regularidade e imutabilidade das leis científicas, bem como para a teoria como algo não testado. O que insinuaria alguma relação de hierarquia entre esses conceitos.

Seu posicionamento mais singular, porém, é sua resposta à Q8, na qual A2 não atribuiu papel relevante à criatividade e imaginação na lide científica. À criatividade é dada meramente a função *“definir quais materiais utilizar”*, sugerindo a necessidade de uma postura neutra do cientista frente ao experimento, e traz a ideia de que *“o experimento na maior parte das vezes é fruto de muito estudo e pesquisa”*. Em Q7, ele responde o dilema com uma ideia fundamentalmente positivista, dizendo que *“A mais aceita [teoria] provavelmente será aquela que possuir mais [sic] número de evidências”*, reforçando a ideia de que o acúmulo de observações é elemento comprobatório de teorias. Dessa maneira, A2, similarmente à A1, possui algumas poucas noções mais informadas sobre NdC, mas as parcelas majoritárias de suas respostas revelam um arcabouço fundamentado principalmente em noções mais ingênuas.

A3

O sujeito A3, como os anteriores, mantém a tendência das concepções menos informadas sobre ciência e experimentação como os sujeitos anteriores, comentando, por exemplo, em Q2 que *“O experimento é necessário para colocar as ideias em ‘prática’”* (aspas do sujeito) e também dando suporte ao caráter protagonista da experimentação no progresso científico em Q3, bem como noções indutivas:

A execução de experimentos é fundamental para o desenvolvimento científico, pois com a realização de experimentos é possível compreender que tal estudo está sendo realizado de maneira correta (grifo nosso).

Sobre a modelagem atômica, a análise da resposta revelou uma ideia bem ingênua do sujeito ao argumentar que os cientistas poderiam não estar completamente certos sobre a estrutura “*por se tratar de algo muito ‘pequeno’*” (aspas do sujeito). Esta afirmação sugere que, por conta da impossibilidade de observar o átomo (por ser muito pequeno), não há como ter certeza sobre sua estrutura, reafirmando, assim, a necessidade da observação empírica como elemento comprobatório de teorias. Além disso, a resposta de A3 para Q8 revela o posicionamento mais radical acerca do uso da criatividade e imaginação, como segue abaixo:

Antigamente, os cientistas faziam inúmeras reflexões a respeito de como as coisas funcionavam, atualmente os cientistas deixam a imaginação de lado pelo fato de possuírem teorias e estudos realizados anteriormente e tecnologia disponível para o auxílio em suas pesquisas (grifo nosso).

Essa resposta é impactante por si só; o sujeito, diferentemente de todos os demais, assume que os cientistas simplesmente não utilizam a criatividade e imaginação na atualidade pelo fato de possuírem um suposto arsenal tecnológico e teórico que suplanta toda e qualquer necessidade de utilizar esses artifícios.

Assim como os sujeitos anteriores, A3 também concebe a possibilidade da mudança de teorias, revelando, de maneira similar à A2, a noção de dependência temporal e tecnológica do conhecimento científico. Nessa mesma linha, afirma que teorias poderiam sofrer mudanças devido, por exemplo, ao fato de haver falta de informações e ou comprovações para derrubá-la naquele período. O sujeito fecha a resposta em Q4 comentando que as teorias “*devem ser estudadas e possivelmente melhoradas com os avanços tecnológicos*”.

A4

A análise do conteúdo das respostas à Q1 e Q3 indicam que A4, no geral, apresenta ideias menos informadas sobre os aspectos gerais de NdC. As respostas evidenciaram ideias como a do experimento como teste e seu papel comprobatório, tendo como utilidade a reprodução de “ *fatos observados*” e possibilitando a obtenção de “*observações concretas*”. O sujeito, no entanto, trouxe uma abordagem um pouco distinta dos anteriores sobre ciência, como segue no trecho abaixo:

A ciência é o estudo da natureza. É a busca do entendimento de tudo que está relacionado a [sic] natureza desde a sua origem, composição e transformações. Esse estudo baseia-se em observações, formulações de

hipóteses e variados testes para caracterizarem observações concretas (grifo nosso).

Observamos, no começo da resposta, que diversamente dos sujeitos anteriores, que largamente se apoiaram em perspectivas sobre ciência como o “*provar fatos*” ou “*validar conhecimentos*”, esse sujeito trouxe como ideias centrais o estudo da natureza e “*entendimento de tudo que está relacionado à natureza*”. Essas afirmações apontam para uma noção relativamente mais informada sobre o que é ciência.

Alinhando-se com a tendência observada até então, esse sujeito também trouxe uma postura bem informada em Q4 acerca da possibilidade de mudança de teorias, argumentando que “*teorias podem sofrer mudanças posteriores, pois para haver desenvolvimento científico deve haver busca de novas perguntas e respostas*”. O sujeito também citou a dependência tecnológica do desenvolvimento científico, colocando que “*com avanços tecnológicos poderemos **enxergar mais** o que não foi possível [sic], novos "caminhos" a partir de equipamentos mais sensíveis e outras metodologias.*” (grifo nosso) apesar de fazer menção, nesse aspecto, ao fato da tecnologia permitir a contemplação visual, uma concepção bem ingênua que remete à necessidade de contemplação pelos sentidos para que o conhecimento seja considerado válido.

Esse sujeito, porém, trouxe duas respostas que são bastante interessantes para as questões Q5 e Q7. Em Q5, deixou patente o suposto caráter menos refinado e confiável das teorias científicas, e a noção de solidez das leis científicas, colocando que “[...] **a teoria ainda precisa de mais testes, comprovações. A lei científica já foi comprovada**, passando por todas as etapas de método científico” (grifo nosso). É possível observar também a evidente suposição da hierarquia entre teorias e leis, em que teoria é algo em processo e leis possuem caráter pétreo, absoluto. Ainda há a menção ao “método científico” ao fim da resposta, sedimentando sua noção bastante ingênua sobre esses aspectos.

Em Q7, porém, A4 respondeu de maneira singular, e completamente avessa aos demais sujeitos.

Teorias diferentes também surgem de pontos de vista diferentes. O mesmo conjunto de dados podem ser analisados diferentemente chegando a conclusões diferentes. O mesmo pode se observar em experimentos, usar o mesmo ponto de partida e conduzir metodologias diferentes podem levar aos mesmo resultados ou distintos (grifos nossos).

A4, mui distintivamente, ponderou aspectos mais subjetivos para a “paradoxal” Q7, trazendo em sua resposta as ideias de “*ponto de vista diferentes*” e “*conclusões*”

diferentes”, bem como a questão da escolha de metodologia como outro fator que possivelmente daria origem aos resultados serem distintos. Dessa maneira, esse sujeito foi o único, do grupo inteiro, que se posicionou de maneira mais informada em relação à Q7.

A5

A5, nosso último sujeito do grupo, tem como principal característica a sua escrita que, para um aluno do 1º ano do curso, é bastante elegante. Similarmente a A4, a análise das respostas de A5 também possibilitou o entendimento de ideias menos informadas sobre os aspectos mais gerais de NdC. Porém, A5 trouxe uma discussão bem interessante em Q1 sobre ciência, como podemos observar abaixo:

Ciência é o uso do conhecimento de forma racional (com a razão é a lógica) para investigação e estudo do mundo ao redor. A ciência não necessita de fé, pois tudo é demonstrado praticamente ou teoricamente (grifo nosso).

Ele foi o único sujeito que trouxe como ideias centrais os termos “*conhecimento*”, “*racional*” e “*investigação*” fora do contexto de comprovação ou validação de fatos e fenômenos. Apesar de sua menção ao “*método científico*” ao fim da resposta à Q1, e posteriores colocações ingênuas sobre o experimento e o progresso científico, A5 trouxe a resposta mais adequada de todos do grupo em Q1.

Completando a tendência dos sujeitos anteriores, A5 também se colocou de maneira mais informada em Q4, assumindo que uma teoria “*pode sofrer diversas mudanças conforme o avanço da ciência e que (a teoria atômica) é reformulada para se adaptar às novas descobertas científicas*”. Ele mantém a sua concepção de dependência temporal e tecnológica do conhecimento em Q6 ao afirmar que “*os cientistas estão corretos a partir do quanto de avanço ocorreu no conhecimento científico*” sobre o átomo. Também, completando uma outra tendência, A5 responde à Q5 com concepções da teoria como uma ideia não “*testada*” ou “*comprovada*” e uma lei sendo algo “*comprovado*” e “*sólido*”.

Em Q8, como a maioria dos sujeitos, A5 também admite a importância que a criatividade e imaginação tem na lide científica, colocando que “*Por exemplo o experimento da folha de ouro de Thomson [sic], o planejamento e a ideia de tal experimento foi culpa de uma criatividade e imaginação gigante*”. Em Q7, apesar da resposta com caráter ingênuo, ela é notável por ser a única a mencionar a incapacidade de haver consenso na comunidade científica devido ao fato de “*tratar-se de um evento extremamente antigo*”, o que se relaciona diretamente com a ideia

de que teorias, ao envolverem “*fenômenos que duram muito tempo/não reproduzíveis [sic]*”, são impossíveis de serem agraciadas por completo.

Em mãos da caracterização comentada para os questionários de cada sujeito, segue, no Quadro 9, um comparativo geral entre os sujeitos e suas respectivas respostas, de acordo com os critérios categoriais para cada questão.

Quadro 9: Aspectos gerais com as classificações de respostas para cada sujeito participante do questionário sobre NdC.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
A1	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mescla	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mescla
A2	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mais informada	Menos informada	Mescla	Menos informada	Menos informada
A3	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mescla	Nada Consta	Menos informada	Menos informada	Menos informada
A4	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mais informada	Menos informada	Mescla	Mais informada	Mais informada
A5	Mescla	Menos informada	Menos informada	Mais informada	Menos informada	Mais informada	Menos informada	Mais informada

Fonte: Elaboração própria..

Quadro 10: Extratos representativos de cada nível de visão sobre NdC, com respeito a cada questão e suas respectivas categorias.

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
1	<p>A Ciência é algo que estuda os fenômenos naturais, e comprova fatos por meio da observação e do acúmulo de observações. A ciência se difere de outras disciplinas por seguir um protocolo específico em seus trabalhos, chamado método científico.</p> <p><i>“Ciência é algo que é utilizado para explicar fenômenos que existem na Terra e no universo em geral, com teorias e leis que são estudadas por diversos anos com profundo embasamento. A diferença da ciência para outras disciplinas é que a maior parte dos casos científicos são comprovados com fatos, experimentos, análises, enquanto uma disciplina de humanidades segue um pensamento, uma opinião, que está em constante mudança” (A1).</i></p>	<p>A ciência trata de investigação e estudo da natureza, e o faz por meio da observação precisa e o estabelecimento de padrões para a construção do conhecimento científico. A ciência se distingue de outras disciplinas pelo uso da lógica e da razão, da empiria, e propõe métodos que muitas vezes necessitam ser refinados e modificados para atender os objetivos específicos de cada objeto estudado.</p> <p><i>“Ciência é o uso do conhecimento de forma racional (com a razão é a lógica) para investigação e estudo do mundo ao redor. A ciência não necessita de fé, pois tudo é demonstrado praticamente ou teoricamente. A ciência tem como base também o método científico, onde cria-se teorias para depois prová-las” (A5).</i></p>	<p>A ciência é um campo de estudo que alia investigação e análise de fenômenos com o fim de compreendê-los. A ciência das outras disciplinas citadas pela sua natureza tentativa e sua maneira de estudar os objetos de interesse, envolvendo abstração, conhecimentos precedentes e criatividade.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>As categorias NdC-E, MC, EgOE, NdC-T e NdC-CI foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
2	<p>Experimentos são utilizados com o fim de testar, comprovar hipóteses ou teorias.</p> <p><i>“ Um experimento é uma espécie de teste para comprovar algo que uma pessoa esteja estudando, pois a ciência não é um estudo baseado em "achismos" ou apenas "reflexões". O experimento é necessário para colocar as ideias em 'prática'" (A3).</i></p>	<p>Experimentos são uma sequência de passos desenhadas com o fim de estudar e compreender fenômenos, bem como auxiliar na validação de teorias.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>O experimento é um artifício empregado com o fim de estudar objetos, manipulando variáveis que lhe afetam. Não deve haver ênfase no acúmulo de observações, em vez disso a experiência deve aliar a análise de dados com a abstração fundamentada e criativa.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>As categorias NdC-E, MC, EgOE, VTC, TC-F e TC-T foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
3	<p>Sim, para o conhecimento científico ser desenvolvido é necessário a execução de experimentos, pois somente eles podem validar e comprovar as teorias, e construir o conhecimento científico baseando-se em observações concretas.</p> <p><i>“Sim, a execução de experimentos é necessária para desenvolver o conhecimento científico pois comprova na prática uma teoria” (A1).</i></p> <p><i>“ A execução de experimentos é fundamental para o desenvolvimento científico, pois com a realização de experimentos é possível compreender que tal estudo está sendo realizado de maneira correta” (A3).</i></p>	<p>Sim, o desenvolvimento científico requer a execução de experimentos pois eles são um componente importante na construção do conhecimento científico. Sem o experimento, não é possível ter certeza total de que uma teoria ou hipótese é razoável.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>O experimento tem sua importância no desenvolvimento dos conhecimentos científicos, mas eles não são estritamente necessários. Existem diversas construções científicas as quais não podem ser estudadas por intermédio da experiência e isso não faz elas serem “menos válidas” do que as que podem.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>As categorias EgOE, CPE, VTC, TC-T e TC-F foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
4	<p>Não, teorias não sofrem mudanças. No entanto, elas podem se tornar base para a concepção e estudo de novas possibilidades e entendimentos.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>Sim, teorias podem sofrer mudanças devido ao fato de que, no momento de sua proposição, algum teste comprobatório não pode ser feito pois não havia o entendimento ou tecnologia para que ele fosse realizado. As teorias são ensinadas com o fim de ilustrar ao aluno a evolução dos modelos teóricos.</p> <p><i>“Uma teoria pode sofrer uma mudança, pois dependendo da época em que esta teoria foi apresentada pode ocorrer a falta de alguma informação ou comprovação que não pudesse ter sido obtida naquele período. As teorias científicas são ensinadas pois elas devem ser estudadas e possivelmente melhoradas com os avanços tecnológicos” (A3).</i></p>	<p>Sim, as teorias podem sofrer mudanças ao longo do tempo pois, ao progredir o conhecimento científico, novos questionamentos, ideias e evidências podem ocasionar no questionamento delas e assim resultar em sua modificação ou adaptação. As teorias são ensinadas com o propósito de revelar a progressão do pensamento humano e o caráter tentativo das teorias científicas.</p> <p><i>“Sim, ela pode sofrer diversas mudanças conforme o avanço da ciência. Como exemplo a própria teoria atômica, que anos após a sua criação ainda é reformulada para se adaptar às novas descobertas científicas. Nós ensinamos teorias pois são a melhor forma de descrever e aprender o conhecimento existente. Sem o ensino da primeira teoria atômica, nunca haveria o avanço desse conhecimento” (A5).</i></p>	<p>As categorias VTC, TC-F, TC-T, ICT, NdC-CP e NdC-T foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
5	<p>Teorias são ideias não testadas, que ainda precisam ser estudadas, refinadas e comprovadas com experimentos. Leis são fatos provados, que não podem ser modificados.</p> <p><i>“Sim, a teoria ainda precisa de mais testes, comprovações. Já a lei científica já foi comprovada, passando por todas as etapas de método científico” (A4).</i></p>	<p>Teorias são entidades que procuram explicar fatos, mas que ainda estão em processo de construção, e precisam ser refinadas. Leis científicas são inferidas por meio da repetida observação de fenômenos, e assim podem descrevê-los em linhas gerais.</p> <p><i>Não houveram respostas nessa categoria.</i></p>	<p>Teorias são construtos teóricos que buscam explicar fatos que por vezes envolvem uma ou mais áreas do conhecimento científico; leis estabelecem relações descritivas para fenômenos.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>As categorias DRTL, TC-F, TC-T e ICT foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
6	<p>Não considero que os cientistas possuem muita certeza acerca da estrutura atômica, pois pelo que se sabe até hoje, não é possível nem nunca será possível “ver” um átomo, e sem observá-lo é impossível ter certeza sobre como ele é.</p> <p><i>“Esse átomo representado é uma teoria pois os átomos são impossíveis de serem vistos, então não há como saber se é a verdade absoluta. As evidências são os experimentos realizados por eles, que indicam que provavelmente o átomo tem tal forma” (A1).</i></p> <p><i>“Os cientistas podem não estar completamente certos sobre a estrutura por se tratar de algo muito ‘pequeno’” (A3).</i></p>	<p>As teorias atômicas se modificam e são melhoradas com o passar dos anos. Pelo aspecto sofisticado da nossa última teoria, é possível cogitar que estejamos bem próximos de uma descrição qualitativa bem fiel do átomo. Os cientistas se basearam principalmente em evidências empíricas para conceber o modelo atômico.</p> <p><i>“Acredito que as teorias atômicas passaram por grandes avanços e com isso estamos chegando cada vez mais perto da real estrutura do átomo, se é que já não chegamos. Os cientistas se basearam principalmente em experimentos para estudar o comportamento do átomo e podem ter feito algumas analogias para exemplificar suas teorias como por exemplo o pudim de passas e a bola de bilhar” (A2).</i></p>	<p>O modelo atômico atual é consistente com as diversas evidências e experiências que foram realizadas, e superou diversos questionamentos acerca de sua validade. Ele pode, porém, certamente ser retificado se necessário for, por exemplo, na ocasião de um experimento futuro que venha a confrontá-lo e descreditá-lo. Os cientistas se basearam em um processo inferencial, abstrato, de elevada complexidade mental para pensar a sua estrutura, sendo auxiliado por experimentos para endossar sua robustez.</p> <p><i>“Os cientistas estão corretos a partir do quanto de avanço ocorreu no conhecimento científico. O modelo atômico continua sendo uma teoria, ou seja, ainda pode ser questionado e reformulada com próximos avanços. Os cientistas usaram como evidências os diversos experimentos anteriores sobre a composição do átomo” (A5).</i></p>	<p>As categorias NdC-E, VTC, TC-F, TC-T, ICT e NdC-T foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
7	<p>Uma vez que não é possível observar ou recriar dinossauros, nunca será possível haver um consenso acerca de sua extinção. Eventualmente, após extensa coleta de dados e observações, alguma teoria se destacará e será considerada correta.</p> <p><i>“Pois trata-se de um evento extremamente antigo, logo o conjunto de dados usado não é suficiente para algo unânime na comunidade científica” (A5).</i></p> <p><i>“Em minha opinião, as duas conclusões apontam uma elevada temperatura e a partir disto e de fósseis ou seres pré-históricos, foram formadas as teorias. A mais aceita provavelmente será aquela que possuir mais número de evidências” (A2).</i></p>	<p>Uma vez tendo o mesmo conjunto de dados, os cientistas de cada grupo possuem diferentes ideias e conhecimentos, portanto podem interpretar e conceber conclusões diferentes que darão luz a teorias distintas. No entanto, não será possível haver um consenso pois nunca teremos acesso direto ao fato.</p> <p><i>Não houve respostas nessa categoria.</i></p>	<p>É inevitável que hajam teorias distintas. Cientistas são, antes de tudo, seres humanos, que são influenciados por seus conhecimentos prévios, seu contexto social e interpretação íntima de evidências. São diversos fatores que permeiam essa questão. O surgimento de duas teorias que sejam amplamente aceitas é mera consequência do complexo processo que é a lide científica.</p> <p><i>“Teorias diferentes também surgem de pontos de vista diferentes. O mesmo conjunto de dados podem ser analisados diferentemente chegando a conclusões diferentes. O mesmo pode se observar em experimentos, usar o mesmo ponto de partida e conduzir metodologias diferente podem levar aos mesmo resultados ou distintos. Uma reação ser bem sucedida e outra não ou ser mais vantajosa (maior rendimento que outra)” (A4).</i></p>	<p>As categorias NdC-E, MC, NdC-T, NdC-CI, ICT, NdC-CP, DSCC e TC-T foram propostas para essa questão.</p>

Questões	Visões menos informadas (Extrato representativo)	Visões mescladas (Extrato representativo)	Visões mais informadas (Extrato representativo)	Categorias contempladas pela questão
8	<p>Não, os cientistas não usam a criatividade e imaginação na investigação científica. Antes de tudo, o cientista deve seguir um protocolo rígido, preciso, rigoroso e objetivo para garantir que a investigação traga resultados concretos.</p> <p><i>“Antigamente, os cientistas faziam inúmeras reflexões à respeito de como as coisas funcionavam, atualmente os cientistas deixam a imaginação de lado pelo fato de possuírem teorias e estudos realizados anteriormente e tecnologia disponível para o auxílio em suas pesquisas” (A3).</i></p>	<p>Sim, os cientistas utilizam a criatividade e imaginação, mas em momentos específicos. Existem momentos em que o cientista deve ser neutro, e momentos em que ele pode deixar suas noções próprias atuarem.</p> <p><i>“Sim, os cientistas usam a criatividade e a imaginação durante as investigações. Depois de coletarem dados e analisá-los, é necessária a realização de experimentos para confirmarem teorias. Após o experimento, eles usam a imaginação para desenhar como eles imaginam que o experimento justifica os dados obtidos, fazendo sentido para a teoria” (A1).</i></p>	<p>Sim, os cientistas utilizam a criatividade e imaginação na investigação científica. É impossível desvincular-se de suas ideias e conhecimentos próprios e tentar fazer com que eles não afetem a maneira com que eles agem e reagem aos fatos.</p> <p><i>“Sim, a criatividade e imaginação possuem grande importância nessas investigações. Por exemplo o experimento da folha de ouro de Thomson [sic], o planejamento e a ideia de tal experimento foi culpa de uma criatividade e imaginação gigante” (A5).</i></p>	As categorias MC, CPE, NdC-CI, NdC-CP e DSCC foram propostas para essa questão.

Fonte: Elaboração própria

Ao analisar os dados do Quadro 9 e do Quadro 10, é interpretável que, os sujeitos, de maneira geral, apresentaram visões de NdC menos informadas em vários aspectos, principalmente no que diz respeito aos aspectos gerais de NdC, que são contemplados primordialmente pelas questões Q1, Q2 e Q3. Nessas questões, todas as respostas dos sujeitos foram concebidas como menos informadas, exceto a resposta de A5 em Q1, que teve alguns indícios de noções mais informadas em união com outras menos informadas. A questão Q4, que concerne as teorias científicas foi a que obteve respostas mais distintas de todas as outras. Todos os sujeitos revelaram noções minimamente razoáveis, e a maioria deles (3 de 5) colocaram respostas adequadas para um aluno de 1º Ano.

Uma questão que não contemplou adequadamente as categorias foi Q7. Com exceção do sujeito A4, todos os demais produziram uma discussão bastante superficial e ingênua sobre o “paradoxo” da questão, de maneira que, conseqüentemente, não foram capazes de explorar a imensidão de fatores que poderiam ser comentados como, por exemplo, a dependência da esfera social/interacional do conhecimento científico (DSCC), uma vez que ambas as linhas de pesquisa sobre os dinossauros trabalhavam com grupos de pessoas; a natureza tentativa da ciência (NdC-T) que fica bastante evidente ao obtermos duas propostas que se diferenciam largamente entre si, e são igualmente aceitas pela comunidade científica; a noção de o que é uma teoria científica e para que serve (TC-F), ao patentear que nenhuma das teorias não pretendeu comprovar ou validar algo, mas sim propor uma explicação fundamentada e plausível para um objeto de estudo (a extinção dos dinossauros); o papel não protagonista da experimentação (EgOE), uma vez que o objeto de estudo não é reprodutível, rompemos de imediato com a noção comum que um conhecimento necessita ser verificado empiricamente para ser validado. Essa noção ingênua e superficial também ficou bastante marcada em Q5, que se referia aos conceitos de teoria e lei científicos. Todos os sujeitos evidenciaram a ideia de que a teoria tem um teor de construto inacabado, que ainda precisava ser validado e melhor desenhado, e que uma lei seria algo sólido, consistente, absoluto, que já foi comprovado e é largamente aceito.

Em Q6, a questão talvez mais interessante para ser observada por se tratar de um tema central da Química, obteve respostas de todos os níveis, com o predomínio de visões razoavelmente informadas sobre a estrutura atômica. Tirando algumas poucas concepções bastante ingênuas, como por exemplo, a de A1 e de A3 que

remetem fortemente à necessidade da observação do átomo para que possamos um dia ter certeza de sua estrutura, os demais sujeitos responderam essa questão trazendo concepções muito interessantes para o nível acadêmico o qual eles pertencem. Por fim, Q8 também obteve respostas de todos os estratos de noção sobre NdC. Com a exceção de A3, que entende que o cientista simplesmente não precisa usar a criatividade e imaginação em sua lide, todos os demais sujeitos assumiram que esses elementos possuem sua importância. Esses elementos variaram desde atribuições ingênuas como a de A2, que fala sobre seu uso na escolha de materiais a serem usados na experimentação, até a concepção e proposição de experimentos de elevada complexidade, como o experimento da folha de Ouro de Rutherford (o qual A5 atribui erroneamente à Thomson).

Na seção seguinte, damos prosseguimento para a próxima etapa da AC desse trabalho, momento no qual serão analisados os transcritos das entrevistas individuais dos sujeitos. Preconizamos realizar essa análise logo após o questionário (a ordem cronológica seria a análise do grupo focal) em virtude da realização de uma análise comparativa. Uma vez que ambos os instrumentos, apesar de por meio de métodos diferentes, pretendem obter os mesmos dados, essa alteração na ordem ensejou facilitar e tornar mais patente a comparação entre as concepções de NdC dos alunos prévio e posteriormente a aplicação da IDP-I.

Análise das Entrevistas Individuais com Lembrança Estimulada

Para a análise das entrevistas individuais, utilizamos a transcrição dos áudios que foram coletados, e dessa maneira, estabelecemos uma relação comparativa com as respostas dos questionários de NdC. Intentamos realizar uma investigação do desenvolvimento de cada sujeito após a participação na IDP-I proposta neste trabalho.

Como anteriormente discutido sobre as potencialidades da entrevista com *lembrança estimulada*, esse instrumento proporciona ao sujeito maior liberdade de expressão de suas ideias e concepções. Em razão disso, pensamos que ocorreria com maior frequência a ocasião do sujeito produzir uma resposta ou comentário que contemplasse uma categoria que não necessariamente estaria vinculada à essa questão, conforme delineado pelas relações estabelecidas na Figura 14. Por isso, preconizamos abordar as respostas transcritas dos sujeitos sem nos ater a esses critérios, mas, sim, analisar cada resposta à luz de todas as categorias estabelecidas

por Lederman e colaboradores (2002), com o fim de obter um panorama das concepções íntimas de cada sujeito.

A1

Conforme análise prévia, A1, em resposta às questões gerais iniciais (Q1, Q2 e Q3), posicionou-se de maneira que suas respostas foram todas entendidas como menos informadas. Ao analisar as transcrições, foi possível entender que, de maneira geral, as concepções gerais de ciência do sujeito não sofreram alterações significativas. Quando indagado sobre a sua concordância ou não com a resposta à Q1, o sujeito afirmou:

*Ah, eu concordo. Porque aqui eu coloquei que **a ciência tem...é comprovada por experimentos e teorias explicando o que aconteceu**. Com o de pilhas, a gente viu isso, com o experimento mesmo. Então, concordo, totalmente (grifo nosso).*

Temos, aqui, a ideia de que ciência tem como pretensão comprovar fatos, uma ideia que é interpretada, à luz do referencial de análise, como visão menos informada para as categorias NdC-E, MC, EgOE e VTC. É interessante notar que, mesmo com a quebra do paradigma da atividade experimental tradicional (HODSON, FLORES; SAHELICES; MOREIRA, 2009) mediante a inserção do erro positivo controlado e a posterior pesquisa e proposição de hipótese resolutive, a ideia de caráter comprobatório e explicativo da ciência permaneceu inalterada para o sujeito. O mesmo comportamento foi observado na resposta a seu posicionamento diante de sua resposta à Q2, como segue:

*Humm, continuo concordando. Porque aqui eu afirmei que **o experimento é um teste realizado pra comprovar ou justificar uma teoria** e continuo achando que é isso o experimento (grifo nosso).*

A resposta de A1 reforça o quão difícil é romper com essas concepções de NdC menos informadas (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; LEDERMAN *et al.*, 2002). O sujeito permanece firme com a ideia menos informada, no contexto da categoria EgOE, que o experimento possui a intenção de comprovar ou justificar fatos científicos, visão esta que se alinha também com a dimensão menos informada das categorias TC-F (teoria como ideia não testada/validada); TC-T (necessidade do teste direto de uma teoria para que ela seja válida); EgOE (experimento como o fim de comprovar ou justificar fatos) e NdC-E (a empiria pretende observar e comprovar aportes científicos). No entanto, ao observar a resposta do sujeito à Q5, referente às relações estabelecidas entre leis e teorias científicas, encontramos um trecho interessante:

*Ah, que uma lei é uma regularidade né. Tipo, é aquilo e pronto. Foi comprovado por experimentos e é testado e comprovado que é aquilo mesmo. **Uma teoria não. É uma explicação que alguém deu pra alguma coisa, que o experimento mostra que pode ser aquilo, mas que pode mudar com novas descobertas** (grifo nosso).*

A porção grifada dessa resposta permite entender que, pelo menos parcialmente, a ideia de ciência e de experiência do sujeito é relativa a sua ideia ingênua de teoria científica. A partir do momento em que A1 concebe que uma teoria é uma “hipótese” cuja validade depende da experiência, é possível imaginar o fechamento lógico “ciência como comprovação”, “experimento como teste” e “teoria como explicação dependente da experiência” como sua base mental para suas concepções gerais de NdC. Dessa forma, o entendimento desse sujeito sobre teorias e leis científicas permanece na dimensão menos informada das categorias EgOE (experimento com o fim de comprovar e validar fatos); DRTL (noção de hierarquia e que teorias são explicações ainda não validadas); VTC (assunção da necessidade de experimentos para validar teorias) e TC-F (teoria como ideia não testada). Sua resposta em Q5 é, em verdade, contraditória com sua própria resposta ao questionário, que foi analisada como uma mescla na categoria DRTL como segue:

*Sim, uma lei possui uma regularidade observada, é testada e comprovada que é mesmo verdadeira. **Uma teoria é uma síntese de vasto campo de conhecimento, podendo sofrer alterações com o passar do tempo com novas descobertas** (grifo nosso).*

A ideia do sujeito acerca de Q4, que se referia à possibilidade de mudança de teorias científicas e por que teorias anteriores seriam ensinadas, não foi alterada também. Porém, o sujeito trouxe uma colocação bastante interessante em Q6:

*Continuo com a mesma ideia ainda. Porque...é a praticamente o mesmo caso da questão anterior, eu pensava de um jeito no começo do ano e agora ainda continuo pensando a mesma coisa. **No caso do átomo, a gente não tem como saber se ele é 100% desse jeito mesmo, porque (é impossível) de ver ele e tem evidências nos experimentos que indicam que ele seja desse jeito. Então, é isso** (grifo nosso).*

Assim como na resposta à Q4, o sujeito reforçou a ideia de que é impossível ter certeza da estrutura atômica em virtude da impossibilidade de observarmos o átomo, apesar das supostas evidências experimentais que suportam o modelo atômico proposto no enunciado da questão. Esse posicionamento do sujeito ilustra o quão enraizada é a dependência da observação para a aceitação de teorias, uma ideia fundamentalmente positivista. Essa sua dependência da observação e de evidências empíricas revela, à luz das categorias do referencial de análise, uma visão menos informada para as categorias ICT (observação como elemento indissociável da

construção do conhecimento); VTC (noção de obrigatoriedade da observação como elemento de validação); EgOE (experimento com o fim de comprovar fatos) e TC-F (teoria como ideia não testada). Em Q7, apesar do sujeito ter reafirmado sua ideia ingênua sobre o “paradoxo” da questão, quando indagado sobre o porquê de seu grupo ter seguido uma linha de raciocínio resolutive bastante distinta, ele respondeu:

*Na verdade, eu acho que o nosso [grupo] foi diferente porque a gente foi buscar nos livros mesmos. **Talvez os outros grupos já tivessem algum conhecimento anterior ao experimento, por isso que eles já chegaram no resultado mais fácil né. Porque foi só colocar o negócio lá e já acendeu. A gente teve que misturar um monte de coisa. Então...Ou então o contrário né. Eles foram procurar nos livros e pessoas do meu grupo já tinham conhecimento anterior e usaram no experimento** (grifo nosso).*

A1 trouxe uma ideia que não havia sido mencionada em nenhuma de suas respostas aos outros questionários; o papel dos conhecimentos precedentes (CPE). O sujeito argumentou que os demais grupos “chegaram no resultado mais fácil” ou o próprio grupo que A1 pertencia possuía algum conhecimento anterior e, ao utilizar no experimento, fez com que o deles fosse mais demorado. Esse raciocínio é significativo, pois, analisando-o e cruzando com a categoria CPE do referencial de análise, temos uma mudança de estrato de visão de NdC nessa categoria, que foi menos informado quando o sujeito respondeu à essa questão, para uma noção ligeiramente mais informada. Sua evolução, no entanto, não foi considerada suficiente para que fosse elevada ao *status* de mescla de visões menos informadas e mais informadas.

Ao responder acerca de Q8, o posicionamento do sujeito permaneceu inalterado, mas com menções interessantes acerca da resolução do problema, ao falar “**Minha imaginação foi lá: Coloca aquilo pra acender [a lâmpada]**”. Então, continuo concordando. **Apesar de não ser cientista, mas eu usei a criatividade...**” (grifos nossos). Temos, nesse trecho, duas afirmações bastante interessantes: uma, é a ideia ingênua de imaginação do sujeito, ao supor que seu palpite “*coloca aquilo pra acender [a lâmpada]*” seja resultado de um processo imaginativo; e a sua postura em relação à figura do cientista. O sujeito coloca-se acerca da criatividade na qualidade de um elemento de suposto pertencimento ao cientista, que, a princípio, A1 não deveria usar. A criatividade, seria então um processo cognitivo o qual somente o cientista possui capacidade ou permissão para desenvolver, conversando com a ideia de que existem capacidade e atribuições únicas à figura do cientista (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Em

mãos da análise comparativa elucidada, entendemos que o sujeito A1 não revelou mudanças significativas de suas noções de NdC após sua experiência com a IDP-I.

A2

O sujeito A2, distintivamente de A1, revelou algumas mudanças de suas concepções gerais de NdC. Em Q1, por exemplo, quando questionado acerca de algum momento da IDP-I ter sido relevante em seu pensamento, o sujeito afirma:

*Eu acho que lá na hora que o experimento deu errado, **que é meio que cai a ficha assim, o quê que é ciência, que ela é um teste, que ela não infalível, entendeu?** E aí, nisso de pesquisar essa questão de pesquisa, de ir atrás, mesmo em livros assim, eu acho que **isso me fez com que eu me sentisse um pouquinho cientista, entendeu?** (grifos nossos).*

Aparece, nesse trecho, uma qualidade nova da ciência que não havia sido observada antes: a falibilidade. Dessa maneira, inferimos que a ocasião do erro proporcionou em A2 a construção de um conceito bastante importante de NdC, o que por si só já é um avanço significativo de suas concepções bastante ingênuas constantes no questionário. A assunção de que a ciência não é infalível reflete em uma noção mais informada no que diz respeito às categorias MC (ausência de menção a um conhecimento válido ou correto) e NdC-T (compreensão de que o conhecimento científico não é absoluto). No entanto, na mesma resposta possuímos elementos menos informados, por exemplo, para as categorias EgOE (experimento como o fim de testar e comprovar fatos); VTC (assunção da necessidade de testes empíricos para a validação de conhecimentos) e NdC-E (ciência como teste e observação de fatos). Em consequência disso, esse registro da transcrição, à luz de Lederman e colaboradores (2002), foi entendido como uma visão mesclada de ciência. Posteriormente, o sujeito complementa seu posicionamento, relacionando-o com a IDP-I, ainda acerca de Q1:

Ah, essa parte que eu falei da ciência não ser infalível, que pode ter erros, eu acho que isso é interessante da gente pensar. Porque a gente sempre acha que a ciência é um negócio que não pode ser contestado, que é perfeito, e não é assim. Lá no laboratório deu pra gente ter certeza disso (grifos nossos).

Em Q2, o sujeito também trouxe em sua fala alguns indícios de amadurecimento acerca de suas concepções de NdC, como segue:

*As hipóteses, elas são extremamente importantes pra você fazer um experimento. Até porque, quem descobriu esse experimento, lá há muito tempo atrás, descobriu uma teoria ou uma lei, **ele não tinha uma receita pra seguir. Ele tinha que pensar em hipóteses, pensar em formas de como fazer aquilo dar certo** (grifos nossos).*

É muito interessante a menção que A2 faz a uma “receita” (o próprio sujeito utiliza a expressão ‘receita de bolo’ em outro trecho). É notável a ênfase que o sujeito

dá ao processo de levantamento de hipóteses, destacando esse elemento na resolução de problemas científicos. Ao relacionar com as categorias do referencial de análise, o ato de levantar hipóteses, posto pelo sujeito, possui relações com aspectos mais informados das categorias NdC-E (menção à investigação e levantamento de hipóteses); MC (assunção da ausência de um método único para a empiria) e CPE (uso do pensamento durante o experimento, o que implica em uma postura não neutra) que tratam de aspectos delicados da experimentação científica. Esse movimento pode ser interpretado, à luz do texto de Lederman e colaboradores (2002), como uma visão menos informada que está se distanciando desse estrato, a ascender para um caráter mais informado. Em tom de fechamento, o sujeito arremata a questão das hipóteses e a da pesquisa de informações durante a IDP-I quando questionado acerca de qual momento da intervenção foi marcante para ele:

*Ah, a parte das hipóteses né, que eu comentei, de você ir lá e pesquisar num livro. Isso eu achei que foi super bacana, de você ter uma disponibilidade de você pensar e procurar. **"O quê que eu posso fazer agora? Eu quero fazer isso dar certo, mas que caminhos eu vou seguir?"** Então, eu achei que isso foi muito bacana no experimento. Eu acho, inclusive, que a gente devia ter mais disso. Já pra **desenvolver mesmo uma maturidade científica e tudo o mais** (grifos nossos).*

Pelo trecho citado, entendemos o sujeito está levantando linhas de raciocínio e hipóteses resolutivas para a experiência, movimento tal que reitera o amadurecimento de A2 em vista das categorias NdC-E, MC e CPE. Em Q3, o sujeito não teve mudanças significativas de postura frente ao papel do experimento, mas fez menção a uma possível melhoria da aprendizagem do conteúdo abordado pela IDP-I, em virtude da necessidade de pesquisa e proposição de hipóteses:

***Pra gente executar o experimento, depois que ele deu errado, a gente precisou desenvolver um conhecimento científico maior. A gente precisou ir atrás, a gente precisou buscar, ver o quê que tava acontecendo de errado. Primeiro a gente tinha que achar o problema, pra achar uma solução. Então, eu acho que se você tiver só um roteiro pronto, você não desenvolve toda essa maturidade, toda essa mentalidade. Você fica preso ali, em só seguir uma receitinha mesmo. E como a gente não conseguiu com sucesso o experimento, na primeira tentativa, e a gente desenvolveu todo um conhecimento maior, a gente conseguiu relacionar muito melhor a prática à teoria** (grifos nossos).*

O comentário de A2 é interessante nesse quesito, pois, apesar de não resultar em alteração sensível do ponto de vista das categorias de Lederman e colaboradores (2002), a noção de desenvolvimento do conhecimento e o rompimento com a noção de "receita" da atividade experimental é um indicador positivo de amadurecimento do EspC do sujeito. Em Q4, o sujeito A2, que apresentou uma visão bem informada acerca da possibilidade de mudança de teorias, manteve essa ótica. Porém, o sujeito

não alterou sua visão ingênua acerca do conceito de teoria, como podemos observar no trecho que segue:

*A nossa primeira hipótese era de colocar uma ponte salina naquele...no nosso sistema, na nossa bateria. Aí, a gente achou no livro, achou lá uma ponte salina "Ah, bacana. Vamo colocar." Tinha lá falando que a ponte salina é extremamente importante pro funcionamento da pilha. Ok. Então, vamo colocar que vai acender." **E aí, era uma teoria que a gente...levantou ali uma hipótese, vamo colocar assim, e na hora de testar a gente viu que não acendeu.** Então faltava alguma coisa. A gente falou "Então, péra. Será que o livro deixou de colocar alguma coisa ou foi a gente que não pensou direito no experimento". E aí, a gente teve que mudar, ir atrás de outras respostas (grifo nosso).*

Como é possível notar no destaque acima, o sujeito ainda concebe que teoria, no âmbito científico, possui sinonímia de “hipótese”. Essa concepção é reiterada em sua resposta à Q5, quando indagado acerca das possíveis relações entre leis e teorias científicas com a IDP-I:

*Essa eu acho meio complicada de relacionar com a nossa prática, **porque a gente via muita teoria sobre a pilha lá. Nos livros mesmos, a gente não tinha uma lei, a gente não olhou pra uma lei e disse: "Vai acontecer isso, isso e isso.", sabe? A gente tinha a teoria, até porque a gente levantou muitas hipóteses. Então, a gente trabalhou com muita teoria. Já a lei, eu não senti ela muito presente naquele momento. Talvez eu não prestei muita atenção, mas eu não consigo relacionar** (grifo nosso).*

Em conformidade com A1, A2 também manteve as noções ingênuas em sua resposta de Q5. Sendo assim, à luz do referencial teórico, o sujeito manteve suas visões menos informadas para as categorias DRTL (concepção ingênua sobre teoria científica); TC-F (teoria como ideia não testada) e NdC-T (entendimento que o conhecimento científico é construído por meio do acúmulo de observações/testes). Esse sujeito, porém, trouxe na entrevista uma resposta muito diferente da colocada no questionário para Q7, como segue:

*Eu acho que mesmo você tendo acesso ao mesmo... **diferentes pessoas tendo acesso à mesma coisa, ao mesmo objeto de estudo, elas vão interpretar aquilo diferente. Porque elas toda uma bagagem [sic] e isso influencia demais na sua interpretação.** Eu acho que muito evidente quando um grupo, o meu grupo por exemplo, apresentou uma forma diferente de acender a lâmpada e de gerar aquela energia lá dos outros grupos. **Então, a gente tinha o mesmo princípio, o mesmo roteiro, a mesma lâmpada que não acende, a mesma estrutura, só que o meu grupo pensou foi diferente do que o outro grupo pensou, do que talvez um terceiro grupo pensou e não deu certo** (grifos nossos).*

Assim como A1, A2 também foi capaz de contemplar, após a IDP-I, como a questão dos conhecimentos precedentes (NdC-CP) possui impacto no desenvolver do trabalho científico, e foi além do sujeito anterior ao apontar para a influência social ao falar “o meu grupo pensou diferente do que o outro grupo pensou”. Dessa forma, à luz das categorias de Lederman e colaboradores (2002), o sujeito A2 contemplou as

categorias CPE (não-neutralidade frente à experiência); NdC-CP (reconhecimento que conhecimentos anteriores afetam a experiência) e DSCC (assunção de que o círculo social influencia na lide científica). Assim sendo, esse sujeito obteve uma progressão bastante significativa na resposta de Q7 do questionário, sendo passível de ser categorizada com uma resposta bem informada sobre o assunto.

A resposta que foi considerada mais curiosa, porém, a do sujeito para a última questão, Q8, como segue no trecho da transcrição abaixo:

*Aqui eu coloquei que eu concordo em partes. Na verdade, eu acho que eu concordo em tudo. **Eu acho que eles...o cientista, ele precisa usar a imaginação, ele precisa usar a criatividade e isso foi uma coisa que eu percebi tanto no experimento que a gente fez e tanto no artigo que eu li sobre as visões deformadas que as pessoas têm do trabalho científico. Porque o autor, ele fala que as pessoas não entendem que a ciência, ela pode ter criatividade. As pessoas não ligam essas duas coisas. A ciência é sempre muito séria, é muito rígida. Então...E ele explica isso nas setes visões. Uma das visões é isso. É difícil da gente imaginar a criatividade na química. Talvez, aqui, eu coloquei que concordava em partes porque eu não conseguia ter essa visão, eu não conseguia ter essa imaginação. Aí, chegou lá no laboratório "Tá, não deu. E aí?". A gente usou a criatividade, querendo ou não, a gente tinha que pensar...tudo bem, é tudo sempre baseado em muito estudo, muita teoria, a gente tinha o livro, tinha como pesquisar, mas ainda assim, a gente tinha que pensar "Nossa, como que eu vou montar esse sistema agora? Eu vou mergulhar a placa no ácido? Eu vou pingar o ácido?" Entendeu? A gente tinha que debater tudo isso (grifo nosso).***

Em virtude da IDP-I, o sujeito A2 revelou uma evolução significativa de seus conceitos sobre criatividade e imaginação. Se em um primeiro momento, que foi no questionário sobre NdC, esse sujeito atribui a mera qualidade de seleção de reagente e utensílios para a criatividade e imaginação, no momento posterior, o sujeito trouxe ideias muito mais consistentes e adequadas sobre o tema. Ressaltamos o fato de que esse sujeito fez a leitura do texto do Gil-Pérez e colaboradores (2001), mencionando a existência de visões deformadas. Isso é um fator bastante preponderante para sua resposta mui adequada para essa questão bem como as noções mais adequadas que foram retratadas nas questões anteriores. Assim sendo, com base nas categorias analíticas, foram encontradas as categorias NdC-CI (entendimento da inevitabilidade de processos criativos e imaginativos na lide científica); MC (menção à suposta rigidez do trabalho científico) e CPE (referência à suposta neutralidade do cientista para com o experimento). Com essa análise de sua entrevista, entendemos que o sujeito A2 revelou mudanças significativas de suas noções de NdC, amadurecendo em várias categorias para visões mescladas ou mais informadas de ciência.

A3

Em Q1, o sujeito não revelou mudanças significativas acerca de sua concepção de ciência. No entanto, quando o sujeito foi questionado acerca de ser capaz de relacionar a IDP-I com sua ideia atual de ciência, o sujeito afirmou:

*Aham, sim. **Porque na atividade de pilhas nós tivemos que resolver um problema que nós haveríamos encontrado no roteiro e se nós não tivéssemos estudado antes o assunto sobre pilhas e tudo o mais**, acho que nós não poderíamos ter...nós não poderíamos ter resolvido esse problema. Entendeu? (grifo nosso).*

A menção que o sujeito faz sobre ter “*estudado antes*” é interessante, pois, à luz das categorias de Lederman e colaboradores (2002), ela pode ser entendida como uma evolução na categoria NdC-CP, ao reconhecer que seu estudo prévio afetou a maneira com que ele e seu grupo realizaram o experimento. Em Q2, o sujeito permaneceu com suas ideias menos informadas acerca da experiência, como segue no trecho abaixo:

*Nós tínhamos **uma ideia na teoria e aí, nós colocamos na prática no experimento e deu certo né**. Nós não íamos saber se realmente ia dar certo se nós não colocássemos em prática (grifo nosso).*

Foram identificadas, nesse trecho grifado, noções menos informadas das categorias EgOE (experimento com o fim de comprovar fatos); NdC-E (empíria como teste de teorias e hipóteses); VTC (assunção da necessidade de teste empírico para validação de teorias) e TC-F (teoria como ideia não testada). Essa tendência é reiterada em Q3:

*Porque, bom, **o que eu disse aqui foi que sem o experimento, você não consegue desenvolver o conhecimento científico. Sem o experimento, você não sabe se o seu estudo tá [sic] sendo realizado de uma maneira correta digamos assim**. Relacionando com o estudo de pilhas, nós vimos o erro no roteiro e essa prática nos levou a ter um conhecimento científico maior, digamos assim, porque aí nós colocamos aquilo que nós havíamos estudado, a ponte salina e o ácido, e pondo isso em prática eu acredito que tenha sido essencial para o desenvolvimento sabe. Sem essa parte da experimentação, por exemplo, nós colocamos a ponte salina e o ácido (grifos nossos).*

Assim, apesar do sujeito trazer novamente a ideia do papel dos conhecimentos precedentes na resolução do problema da IDP-I, reafirma e recorre frequentemente à suposta necessidade da realização de experimentos para a comprovação e validação do fato científico estudado. Em Q4, o sujeito afirma o seguinte:

*Eu acredito que elas podem ser mudadas porque eu coloquei que **dependendo da época que aquela teoria foi formulada, possa ter ocorrido alguma falta de informação ou então, na parte de experimentação pode ter acontecido alguma coisa, que tenha faltado, sabe, e futuramente essa teoria pode ser melhorada, sabe. Não excluída**.*

Eu acredito que ela pode ser melhorada porque, melhorada diante dos avanços científicos e tecnológicos (grifo nosso).

Essa resposta é bastante interessante, pois é uma discussão ligeiramente mais extensa do que a resposta que o sujeito havia dado anteriormente. Baseado na categoria NdC-T, sua resposta é razoavelmente apropriada (ao assumir que alguma experiência futura possa modificar a teoria atual), e traz a ideia de temporalidade do conhecimento científico. No entanto, A3 deixou patente que essa progressão do conhecimento científico é totalmente dependente da experiência, em detrimento de construtos inferenciais. Sendo assim, à luz do referencial teórico, temos visões menos informadas das categorias NdC-E e EgOE (experimento como comprovação de fatos e validação de teorias); VTC (dependência de testes teóricos para a validação/descredito de teorias) e NdC-T (concepção de que um evento futuro possa questionar uma teoria). A resposta de A3 para essa questão, que antes havia sido interpretada como mescla de concepções, foi analisada agora como uma noção primordialmente menos informada de NdC sobre o assunto.

O sujeito, que se absteve na resposta de Q5, respondeu-a durante o questionário, porém sua resposta careceu de relevância para a análise de suas concepções (o sujeito declarou abertamente que não possuía capacidade para responder de maneira adequada à questão). Para Q6, o sujeito aprofundou sua resposta que foi bastante simplista no questionário, como segue:

Cara, eu disse que os cientistas podem não estar completamente certos por se tratar de algo muito pequeno. Entre aspas, pequeno. (...) Não. Eu realmente acredito que eles podem não estar certos. Entendeu? Porque o átomo...tá certo que ele é composto por...ou pode ser composto por prótons, nêutrons, elétrons e tudo o mais. Levando por um contexto histórico, a questão dos átomos, ela sempre foi se atualizando, digamos assim. Foi proposta...teve o...os átomos de Dalton...entendeu...eu não vou lembrar de todos agora (grifos nossos).

É notável como o sujeito A3 possui forte insegurança para se expressar sobre a teoria atômica. Porém, ele trouxe uma discussão que não havia trazido no questionário, ao falar sobre uma “atualização” dos modelos atômicos. Isso é entendido, à luz do referencial, na categoria NdC-T (dependência temporal das teorias científicas) como uma visão razoavelmente adequada. Porém, a expressiva dependência do sujeito da observação é largamente interpretada como uma noção menos informada das categorias ICT (observação como elemento fundamental e indissociável); TC-T (assunção da existência de teorias que não podem ser confirmadas porque seu objeto central não pode ser observado); VTC (menção da

necessidade de teste empírico para a validação de teorias) e NdC-E/EgOE (experimentação com o fim de comprovar fatos).

Por fim, em Q8, o sujeito, que havia sido o único a simplesmente negar qualquer influência de processos criativos e imaginativos na lide científica, manteve a sua ideia ingênua sobre o tópico. Porém, elucidou de maneira mais compreensível, como segue:

*Então, a ideia que eu tive aqui antigamente, sabe, se eu não me engano, eram os filósofos estudavam a ciência, digamos assim. **Eles usavam muito a imaginação, eles pensavam algo que algo era desse jeito, mas eles não tinham teorias, não tinham estudo, eles começaram tudo do zero e eu acredito que eles, realmente, tiveram que imaginar muita coisa baseadas nos estudos deles. Atualmente, eu acredito que os cientistas, eles usam a imaginação e a criatividade, mas não com... não da mesma forma que os cientistas mais antigos assim. Atualmente nós temos já teorias, já temos estudos que foram realizados e comprovados, então a gente não precisa imaginar tanta coisa assim, digamos assim. (...) Mas assim, eu acredito que os cientistas usam a imaginação e a criatividade, mas não com tanta frequência, digamos assim, do que os cientistas mais antigos (grifos nossos).***

Com essa resposta, A3 demonstra que a sua ideia de imaginação e criatividade estabelece uma dependência negativa com a construção do conhecimento. Para o sujeito, quanto maior é o conhecimento que se tem acerca de determinado tópico, menos é necessário se ater a criações mentais sobre o assunto. Em verdade, o sujeito concebe que ocorre, sim, processos criativos e imaginativos na lide científica, porém é infrequente, pois a existência de conhecimentos/teorias sobre o assunto suplanta esses processos. Interpretamos, então, à luz das categorias do referencial de análise, que as ideias do sujeito A3 nessa questão são menos informadas no âmbito das categorias NdC-CI (visão objetiva e neutra, ausente de aspectos subjetivos) e CPE (neutralidade frente ao experimento). Avaliamos, por fim, que o sujeito A3 não obteve melhoria significativa de suas visões de NdC após a realização da IDP-I. Em verdade, com as respostas mais elaboradas que o sujeito trouxe na entrevista, ele por vezes demonstrou possuir noções ainda mais ingênuas do que as que foram registradas no questionário de NdC.

A4

O sujeito A4 demonstrou, largamente, ser o sujeito mais prolixo de todos, trazendo respostas as quais foram um tanto quanto trabalhosas para a análise em virtude de seus circunlóquios e fala difusa. Em Q1, o sujeito quando indagado acerca de concordar ou não com a resposta registrada no questionário, afirmou:

*Concordo. Porque a resposta que eu coloquei foi antes da aula, mas chegou na aula e foi exatamente o que eu respondi. **A gente observou o ocorrido na pilha, na primeira tentativa que foi falha. A partir da falha, começou a formular hipótese e fez vários teste pra confirmar hipótese [sic]. Então, a gente formulou hipótese, foi pra bibliografia, depois fizemos testes. Depois do primeiro teste, fizemos ainda dois, que a gente começou a modificar o esquema, acrescentando um reagente e depois teve que acrescentar mais um. Então, teve duas mudanças. Foi bem isso. Observou, formulou hipótese e vários testes. Foram três testes pra chegar num resultado positivo. Então, no segundo teste falhou, a gente tentou mais um pouco. Um pouco mais de vontade: "Nóis tem que conseguir." Era uma coisa que parecia um pouco óbvia mas faltava um pouco alcançar o caminho. Então praticamente, foi um roteiro a resposta. Observações, formulação de hipóteses e testes, pra ter observações concretas. Bem isso mesmo (grifos nossos).***

O sujeito trouxe, novamente, a ideia de “*observações concretas*” e um protocolo para a realização de uma experiência, assim como a menção de um suposto “*caminho*” a ser alcançado. Assim, com base nas categorias analíticas, temos que a resposta do sujeito foi entendida como menos informada para a categoria MC (menção a um protocolo ou sequência a ser seguida) e mesclada para NdC-E (ocorrência de formulação de hipóteses, experimento como teste), bem como uma nuance menos informada da categoria NdC-T no primeiro grifo (a “falha” descredita uma hipótese, entendimento que estabelece reciprocidade com a sucessão de confirmações como elemento de validação). Entendemos que a sua concepção geral sobre ciência permaneceu inalterada. A ideia de reprodutibilidade como elemento de confirmação para hipóteses é reiterada em sua resposta à Q2:

*Podia até **repetir o terceiro teste pra reproduzir e ter certeza se era aquilo. Então, acho que é isso. [o experimento] É um teste conduzido, direcionado pra observar uma transformação, um fenômeno e depois reproduzir ele. No caso, quando você tem o roteiro experimental, ele está sendo direcionado. Quando cê não tem o roteiro, primeiro tentar usar a lógica, não só tentar usar coisas aleatórias "Eu quero tentar usar isso só pra ver se acontece alguma coisa." e não esperar nada, mas tentar dirigir um pouco. Usar a lógica também. Lógica, conhecimento científico (grifos nossos).***

No primeiro grifo, o sujeito claramente concebe que a reprodução de um teste empírico certifica e valida uma hipótese. Esse sujeito, na mesma resposta, também fala sobre o roteiro experimental “direcionar” a experiência, e na ausência dele, é empregada a lógica. Analisando esses registros, à luz das categorias de Lederman e colaboradores (2002), interpretamos como visões menos informadas das categorias EgOE (experimento como teste de hipóteses); NdC-T (estabelecimentos de padrões observáveis solidifica uma hipótese), e como uma ideia mesclada da categoria NdC-CI e NdC-CP quando o indivíduo fala sobre a relevância da lógica e do conhecimento científico na realização da experiência “não direcionada”.

Em Q3, o sujeito elaborou melhor sua resposta, e trouxe ideias interessantes, afirmando:

*Acho que é uma das coisas que me chama atenção na ciência, **porque eu gosto de coisas visuais, que tenham...coisas concretas, exatas, eu não sou tão do lado do abstrato.** Às vezes, o abstrato pra pensar numa hipótese ainda vai, tem que viajar um pouco. Mas eu gosto de coisas de provar mesmo aquilo. Experimento também, quando a gente conduziu até chegar no resultado positivo, é uma prova. É isso. **A gente recorreu, a gente pensou, refletiu no que tinha de conhecimento prévio, porque eu acho que a gente [sic] bastante coisa que lembrava do ensino médio, e recorreu na literatura. Mas a gente não parou só na literatura, a gente argumentou com o que tava na literatura e fomos testar, até chegar no resultado positivo.** Então, foi um conjunto de coisas. Foram três experimentos, poderia ter sido até mais. Então, fundamental. Pra ter uma observação concreta, comprovar alguma coisa, tem que executar experimento. Não tem outro jeito (grifos nossos).*

A4 afirma com veemência a sua preferência pelo visual, pelo concreto, exato e a existência de um “*resultado positivo*”, conceitos que se alinham com facilidade aos conceitos fundamentais da corrente positivista, e também mencionou, agora, algo não mencionado no questionário, que foi a utilização de conhecimentos prévios na resolução da IDP-I. Antes de refletirmos acerca das categorias, é interessantíssimo notar as relações que a fala do sujeito estabelece com as ideias bachelardianas. O sujeito afirma que a ciência chama a atenção dele pelo fato de gostar de elementos *visuais, concretos e exatos*, enquanto que, em verdade esses elementos são reiteradamente contestados pelas ideias de Bachelard. Temos, para o filósofo, conforme mencionado em seções anteriores, um movimento de distanciamento do fato científico em relação ao conhecimento científico que está sendo construído ou reformado (BACHELARD, 1996). Nesse movimento, a abstração se torna elemento fundamental e protagonista da construção do conhecimento científico e, chamando a atenção para o nosso contexto, a química é uma ciência cujo *corpus* é integralmente produto de processos abstratos. Ainda podemos conversar sobre a debilidade e insegurança que o *visual* e o *concreto* possuem para a nossa ciência, sendo esses elementos largamente distantes do *real* (LOPES, 1990). À luz das categorias analíticas, sua resposta foi entendida como visões menos informadas das categorias VTC (emprego de experimentos “precisos” para desenvolvimento do conhecimento e assunção da necessidade de prova empírica de fatos científicos); TC-T (teoria como ideia não testada) e MC (menção à existência de um conhecimento válido, correto), e como visão mais informada da categoria CPE (concepção da inevitabilidade do uso e atuação do fundo teórico prévio à experiência). O seu registro da categoria CPE, no

entanto, não foi suficiente para que seu entendimento acerca das relações entre experiência e conhecimento científico fosse promovido de estrato. Nas demais questões, o sujeito não apresentou nenhuma mudança significativa de seus conceitos, de maneira que não foram consideradas relevantes para discussão no corpo desta seção. Analisado, então, o sujeito, entendemos que suas noções de NdC sofreram algumas mudanças, e ele foi capaz de revelar algumas nuances que ficaram ocultas no questionário. Porém, de maneira geral, ele não sofreu alteração significativa das suas visões de NdC com a IDP-I.

A5

O último sujeito analisado, A5, respondeu à Q1 de maneira a não mudar suas concepções fundamentais, com a exceção de um tópico não categorizado acerca do elemento “fé” e sua compreensão dele. Em um primeiro momento, durante o questionário de NdC, o sujeito declarou que a ciência seria algo ausente de fé. Na entrevista, porém, o sujeito falou que existe fé, sim, na lide científica, mas não uma fé teológica, e sim no sentido dicionarizado da palavra, como segue:

*Antes de realizar a gente ficou meio que nessa esperança, a gente ficou esperançoso e não deu certo. Mesmo a gente lendo, mesmo a gente fazendo, a gente não conseguiu alcançar o objetivo. Quando a gente tentou fazer de novo, eu senti ainda mais isso, "Eu quero dê certo! Eu quero que funcione!", sabe, esse sentimento esperançoso. **Então, talvez a ciência tenha um pouco de fé envolvida, mas não é uma fé parecida com a religião, mas ela também...eles têm um pouco de fé nisso, tem um pouco de esperança pra realizá o experimento, que não pra obter o resultado que quer** (grifo nosso).*

Além disso, ao fim da citação, o sujeito fala sobre “*obter o resultado que quer*”, que possibilita a interpretação desse trecho como a assunção da existência de um conhecimento que não se deseja, e um que se deseja. Essa menção pode ser compreendida, acordando com as categorias analíticas, como sendo uma visão menos informada da categoria MC (presunção da existência de um conhecimento válido). A resposta do sujeito para Q2 trouxe diversos elementos interessantes:

*Pra mim, **o experimento é algo que você já sabe a teoria. Você tentar aplicar a teoria com a parte prática e você tem também que fazer uma junção dos dois planos assim.** E eu ainda continuo concordando com isso, porque quando, no laboratório, fazendo experimento, a gente dependeu muito da teoria pra chegar no resultado (...). **O que incitou ainda mais o uso da teoria foi o experimento estar propositalmente errado. Foi isso que incitou essa base teórica forte que a gente precisou ter.** Porque com o experimento inteiro certo, a gente só observa e relaciona, talvez, no relatório ou, talvez, tentando rever pra estudar pra alguma coisa. Mas ali, na hora, sem o experimento dano certo, você se sente em cheque. Você fica "Eu quero, eu tenho que pensar como que vai dar certo." Tem que pensar "Como que vai dar certo? Como que vai funcionar agora?" e você volta*

pra teoria e você vê, lê, entendeu? Então, eu acho que esse foi um ponto importante pra entender bastante isso da teoria (grifos nossos).

Essa resposta do sujeito possui uma quantidade enorme de elementos para serem discutidos. Primeiramente, temos a assunção do sujeito que “o *experimento é algo que você já sabe a teoria*”. Essa é uma ideia ingênua muito comum que se baseia na suposta precedência da teoria ante ao experimento, e tem sua origem fortemente arraigada no fato dos alunos praticamente sempre irem ao laboratório didático realizarem experimentos após receberem um roteiro ou assistirem a uma aula expositiva sobre o assunto abordado. No mesmo trecho, o sujeito fala sobre a “*junção de dois planos*”, que, novamente, traz uma ideia ingênua de que teoria e prática (fenômeno) são dois elementos não associáveis entre si. No segundo grifo, temos a menção do aluno acerca de uma “*base teórica forte*” que foi necessária para a resolução do problema da IDP-I. À luz das categorias, essa menção do aluno pode ser entendida na forma de uma visão mesclada de ciência da categoria NdC-CP (reconhecimento de que os conhecimentos precedentes afetam a maneira com que o sujeito realiza e entende a experiência) e menos informada da categoria EgOE (teoria precedendo o fenômeno, suportando-o).

Acerca de Q3, o sujeito afirmou:

*Eu acho que com a prática...Só com a teoria você não consegue chegar em algum lugar. **A partir só da teoria você não desenvolve, por exemplo, um avanço científico, alguma coisa...eu não sei explicar muito bem o que eu quero dizer. Eu acho que o experimento tá muito atado assim. Ele é muito próximo da ciência. Eu acho que não existe ciência sem o experimento. Porque eu sempre levo em consideração aquilo que o [professor] fala, o teórico, o fenomenológico e o representacional. Os três tão interligados. Então, não tem como você simplesmente tirar o experimento** (grifos nossos).*

Diferentemente da maioria dos sujeitos, A5 registra uma ideia sobre a relação entre teoria e experimento mais madura. Em um primeiro momento, o sujeito afirma que o “*experimento tá muito atado (...) ele é muito próximo da ciência*”, o que pode ser entendido como uma relação de dependência da ciência com o experimento, e posteriormente dizer que “*não existe ciência sem o experimento*”. É muito tentador assumir que o aluno possui visões menos informadas, por exemplo, das categorias NdC-E, EgOE, ou até as categorias relativas a teorias científicas (VTC, TC-F e TC-T). Porém, o último trecho grifado é muito importante.

O sujeito foi o único a mencionar os três níveis do conhecimento químico. Ao mencionar os três níveis, ele automaticamente se colocou ao lado, por exemplo, do comentário de Lederman e colaboradores (2002, p. 499) acerca da categoria NdC-E

“a ciência é no mínimo parcialmente baseada em observações do mundo natural (...) e é interpretada por construtos teóricos e frequentemente mediada por assunções teóricas”. No entanto, a fala do sujeito indica que ele ainda não é capaz de distinguir adequadamente os níveis, bem como a maneira com que eles se relacionam entre si. Assim, a resposta do sujeito para Q3 foi entendida como sendo mesclada para as categorias NdC-E (referência aos 3 níveis); EgOE (natureza não protagonista, apesar de relevante, da experimentação) e CPE (inevitabilidade da ação do fundo teórico na experiência).

Em Q4, o sujeito trouxe outra resposta elegante e robusta para a questão das teorias científicas e a possibilidade de sua modificação. Em um primeiro momento, o sujeito afirmou o seguinte:

Olhando, a partir de agora, do dia hoje pra primeira teoria atômica, a gente pensa que é muito rudimentar, muito defasado, mas sem a primeira teoria atômica, como a gente surgiria pra segunda, terceira e sucessivamente até alcançar o modelo que a gente usa. O modelo atual que a gente usa talvez não seja o modelo ideal, a gente vai continuar evoluindo até alcançar um modelo que possa ser o perfeito. Mas mesmo eles estando errados, pra época, com os avanços tecnológicos da época, eles estavam certos. Eles estavam no momento certo do nível científico. Assim com o avanço da tecnologia, nossos modelos vão ficando cada vez mais sofisticados e é importante ter os primeiros que servem como a base pro desenvolvimento dos outros. Eu concordo que eles podem sofrer mudanças sim. Eles podem sofrer diversas mudanças pra esse avanço. Eles têm que sofrer mudanças, porque se você alcança um resultado que é o resultado definitivo, não significa que você alcançou o resultado perfeito. Significa que esse resultado, muito provavelmente, você parou de evoluir depois disso (grifos nossos).

A resposta de A5 para essa pergunta é copiosamente elegante. O sujeito, que previamente, no questionário, já havia respondido à Q4 mui adequadamente, foi capaz de trazer ainda mais elementos importantes nessa etapa. O sujeito retomou e endossou as suas visões informadas acerca do contínuo processo de retificação e aperfeiçoamento dos modelos atômicos, ressaltando a importância da existência de uma teoria corrente para que alguém a retifique ou substitua-a por outra mais adequada. No entanto, na mesma fala, o sujeito se contradiz, afirmando que “a gente vai continuar evoluindo até alcança um modelo que possa ser o perfeito”, o que dá a ideia de que existe um modelo definitivo para ser descoberto. Essas ideias contemplam o estrato mais informado das categorias (TC-F) (entendimento acerca do fato que teorias sustentam tentativas de falseamento e derrubada); NdC-CP (concepção de que os conhecimentos anteriores afetam a maneira com que o cientista compreende e modifica a ciência); NdC-T (compreensão de que teorias não são

absolutas e podem ser questionadas ou retificadas posteriormente) e menos informada da categoria ICT (suposta existência de um modelo definitivo a ser descoberto).

O sujeito também trouxe uma resposta substancialmente mais sólida em sua resposta para Q7:

*Então, mesmo sendo um experimento, vamos supor, relativamente simples comparado com o negócio dos dinossauros né, a teoria do porquê os dinossauros foram extintos. **Mesmo assim, vão existir diversas opiniões diferentes, interpretações diferentes desse problema, ainda mais quando a gente é colocado numa posição que a gente tem uma vasta quantidade de teoria e de reagente pra utilizar, pra tentar resolver isso. Então, a gente pode...uma pessoa pode ter uma ideia, "não, é isso", e que é completamente diferente do que todo mundo pensou. O que foi o nosso caso. Eu acho que é isso. Várias interpretações diferentes que podem levar a diferentes linhas de raciocínio com um experimento. O que é interessante pra analisar no final que todo mundo pode chegar no mesmo resultado usando meios diferentes (grifos nossos).***

De maneira similar à A2, esse sujeito também foi capaz de contemplar a ocorrência de opiniões e interpretações diferentes para o mesmo problema. Nesse sentido, foi entendido que o sujeito registrou elementos de visões mais informadas da categoria NdC-CP (reconhece que os conhecimentos precedentes afetam a maneira que o indivíduo interpreta e entende a lide científica). Para finalizar, o sujeito A5, ao longo da análise de suas transcrições, revelou algumas mudanças de NdC, as quais todas foram positivas no sentido da obtenção de noções mais informadas sobre ciência. Em mãos dos dados e sua discussão, foi confeccionado o Quadro 11, a qual compartilha semelhanças com a o Quadro 9, porém diz respeito às noções de NdC dos sujeitos após a IDP-I.

Tornando a atenção agora para os sujeitos como um todo, temos, notadamente, a ocorrência de diversos estratos de reações dos sujeitos para com a IDP-I, conforme análise percorrida nesta seção. Houve sujeitos que revelaram mudanças de seus conceitos de NdC quase insignificantes, como no caso de A1 e A4, que na maior parte das falas na entrevista se manteve com ideias similares às obtidas no questionário. Houve o caso de A3, o qual, quando da confecção de suas respostas ao questionário podia ser considerado com as noções mais ingênuas, na entrevista deixou ainda mais patente esse fato. Por vezes, nos extratos das falas, o sujeito revelou ter concepções substancialmente mais ingênuas do que aparentou na resposta ao questionário de NdC.

Também, em outra mão, tivemos dois sujeitos, A2 e A5, que apresentaram mudanças significativas em suas concepções de NdC. Conforme a análise realizada,

o sujeito A2, que trouxe ideias majoritariamente menos informadas no questionário, indicou na entrevista diversas mudanças de estrato de NdC em mais de uma categoria, e algumas delas muito impactantes, ao ponto de uma de suas respostas ser classificada como menos informada no questionário e, agora, analisada como sendo majoritariamente bem informada (Q7). O sujeito A5, que trouxe respostas bastante interessantes no questionário, foi capaz de endossar e aperfeiçoar significativamente alguns de seus conceitos em suas falas da entrevista. Ele manteve a tendência do questionário, trazendo para a discussão elementos que nenhum outro sujeito trouxe (e.g. os três níveis do conhecimento químico).

Quadro 11: Visões de NdC dos sujeitos após a aplicação da IDP-I.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
A1	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mescla	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mescla
A2	Mescla	Mescla	Menos informada	Mais informada	Menos informada	Mescla	Mais informada	Mescla
A3	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Menos informada
A4	Menos informada	Menos informada	Menos informada	Mais informada	Menos informada	Mescla	Mais informada	Mais informada
A5	Mescla	Menos informada	Mescla	Mais informada	Menos informada	Mais informada	Mais informada	Mais informada

Fonte: Elaboração própria.

Apesar da proposta trazida neste trabalho ser algo inédito, e não possuímos nenhuma referência acerca do que poderia acontecer com os sujeitos, não havia um norte sobre quais seriam as reações dos sujeitos à IDP-I. Com efeito, um fato peculiar que pode ser entendido, após fazer essa análise comparativa dos dados obtidos com esses dois instrumentos, foi a contemplação de reações largamente diversas, apesar do número consideravelmente pequeno de sujeitos ($n=5$). Ocorreu um sujeito que revelou um possível decréscimo de suas visões de NdC (A3), porém essa aparente piora pode ser entendida, na verdade, como uma resistência do sujeito para mudar seus conceitos de NdC frente à IDP-I. Em virtude da entrevista ter proporcionado um momento mais confortável para a exposição de ideias dos sujeitos de maneira geral, é uma premissa razoável que as concepções de NdC que A3 trouxe em suas falas existiam desde o momento do questionário. Apenas não vieram à tona em virtude da escassez descritiva do sujeito, no que se pese suas ideias, no questionário de NdC.

Também tivemos dois sujeitos (A1 e A4) cujas mudanças de concepções, apesar de positivas, foram bastante modestas. Isso corrobora o que se tem na literatura (GIL PÉREZ *et al.*, 2001; LEDERMAN *et al.*, 2002) acerca da dificuldade que é modificar concepções do “núcleo duro” de NdC (e.g. o que é ciência, relação teoria-experiência) do sujeito. Por fim, dois sujeitos (A2 e A5) revelaram mudanças bastante significativas de suas concepções de NdC, com ênfase para o sujeito A2. Este, que de acordo com o Quadro 9, se encontrava de maneira geral em um estrato menos informado sobre NdC, na entrevista trouxe ideias largamente modificadas, com mudanças conceituais profundas em mais de uma questão. Dessa maneira, com o fim de responder a questão de pesquisa no que se refere à influência da IDP-I na mudança de concepção sobre os alunos, pautamos algumas discussões. Primeiramente, trazemos as mudanças de NdC pertencentes ao núcleo duro, que são contempladas no questionário pelas questões Q1, Q2 e Q3. Observando as Figuras 12 e 13, é possível notar que, com a exceção de A2, todos os demais sujeitos não indicaram mudanças significativas de suas noções de NdC para esse tópico. Em verdade, até mesmo A2 teve alterações que se limitaram de sair de concepções menos informadas para visões mescladas, e nenhum sujeito alçou aspectos mais informados para essas questões. Com esse dado, é possível concluir acerca da já comentada dificuldade que é trazer mudanças significativas para esses conceitos de NdC. Em Q7, porém, registramos que boa parte dos sujeitos mudaram bastante as suas ideias, principalmente no que tange ao papel dos conhecimentos precedentes e da dependência social que a ciência

estabelece com seus praticantes. Nas demais questões, não ocorreu mudanças notáveis das concepções dos sujeitos.

É possível, portanto, afirmar que, com base nas concepções dos participantes, uma intervenção pontual nesse molde não é capaz de realizar mudanças drásticas. Consideramos que, apesar das premissas para o Ensino por Investigação levantadas em seu capítulo³⁸, para fins de mudanças mais significativas ocorre a necessidade de realizar esse tipo de intervenção mais de uma vez ao longo de uma disciplina, ou até inseri-la em mais de uma disciplina. Há também a possibilidade de realizarmos um estudo longitudinal posterior para verificar, ao longo do tempo, como as concepções de NdC dos sujeitos são afetadas conforme os anos passam e eles realizam outras IDP-Is.

Na seção a seguir, tratamos da análise do grupo focal. Este, conforme comentado anteriormente, fora realizado uma semana após a intervenção descrita neste trabalho. O grupo focal pretendeu verificar aspectos relacionados à *experiência comum* e obter informações acerca da formação do EspC nos sujeitos, como discutiremos adiante.

Análise do Grupo Focal por intermédio da AC

O grupo focal pretendeu, a princípio, responder às questões de pesquisa números 2 e 3. Essas questões de pesquisa tratam, respectivamente, como a ocorrência do Erro Positivo Controlado afetou a *experiência comum* dos alunos em relação à experiência, e quais foram os possíveis efeitos produzidos pela intervenção no que tange a aprendizagem dos conceitos de eletroquímica envolvidos. Em vista das questões de pesquisa, foi necessário, com o fim de analisar os dados obtidos pelo grupo focal, realizar um levantamento de categorias *a posteriori* que foram definidas por meio da AC das falas dos sujeitos transcritas. Esse levantamento se deu por meio da leitura da transcrição, bem como utilizando o próprio áudio do grupo focal, analisando exaustivamente as falas dos sujeitos, à luz das questões de pesquisa. Feita essa análise, foram levantadas um total de 18 categorias, as quais estão dispostas no Quadro 12.

As categorias, como é possível observar, foram relacionadas e estratificadas em termos de suas relações com o EspC. No entanto, a relação com o EspC que foi feita

³⁸ Cf. Quadro 1 deste trabalho (p. 64-65).

pode não esclarecer como as categorias também se relacionam com a *experiência comum* e a *Experiência Científica*. Com esse fim, realizamos uma recapitulação desses conceitos, que foram retratados no capítulo “Contribuições de Bachelard” deste texto.

Quadro 12: Categorias *a posteriori* empregadas na análise do grupo focal.

Família “categorial”	Categoria	Mais características do Espírito Pré-científico	Mais características do Espírito Científico
I - Elementos prévios	Conduta em relação ao roteiro experimental	Apatia em relação ao roteiro. Se realiza a leitura prévia, ela tem a intenção de se situar e buscar fatores simplistas que possivelmente venham prejudicar a realização da prática. Caso contrário, lê apenas durante o experimento.	Estuda o roteiro experimental com o fim de interpretar os fundamentos da experiência vindoura; busca por informações que venham a auxiliar na compreensão dos conceitos que fundamentam a experiência.
	Apropriação intelectual dos conceitos envolvidos	Não possui maior interesse em estudar os fundamentos da experiência, salvo a existência de algum reagente ou equipamento de laboratório desconhecido e que não foi ensinado em aula anterior.	Procura se apropriar dos conceitos com a intenção de compreender e investigar melhor o fenômeno, bem como ser capaz de discutir e aprofundar seus conhecimentos em momento posterior.
	Papel dos conhecimentos precedentes	Os conhecimentos precedentes podem auxiliar em alguma artimanha ou heurística para acelerar a realização da experiência. Revela insegurança acerca dos seus conhecimentos, e pode se contradizer.	Entende que os conhecimentos precedentes desempenham um papel importante na compreensão do fenômeno e em sua futura erudição sobre o assunto. Não hesita em fundamentar comentários e ideias em seus conhecimentos.
II - Aspectos iniciais acerca da experiência	Postura do sujeito em relação a si	Preocupa-se meramente em terminar a experiência, pois todo o conhecimento que ele pode obter virá naturalmente ao seguir as etapas do roteiro.	Procura analisar e questionar a experiência, confrontando-a com seus conhecimentos e aportes teóricos disponíveis.
	Postura do sujeito em relação ao grupo	Procura dividir as etapas contidas no roteiro com o fim de sistematizar e acelerar a confecção da experiência. Somente questiona seus pares acerca de elementos impeditivos ou desconhecidos.	Debate e confronta seus pares acerca da experiência, com a pretensão de entender melhor o que está sendo realizado ou porque está sendo realizado. Tenta acompanhar todas as etapas da experiência que forem possíveis.
III - Erro Positivo Controlado	Reação do sujeito ante à ocorrência do erro (pré-alarme)	Procura por erros sistemáticos ou procedimentais, uma vez que somente eles podem fazer com que a experiência “dê errado”.	O sujeito fica intrigado, tornando-se cúmplice da experiência; ele a critica, e pesquisa variados motivos e origens para o não-progresso do experimento.
	Emoções desencadeadas pelo erro (pós-alarme)	O sujeito demonstra alguma apatia, descontentamento, estresse e até raiva em virtude do erro proposital.	Ocorre uma sensação de desafio, uma vontade interna de entender plenamente o fenômeno com o fim de descobrir a origem do erro.
IV - Hipóteses Resolutivas	Organização geral do grupo	De maneira similar ao roteiro, os sujeitos também se dividem na busca da possível origem do erro. A discussão entre os pares é mínima.	O grupo se junta na intenção de discutir sobre o fenômeno e tentar entendê-lo. Os sujeitos podem até se dividir para procurar dados, mas a definição das ações se dá a partir de argumentação coletiva e democrática.

Família "categorial"	Categoria	Mais características do Espírito Pré-científico	Mais características do Espírito Científico
	Busca de dados: papel do livro didático e dos CP	O livro didático é muito importante, pois nele está toda a teoria sobre o experimento e, portanto, tudo que é necessário saber. Os conhecimentos precedentes são secundários. Utiliza-se principalmente os elementos pictóricos, pois são imediatos e de fácil compreensão.	O livro didático, apesar de conter vasta quantidade de informações, por si só não é suficiente. Juntamente com os conhecimentos precedentes de cada um, cada sujeito procura retificar ou construir novos conhecimentos para resolver o problema.
	Elemento norteador da proposta resolutive	O livro didático é o porto seguro do grupo, pois ele sempre está certo.	O debate e o confronto de ideias, devidamente fundamentado e suportado pela criatividade de cada par, é a melhor maneira de se obter uma solução.
	Propostas conflitantes	A proposta que melhor se alinha com o que o livro didático diz é preconizada.	Todas as propostas são levadas em consideração, e aquela que se revelar mais tenaz e robusta é escolhida.
	Procedimentos para retificação ou reelaboração de hipótese	Recomeço do "zero"; nova busca no livro didático, pois provavelmente a hipótese foi infeliz devido a algum erro de interpretação ou desatenção. Pequenas adaptações ou novos elementos podem ser propostos.	Retoma toda a linha de raciocínio da hipótese malsucedida, sabatinando-a com seus pares; a hipótese pode sofrer mudanças de variados graus.
	Influências Externas	O sujeito tenta copiar as ideias dos grupos adjacentes, e faz perguntas diretas ao professor em busca da resposta.	Entende que cada grupo possui ideias diferentes e é composto por pessoas diferentes. Assim sendo, ele foca sua atenção apenas em seus pares. Questiona o professor acerca do fenômeno e seus fundamentos.
V - Elementos Reflexivos a posteriori	Emoções suscitadas com a resolução da IDP-I	Alívio, contentamento, de dever cumprido por ter conseguido finalizar a prática.	Felicidade, aliada a um descontentamento originado pela forte vontade de construir mais conhecimentos a partir dos que foram adquiridos na lide da experiência.
	Aprendizagem: conceitos envolvidos e relação teoria-experiência	Entende que a teoria subjaz o experimento. Consegue mentalmente estabelecer melhor alguns conceitos por conta da repetição deles ao longo da IDP-I.	Entende que a teoria ajuda na compreensão e análise dos fenômenos. Por conta das fundamentadas discussões, consegue apropriar-se do conhecimento de maneira mais adequada.
	Aprendizagem: existência de variados métodos resolutivos	Atribui a celeridade ou vagareza de outros grupos na resolução à existência ou ausência de conhecimento crítico precedente que leva diretamente à resolução do problema.	Por possuir conhecimento da NdC, é capaz de contemplar sem dificuldades a possibilidade de diversas resoluções para a IDP-I, as quais dependem, por exemplo, dos conhecimentos precedentes e da criatividade dos alunos.
	Aprendizagem: mudanças de ordem cognitiva	Revela algumas mudanças cognitivas, podendo realizar processos cognitivos intermediários (e.g. analisar, aplicar, organizar). Raramente realizam processos cognitivos mais complexos.	Em virtude da sua natureza, o sujeito movido pelo EspC com é acostumado com a argumentação, julgamento, crítica, investigações e desenho de hipóteses. Assim, ele pode alcançar os processos cognitivos de maior valor sem grande dificuldade.

Família "categorial"	Categoria	Mais características do Espírito Pré-científico	Mais características do Espírito Científico
	Aprendizagem: comparação com aulas experimentais tradicionais	Prefere as atividades tradicionais, pois são menos trabalhosas e terminam mais rápido. Atividades baseadas na perspectiva do Ensino por Investigação podem ocorrer, mas com pouca frequência.	Tem grande apreço pela IDP-I, pois nela ele é capaz de trabalhar seu intelecto e elevar seu espírito a patamares inalcançáveis com a experimentação tradicional. Pode revelar noções complexas acerca da dificuldade intrínseca para montar um experimento baseado nessa metodologia.

Fonte: Elaboração própria.

A *experiência comum* é concebida por Bachelard (1996), sucintamente, como sendo uma experiência *imediate* (a mera observação do fenômeno implica na assimilação do conhecimento relevante) e *sedutora* (com respeito aos sentidos). Ela dispensa o esforço mental do praticante, e o seduz no sentido de induzir o sujeito a acreditar que aquilo que está ali, ao alcance dos sentidos, é o conhecimento relevante do fenômeno, é suficiente. A *Experiência Científica*, por sua vez, configura-se como construto avesso à *experiência comum*, conforme caracterização de Kasseboehmer e Ferreira (2013) na Figura 1. Em mãos dessa relação antagônica que ocorre entre esses conceitos, pudemos levantar a Figura 2, que contém vários requisitos para o rompimento com a *experiência comum*, os quais são:

- Buscar pelo conhecimento científico e fecundo;
- Admissão da pluralidade do conhecimento;
- Limitação do uso de alegorias e metáforas;
- Fuga do senso de unidade do conhecimento;
- Indiferença para com fenômenos de teor anímico;
- Repreender qualquer atribuição baseada no realismo imediato.

A partir desses requisitos, a lide compreensiva de como eles se relacionam com as categorias se torna muito mais factível. Por exemplo, levando em consideração as duas primeiras categorias da família I, que se referem ao roteiro experimental e apropriação de conhecimentos envolvidos na experiência, é bastante evidente a relação delas com o primeiro requisito. O sujeito movido pelo EspC procurará apropriar-se dos conceitos, para que, de posse deles, possa analisar e criticar o fenômeno, e assim retificar ou construir novos conhecimentos. Fazendo isso, ele não só estará se movimentando no sentido de romper com a *experiência comum* por buscar o conhecimento científico e fecundo. O sujeito também se aproximará da *Experiência Científica*, pois os processos cognitivos *analisar* e *criticar* (FERRAZ;

BELHOT, 2010), dentro de um contexto social (o grupo) estão fortemente ligados com o debate de ideias, um dos elementos da *Experiência Científica*.

Pensando agora sobre a experiência em si, temos que a tendência de se afastar da *experiência comum* pode, por exemplo, se sobressair por meio de ações intrínsecas do sujeito para consigo e com seus pares (categorias 4 e 5). O sujeito que pretende se afastar da *experiência comum* não pensa em celeridade na realização do experimento; tampouco crê que os passos do roteiro, se precisamente seguidos, revelarão o todo o conhecimento sobre o fenômeno. O afastamento virá por meio de uma *postura ativa* (CARVALHO, 2014), como o questionamento dos fatos e até mesmo a crítica ao protocolo. Em relação aos seus pares, o sujeito que debate e os confronta, movido pela vontade de compreender melhor a experiência, estará indubitavelmente se dirigindo para a *Experiência Científica*.

Refletindo agora acerca dos sentimentos, temos aspectos mais marcantes entre as categorias e esses conceitos bachelardianos. O espírito pré-científico, por si só, não tem maior motivação para investigar e criticar mais a experiência além do que o material fornecido lhe instrui (em nosso caso, o roteiro), porque, como reafirmamos aqui, todo o conhecimento que a experiência pode agregar a ele será transmitido ao longo dos passos denotados no roteiro. Mas, o que ocorre com esse espírito pré-científico quando ele se confronta com um “roteiro furado”? Quando ele se depara com um obstáculo apropriadamente dito? O rompimento com o imediatismo da *experiência comum* é doloroso, e gera diversas emoções no sujeito. Ele, em sua inocência, procurará por erros procedimentais, afinal, o roteiro representa um guia que é “infallível”; se ocorreu um erro, foi um erro de montagem, reagentes etc. O sujeito movido pelo EspC, porém, se comportará de maneira diferente. Na ocorrência do obstáculo, onde o anterior fica atônito, ele se motiva; frente ao desafio, rompendo com a *experiência comum*, ele se torna intimamente ligado à experiência (GIORDAN, 1999) e quer compreendê-la a todo custo com o fim de ser capaz de tecer conclusões sobre a origem do erro. Consequentemente, o sujeito se aproxima da *Experiência Científica*.

Nessa toada, o levantar de hipóteses torna-se processo indissociável da resolução. E aqui veremos como várias categorias se interligam como teia e revelam suas conexões com os conceitos de Bachelard (1996). Quanto mais dependente da *experiência comum* o sujeito for, menos ele irá apelar para funções cognitivas mais complexas (e.g. criticar, avaliar, criar, desenhar). Em vez disso, ele recursará de

processos menos intrincados (e.g. entender, compreender, executar, experimentar) (FERRAZ; BELHOT, 2010). Todos esses processos cognitivos têm, como ponto final, três elementos: o livro didático, os conhecimentos precedentes e a discussão em grupo.

Aqui temos uma diferença cabal entre o sujeito que se apega à *experiência comum*, e o sujeito que se afasta em direção à *Experiência Científica*: um irá se basear largamente no livro didático, o outro na discussão e debate de ideias. Como é perceptível, o ato de debater envolve processos cognitivos mais complexos (FERRAZ; BELHOT, 2010). Então, o sujeito arraigado na *experiência comum* não procurará a discussão com seus pares, salvo em casos conflituosos. Tampouco crê que seus conhecimentos precedentes podem ser o alicerce de algo. Ele procura refúgio em algo sólido. Assim, ele se apoiará no livro didático para fazer toda a proposição de hipóteses. Se há algo errado, livro; há ideias conflitantes, aquela mais próxima do que o livro propõe é definitivamente a melhor. O sujeito movido pelo EspC, porém, tem sede de discussão, de debate, do confronto de ideias fundamentadas. Ele reconhece que o livro didático é importante, e possui quantidades massivas de informações. Porém, compreende que o cerne da ação, o coração que bombeará o grupo em frente na busca pelo conhecimento, e a consequente resolução do problema, são as ideias fundamentadas dele e de seus pares.

Nesse último parágrafo, é observável que foram comentadas quase como em uma cascata as diversas categorias elencadas no Quadro 12. Tratamos, então, da contextualização sobre o grupo focal em si, como foi realizado e como lidamos com seus dados. Iniciamos afirmando que o grupo focal foi analisado de maneira ligeiramente diferente dos instrumentos anteriores. Se no questionário e nas entrevistas a ênfase foi no sujeito, aqui, apesar da ideia de manter essa tendência ser tentadora, não foi julgada como a mais adequada. Em virtude do fato de ocorrerem sujeitos que participam do grupo focal, bem como sua capacidade de suportar uma análise ampla, do grupo como um todo, preconizamos avaliar a transcrição trazendo elementos individuais e gerais do grupo. A análise de grupo focal seguiu a sequência lógica delineada pelas questões propostas para guiar a sua realização, as quais constam no Apêndice 6.

A questão de abertura (QAb) levantada no grupo focal se referia à postura dos sujeitos, individual e conjuntamente, acerca do roteiro experimental. Pretendemos levantar quais eram suas atitudes com respeito ao roteiro e seu conteúdo até o

momento de começar a atividade prática. Nesse respeito, essa questão contemplaria, por natureza, as famílias categoriais I e II. Em vista de suas questões suporte, ocorre também a possibilidade dos sujeitos esboçarem comentários acerca de processos hipotéticos, bem como a elucidação de raciocínios e emoções eliciadas em razão do roteiro experimental da IDP-I possuir erros. Assim, também é plausível durante a análise, atribuições referentes às categorias alocadas nas famílias III e IV.

A segunda primeira questão (QD1), após a abertura, refere-se explicitamente às emoções geradas nos sujeitos em razão da falha na experiência, antes e depois da revelação do erro positivo controlado. Com essa questão, pretendemos extrair quais seriam os sentimentos que envolveram os sujeitos na ocasião do obstáculo impeditivo, e quais atitudes eles tomaram em vista deste obstáculo. Assim, essa questão contemplaria as categorias analíticas contidas nas famílias III e IV. Em virtude das questões-suporte, é possível que os sujeitos revelem aspectos relacionados à aprendizagem e às atitudes, bem como a menção de processos cognitivos. Dessa maneira, as categorias “aprendizagem: conceitos envolvidos e relação teoria-experiência” e “aprendizagem: mudanças de ordem cognitiva” também poderiam ser contempladas nessa questão.

A terceira questão (QA1) tem enfoque na descrição ampla e detalhada dos processos levantados pelos sujeitos na identificação do erro e elaboração de proposta resolutiva. A família de categorias que atende essa questão é a IV e, em mãos das questões-suporte, que similarmente ao parágrafo anterior envolvem as esferas atitudinais e emocionais dos sujeitos, também podem contemplar as categorias “aprendizagem: conceitos envolvidos e relação teoria-experiência” e “aprendizagem: mudanças de ordem cognitiva”.

A quarta questão (QA2) pretendeu a exposição de ideias dos sujeitos após a resolução da IDP-I: quais foram os sentimentos ocorridos com sua conclusão, como a IDP-I estimulou (ou não) a busca por conhecimentos envolvidos na atividade e afins. Assim, essa questão e suas questões-suporte largamente contemplam a família de categorias V. Em virtude de seu caráter mais amplo e de fechamento, a liberdade conferida aos sujeitos para se expressarem possibilitou a ocorrência de menções poderiam ser relacionadas a qualquer categoria analítica do Quadro 12.

Discussão analítica do grupo focal

Acompanhando a ordem cronológica das questões, a primeira pergunta proferida aos sujeitos participantes do grupo focal foi referente a sua postura em relação ao

roteiro experimental. O sujeito A4 respondeu prontamente: “*Eu baixo no táblete e leio no dia da aula*” e continuou desenvolvendo sua linha argumentativa. Nesse trecho, em vista de falar sobre uma leitura prévia e no dia da aula, atribuímos essa *conduta em relação ao roteiro experimental* como sendo mais característica do espírito pré-científico. O pesquisador, aproveitando a iniciativa, perguntou ao sujeito sobre como ele usava o roteiro no experimento, que respondeu o seguinte:

*Pro experimento eu vou **etapa por etapa**, tanto que normalmente a minha dupla sempre é a última a sair, porque eu gosto de **debater na hora, eu prefiro visualizar e debater na hora do que fazer correndo** (...) Eu gosto de rabiscar ele, então na hora, é etapa por etapa. **Faz, discute, faz, discute...** (grifos nossos).*

Nessa resposta de A4, podemos identificar, com reiterações do próprio sujeito, o seu apego ao procedimento pormenorizado em etapas. Isso indica uma dependência do sujeito para com o roteiro, e uma insegurança para com seus próprios conhecimentos³⁹, uma característica típica do espírito pré-científico. À luz das categorias analíticas, essa insegurança foi interpretada como mais próxima do espírito pré-científico para a categoria *papel dos conhecimentos precedentes*. Em um primeiro momento, o fato do sujeito trazer em sua fala as ações de *debater* e *discutir*, nos levaria a atribuir com isso indícios do EspC. No entanto, em momento posterior da análise, indicamos que, em verdade, as ações do sujeito se movimentam no sentido de contemplar processos cognitivos mais baixos; o *visualizar* estabelece prioridade e, em conjunto com o “*debater*”, temos um processo que pode ser interpretado como o processo de *entender* (FERRAZ; BELHOT, 2010). De maneira geral, os sujeitos, de maneira unânime, afirmaram ler o roteiro antes da atividade prática, mas com o simples fim de não ficar desorientado no laboratório ou verificar a ocorrência de elementos desconhecidos. Esse último foi interpretado, na fala de A1 como uma característica mais próxima do espírito pré-científico no contexto da categoria *apropriação intelectual dos conceitos envolvidos*. É interessante notar a recorrência do *modus operandi* de “experimento em passos”:

*[quando indagado acerca do uso do roteiro no experimento] Ah, eu leio. Vejo tudo que vai precisar, **vejo se tá tudo certinho lá** (...) É, **lá na bancada** e vou **passo por passo** do que tem fazer. Às vezes eu vejo dois passos seguidos que eu faço de uma vez (grifos nossos).*

³⁹ Isso é cruzado com evidências posteriores encontradas no decorrer da análise da transcrição do grupo focal.

Essa recorrência é evidenciada novamente na fala de outro sujeito, A6 (um dos sujeitos que não participou das etapas anteriores), “*no lab a gente fica...a gente dá uma **lida geral** no tópico e **vai seguindo os passos e vai anotando**” (grifos nossos). A leitura com o fim de procurar por elementos desconhecidos é reiterada por A2:*

*Ah, eu baixo o roteiro no celular, que às vezes **eu venho dando uma relida assim, no ônibus, mas principalmente os reagentes**. Às vezes eu quero saber é... É ou tem a **fórmula e quero saber qual reagente que é**. **Aí, eu vou atrás**. **Geralmente, eu anoto sempre ponto de fusão, ponto de ebulição, caso isso vai ajudar, se ele causa algum dano**. Dou uma vasculhada lá e aí... (grifos nossos).*

É bastante interessante a menção que A2 faz acerca de seu escrutínio dos reagentes desconhecidos. Apesar de não ser algo de elevado valor científico, essa sua preocupação em procurar dados sobre os reagentes pode ser entendida, em termos da categoria *apropriação intelectual dos conceitos envolvidos*, como sendo uma mescla. Em relação à realização de estudos prévios com fim na IDP-I, os sujeitos também indicaram um consenso que, em virtude de frequentemente presenciarem aulas teóricas (por exemplo durante as aulas da disciplina teórica irmã, que é a de Química Geral) sobre o assunto, não há necessidade de estudar sobre o experimento antes de sua realização. Esse comportamento dos sujeitos pode ser entendido, à luz das categorias *conduta em relação ao roteiro experimental* e *apropriação intelectual dos conceitos envolvidos*, como sendo mais característico do espírito pré-científico.

Fechando a primeira questão, foi indagado aos sujeitos se eles já haviam pensado que um roteiro experimental poderia conter erros. Novamente, os sujeitos, em uníssono, afirmaram nunca terem imaginado essa possibilidade. A4 apenas menciona que “*Aqui, não, mas eu já me deparei com bastante roteiro errado e principalmente quando o professor entra na sala: ‘Ah, rabisca isso aqui, que a gente não vai usar isso aqui’*”. Ou seja, para o sujeito, o único erro que poderia ser esperado em um roteiro seria algum erro textual no tocante a modificações realizadas na experiência que não foram apropriadamente atualizadas no roteiro. No entanto, aqui fazemos um dos ganchos, previamente mencionados, com a nossa interpretação dos processos cognitivos do sujeito. O raciocínio é elucidado em duas etapas: uma agora, e uma imediatamente quando do começo da análise da segunda questão. Observe essa outra afirmação do sujeito A4 sobre erros no roteiro:

*Nesse caso até eu pensei, uma porque eletroquímica é clássico de vestibular, então, você vai estudar eletroquímica pra fazer a prova, ENEM, vestibular. E na minha cabeça tava a pilha de Daniell, tava a **soluçãozinha** [sic], aí você tem a pontinha [de dúvida] ali. Então, tipo...tá aqui, **não tinha como [funcionar a pilha]** (grifos nossos).*

Novamente, temos que, em caráter preliminar, o sujeito supostamente pensou em um possível erro, recorrendo a um conhecimento precedente (estudos de eletroquímica para o vestibular) e, por meio desse seu conhecimento, *lembrou* da pilha de Daniell. No entanto, assim que o pesquisador abriu a segunda pergunta, que se refere às sensações e pensamentos desencadeados pelo erro positivo controlado (antes de ser revelada a sua existência) o sujeito A4 foi o primeiro a responder. Aqui temos o segundo gancho; sua fala foi “**Ah, eu achei que tinha aumentado muito a água**” (grifo nosso). Há uma patente contradição do sujeito com sua resposta anterior. O fato que mais chama a atenção é que o tempo que se passa entre a sua fala anterior, e essa logo acima, é questão de segundos. Temos aqui, um acúmulo de evidências de que esse sujeito, em verdade, não *domina os conceitos científicos*⁴⁰ de maneira alguma. Isso, evidentemente, o impede de estabelecer factualmente os processos cognitivos de *análise* e *debate* que o sujeito põe em sua fala citada logo no começo da análise da questão inicial.

Os demais sujeitos, ainda acerca das reações e emoções disparadas em vista do erro que impediu a conclusão da prática, também de maneira consensual, se referiram a erros procedimentais, como pode ser observado na fala de A1, “*é tipo, colocado algum fio no lugar errado*”, A3, “*é, que pudesse ser culpa nossa*” e, novamente, A4,

[...] primeiro a gente vai no nosso, né? O analista errou: ‘Vamos ver o que a gente fez...’, pra depois pensar no roteiro (...) da forma que montou, a gente tava em dúvida se montou a pilha mesmo certinho (grifos nossos).

Talvez seja interessante ressaltar que A4 está sendo citado frequentemente por tratar-se do sujeito que, sem sombra de dúvida, revelou-se o mais comunicativo de todos durante o grupo focal. Os comentários dos sujeitos refletem um comportamento mais característico do espírito pré-científico, à luz da categoria *reação do sujeito ante à ocorrência do erro*. Fechando a segunda questão, o pesquisador indagou os sujeitos sobre a possibilidade de ter surgido, na mente deles, alguma vontade de descobrir o porquê o experimento não ter funcionado. Aqui, é interessante evidenciar que, apesar de alguns sujeitos, como A5, afirmarem que sim, surgiu uma vontade de descobrir o porquê havia dado errado, essa motivação tem uma origem ingênua. Na categoria *reação do sujeito ante à ocorrência do erro*, o comportamento de quem movido pelo

⁴⁰ DdCC, elemento necessário para a formação do Espírito Científico. Cf. p. 44, Cap. 2. *Aqui está o cruzamento mencionado na referência anterior.*

EspC é o de intriga, de incômodo frente ao erro. Porém, como comentado, esse sentimento tem como fim a crítica e a pesquisa de informações que levam à erudição do sujeito. Aqui, o sujeito A5, quando indagado o porquê da insatisfação, respondeu “*porque era pra dar certo*”, bem como o sujeito A7, ao afirmar “*sempre deu certo*”. Sendo assim, fica evidente que, apesar dos sujeitos ansiarem por uma solução, e entender o porquê da falha, esse incômodo está arraigado na noção ingênua de *infallibilidade* da ciência, e é importante notar que esses sujeitos são ingressantes do curso; as poucas aulas experimentais que eles vivenciaram ao longo desse primeiro ano letivo já possuem alguma relevância no processo de cristalização das concepções ingênuas de ciência como essa grifada. Portanto, essas falas foram classificadas, com respeito a essa categoria, como sendo mais próximas das características do espírito pré-científico.

Na terceira pergunta, que diz respeito aos processos que consistiram no levantamento de hipóteses e os testes consequentes, temos diversas falas interessantes, e todas remetem a um elemento comum. Começamos o raciocínio com a fala de A4 “*a gente tinha a sensação de que tava faltando alguma coisa*”, e de A5,

A gente voltou pro teórico né, a gente voltou pra estaca zero, que era o teórico que a gente tinha aprendido (...) o esquema da pilha de Daniell. A gente tentou pensar nisso. Aí, a gente usou o livro como uma base pra tentar descobrir se era aquilo mesmo que a gente tava tentando levantar de hipótese e depois usar o livro de base (grifos nossos).

Com base nesse elemento, os sujeitos levantaram a ideia fundamental para a hipótese; a suposta ausência de uma *ponte salina*. Esse elemento, protagonista no levantamento de hipóteses, é o livro didático. Essa interpretação é posteriormente suportada, quando o pesquisador pergunta diretamente acerca da influência do livro, nas falas de A4 “*Ah, foi bater o martelo né, porque a gente achô a pilha e as soluções...*”, A5, “*é, a literatura foi a certeza, foi o nosso certificado de certeza*”. Quando questionados acerca de possível divergências entre as hipóteses, A1 afirmou que “*Nessa parte acho que não, porque ficou todo mundo amontoadada ali em cima do livro vendo a mesma coisa*”. Fica então, em excedente clareza, que o livro didático foi o elemento mais importante para a confecção das hipóteses levantadas pelo grupo. Essa dependência do livro didático foi interpretada como sendo mais característica do espírito pré-científico à luz das categorias *busca de dados: papel do livro didático e dos CP, elemento norteador da proposta resolutiva e propostas conflitantes*.

A sua preponderância permanece fortemente explícita quando da indagação do pesquisador acerca de como foi o procedimento após o teste, e a conseguinte falha da proposta resolutive. A3 afirmou que “a gente saiu procurando no livro de novo...”, corroborado por A5, “a gente voltou pra **estaca zero** quase de novo. Aquele negócio que a gente sabia qual que era o erro, a gente tinha identificado, mas não deu certo.” (grifo nosso). É importante evidenciar a postura largamente *acrítica* dos sujeitos; somente o sujeito A1 elaborou um raciocínio e o levou para debate no grupo “Eu **até sugeri de aumentar a molaridade**, porque a gente tinha feito 0,1 de concentração⁴¹” (grifo nosso). No entanto, é claro que sua sugestão carece de maior fundamentação. Essa sugestão foi, portanto, entendida como mais próxima do espírito pré-científico no contexto da categoria *procedimentos para retificação ou reelaboração de hipótese*.

Outro fator interessante, no contexto da retificação da proposta resolutive é que, mesmo estando plenamente cientes do erro positivo controlado, e de já ter sido aceito pelos sujeitos a ideia de que faltava algo para que a pilha funcionasse, os sujeitos retornam à ideia da possibilidade de um erro procedimental. Isso fica patente na fala de A5:

É que na primeira hipótese, a gente ficou pensando no que poderia tá errado que nem: "Ah, a gente apertou demais. Ah, a gente colocou... não era zinco e cobre, poderia ser cobre e zinco, alguma coisa assim" (grifo nosso).

E acompanhado por A4, dizendo que “a forma de colocar” poderia ser o motivo para o insucesso do experimento. A ideia da ponte salina permaneceu resistente mesmo durante a segunda hipótese, com um comentário interessante de A4, “A necessidade de carga elétrica parecia tão óbvia que a gente: ‘Ah, essa vai né’”, com o consequente reforço de A5 do papel do livro didático, afirmando que “*Aí, vendo no livro, a gente confirmou que podia ser isso*”.

Após serem indagados pelo pesquisador acerca de como se deu a proposição da segunda hipótese, houve algum conflito de ideias. Novamente, ao recursar do livro didático, B2 sugeriu, ao observar uma imagem do livro, que provavelmente se tratava de um esquema representativo da pilha de Daniell, que “*Tinham uns sulfatos no meio. Tinham mais cargas de sulfato no esquema que tinha no livro*” (grifo nosso). Houve um conflito de hipóteses entre os sujeitos, alguns propondo uma solução aquosa de

⁴¹ Para efeito de clareza, esclarecemos que a primeira hipótese levantada pelo grupo foi adicionar, ao conjunto da pilha, ao invés de água, uma solução de NH_4NO_3 1 mol L⁻¹, com o fim de cumprir o papel de ponte salina.

ácido no lugar da solução salina, e outros propondo adicionar ácido à própria solução salina. O conflito foi resolvido, consolidando seu papel central na esfera das hipóteses, pelas informações contidas no livro didático. Todo o movimento descrito aqui nesse parágrafo foi entendido, no que se pesem as categorias analíticas, como sendo posturas características do espírito pré-científico para todas as categorias da família IV.

A segunda hipótese do grupo, então, foi a de substituir a solução salina por uma solução aquosa de ácido sulfúrico 6 mol L^{-1} , a qual também foi incapaz de resolver a situação problemática da pilha. Essa hipótese teve alguma influência do técnico do laboratório que estava presente durante a IDP-I, pois A1 coloca que em algum momento, o técnico “*tinha falado: ‘Ah, vocês tão procurando o ácido né?’ Aí, eu falei: ‘Se ele falou de ácido então, tem ácido.’*”. Isso revela uma influência direta de um fator externo ao grupo em suas hipóteses, sendo interpretado, então, como uma característica mais próxima do espírito pré-científico para a categoria *influências externas*. A terceira e última proposta do grupo, a qual foi capaz de solucionar o problema da IDP-I e fazer com que a pilha funcionasse, foi misturar a solução ácida e salina em uma só.

Por fim, a última questão, que tratou de como os alunos reagiram após solucionarem a IDP-I, trouxe, em uma das primeiras falas, A4 mencionando que “*A gente achava que a lâmpada estava queimada*”. Novamente, temos aqui a menção da possibilidade de um erro sem ser o erro positivo controlado, dessa vez, um de natureza aleatória. É interessante observar como que, mesmo até aqui, a terceira hipótese, a ideia do problema estar relacionado à montagem ou elementos que a compõem permaneceu vivo na mente de dois sujeitos (A2 também faz menção à lâmpada). A5 afirma que “*foi uma sensação muito boa, porque a gente partiu de uma estaca zero*”, reiterando a nossa análise anterior das hipóteses com respeito à categoria “*procedimentos para retificação ou reelaboração de hipótese*”. Ocorre uma fala de A4 sobre o livro didático, dizendo que “*Tinha a literatura para apoiar né. Falta pouca coisa pra alcançar né. Então, **tava no caminho***” (grifos nossos). Analisando essa frase, vemos referências que foram designadas como mais próximas do espírito pré-científico: o papel recorrente de porto seguro do livro didático, que se refere à categoria *elemento norteador da proposta resolutiva*; a menção ao “apoio” e um “caminho” foi entendida como uma ideia de que a teoria subjaz o experimento, sendo assim designada na categoria *aprendizagem: conceitos envolvidos e relação teoria-*

experiência, bem como a categoria *elemento norteador da proposta resolutiva*, consideramos as respostas para ambas as categorias como sendo mais próximas do espírito pré-científico. Várias falas dos sujeitos foram registradas com respeito à felicidade, orgulho e sentimentos afins.

Quando indagados pelo pesquisador acerca das opiniões deles sobre a IDP-I e seus meandros, os sujeitos realizaram diversos comentários positivos. A4 afirmou que a IDP-I, em virtude de obrigá-lo a propor uma hipótese resolutiva, levou-o a fazer “*uma segunda leitura mais crítica [do roteiro], porque tinha que achar o erro.*” Essa segunda leitura mais crítica do roteiro foi entendida, à luz da categoria *aprendizagem: mudanças de ordem cognitiva* como sendo uma mudança mais característica do espírito pré-científico. Ele posteriormente reforça sua colocação:

*Aí, comparar o visual com o que tava escrito pra identificar né. Cê olha o sistema: "Tá faltando alguma coisa aqui." No roteiro, que ponto que está faltando. A gente identificar o ponto também né. **Então, eu acho que a gente já começa a fazer uma leitura mais crítica, analisar mais do que só ler e reproduzir** (grifo nosso).*

É interessante a menção que o sujeito faz, na porção grifada, sem perceber, para a diferença de processos cognitivos que ocorrem na experimentação tradicional (*ler e reproduzir*) e o que ocorreu na IDP (*analisar*). A5 reforça esse aspecto, ao falar acerca de um processo *investigativo* na IDP-I. No entanto, essas menções dos sujeitos não foram consideradas suficientes para que os processos cognitivos (FERRAZ; BELHOT, 2010) eliciados pela IDP-I fossem designados como mais próximos do EspC. A3 afirma sobre a sensação de conforto mental que o roteiro proporciona, falando que “*quando a gente já tem pronto o roteiro, a gente sabe mais ou menos o que vai acontecer*”. Nessa parte do grupo focal, a resposta mais significativa é a de A1:

*Ah, eu sinceramente, **me senti um pouquinho incomodada**, porque a gente fez a primeira tentativa, a nossa tentativa e não deu certo. **Aí, passou, sei lá, uns cinco minutos, alguém lá na primeira bancada: "Ah, a minha lâmpada acendeu". Eu falei: "Meu Deus, eu sou muito burra".** Sei lá. Eu vi que outro grupo também acendeu, outro acendeu, só tava faltando a gente. **Pra mim me aguçou mais o desafio, quando errou a segunda vez, eu falei: "Eu acerto isso". Ver todo mundo acertando, desafiou mesmo** (grifos nossos).*

A1 foi o único sujeito que fez menção a um incômodo causado, em um primeiro momento, pela IDP-I, e posteriormente por influência externa (“*ver todo mundo acertando*”). Com essa fala do sujeito, podemos contemplar a categoria *emoções desencadeadas pelo erro (pós-alarme)* (emoção negativa eliciada pelo erro proposital), bem como a categoria *influências externas*, entendendo a fala do sujeito

como mais próxima do espírito pré-científico. É também interessante notar como a motivação extrínseca tem um fundamento ingênuo (ver os demais grupos obtendo sucesso na resolução da IDP-I).

Quando indagados acerca de como a IDP-I afetou a aprendizagem dos conceitos envolvidos na experiência, os sujeitos, de maneira geral, concordaram que a IDP-I foi, sim, mais estimulante para a aprendizagem. Fazemos menção ao comentário de A6:

Por exemplo, quando a gente colocou a água, acho que ninguém tinha parado pra pensar que não ia dar certo. Daí, tava faltando alguma coisa. Porque se precisava de uma corrente elétrica, ia precisar de alguma coisa que liberasse os elétrons né. Aí, acho que você...Aí, acho que depois que deu errado a primeira vez, que a gente foi tentar de novo, que aí que veio...que começou a vir a ideia. Aí, a gente relacionou o que tinha que fazer com o que a gente sabia do conceito (grifos nossos).

O sujeito em sua fala deixa bastante claro como que, ao longo da intervenção, houve uma constante elevação de seus processos cognitivos, deixando patente a postura completamente *acrítica* para com a experiência no começo da IDP-I, até o *relacionar*, que aqui pode ser entendido no patamar de *síntese* (proposição de hipótese), um processo cognitivo no estrato mais elevado da taxonomia de Bloom (FERRAZ; BELHOT, 2010). A4 e A5 falam acerca de uma suposta preocupação maior com a teoria, A5 falando que “[a IDP-I] induz muito mais essa relação teoria e prática”. A4, posteriormente, fala que a IDP-I estimulou mais a curiosidade para aprender conceitos de eletroquímica “*porque aguça mais a imaginação também né. Aguça a reflexão*” (grifos nossos), deixando claro que a IDP-I, para ele, realmente suscitou o uso de processos cognitivos mais elevados (*refletir*). Essa fala do sujeito foi entendida como um aspecto mais relacionado ao espírito pré-científico da categoria *aprendizagem: mudanças de ordem cognitiva*. A2 concorda com a fala de A4:

E eu achei bem interessante esse movimento de você pesquisar ali na hora: “Ah, vamos pegar um livro. Vamo ver o quê que pode acontecer?” Acho que tudo isso tornou a prática mais interessante, mais atrativa. Entendeu!? Tipo, depois, a hora que terminou, parando pra fazer uma reflexão, eu falei: “Nossa, isso foi bem legal”. Entendeu?!” (grifos nossos).

Os sujeitos A4 e A5, em comunhão, conceberam a ideia de que a IDP-I poderia ser resolvida de diversas maneiras diferentes, respectivamente, nas falas “*É, de quantas maneiras diferentes pode acender a luzinha lá*” e “*É, como muita gente conseguiu de maneiras diferentes, então eu fiquei pensando nisso também.*” As falas dos dois sujeitos foram interpretadas como sendo mais características do EspC para a categoria *aprendizagem: existência de variados métodos resolutivos*. Por fim, fechando o grupo focal, quando perguntados acerca do uso da abordagem

metodológica da IDP-I com mais frequência durante o período letivo, todos os sujeitos responderam que, apesar de considerarem a IDP-I bastante interessante, não seria boa ideia a demasia, pois, conforme a fala de A1, a configuração da IDP-I (por ser em grupo e não em dupla) é complicada de lidar, e em dupla seria mais fácil o aprendizado.

Porque tipo, o grupo é grande. Aí, tipo assim, uma pessoa sempre fica meio de fora sabe, em alguma parte ou em outra. Então, acho que em dupla é melhor, dá pra aprender mais (grifos nossos).

A fala do sujeito é interessante pois dialoga com uma categoria que foi pouco observada no grupo focal, que trata da *organização geral do grupo*. A ideia do sujeito para com essa categoria foi entendida como sendo mais próxima do espírito pré-científico.

Findada a análise do grupo focal, em movimento de conclusão, tiramos algumas ideias baseando-se nos dados coletados e discutidos e as relacionamos com a questão de pesquisa, principalmente no que diz respeito ao EspC. De imediato, é bastante notável como que a vasta maioria das afirmações e falas dos sujeitos no grupo focal remete ao espírito pré-científico, com raríssimas atribuições ao EspC. Isso era de certa forma esperado, uma vez que o EspC reúne um largo conjunto de requisitos atitudinais e subjetivos que não são de modo algum triviais. Em verdade, seria anômalo um sujeito ingressante do curso de licenciatura em química revelar mais características do EspC do que do espírito pré-científico. A lide espiritual que é exigida para que o sujeito venha a se aproximar do EspC é processo longo, fatigante e, acima de tudo, contra intuitivo. Em movimento de recapitulação, trazemos a ideia de que, o conhecimento científico, em sua construção, requer o desenvolvimento e planejamento de um caminho epistemológico não intuitivo ou até contra intuitivo. A intuição - baseada no senso comum – configura-se de imediato como obstáculo no desenvolvimento e retificação do conhecimento científico.

Isso, porém, não incorre de maneira a depreciar as mudanças comportamentais afirmadas pelos sujeitos. O próprio comentário de A6 nos é muito significativo:

Por exemplo, quando a gente colocou a água, acho que ninguém tinha parado pra pensar que não ia dar certo. Daí, tava faltando alguma coisa. Porque se precisava de uma corrente elétrica, ia precisar de alguma coisa que liberasse os elétrons né. Aí, acho que você...Aí, acho que depois que deu errado a primeira vez, que a gente foi tentar de novo, que aí que veio...que começou a vir a ideia. Aí, a gente relacionou o que tinha que fazer com o que a gente sabia do conceito (grifos nossos).

Conforme analisado, esse sujeito, em sua fala, revela a mudança drástica de comportamento que sofreu ao longo da IDP-I, saindo da total inércia mental, até um elevado processo cognitivo, que é o *criar*. Isso por si só, apesar de não ter maior teor representativo para o EspC, já indica uma grande mudança nos processos mentais típicos do sujeito para com a experiência. Ser movido pelo EspC é colocar-se em situação de plena insatisfação e descontentamento com o que se sabe, com o que se analisa, com o que se estuda. Alçar esse estado de insatisfação espiritual e mover-se permanentemente na direção à construção e retificação dos conhecimentos científicos é uma lide vitalícia e, nesse aspecto, a IDP-I foi bastante satisfatória como pedra angular do processo de elevação espiritual.

Findada, então, esta seção referente ao grupo focal e sua análise, a seguir tratamos da seção que fecha este capítulo de discussão e análise de dados, consistindo na análise dos documentos físicos confeccionados (formulário de hipóteses, refletindo e relatório final) pelo grupo de sujeitos que foi analisado.

Análise dos documentos físicos com a AC

A análise dos documentos físicos foi realizada, similarmente ao grupo focal, utilizando categorias analíticas que foram obtidas *a posteriori* mediante a leitura crítica e rigorosa dos documentos produzidos pelos alunos durante a IDP-I. Recapitulando o nosso Quadro 7, os documentos físicos pretendiam, a princípio, responder às questões de pesquisa 2 e 3, as quais, respectivamente, tratam de como a IDP-I afetou a *experiência comum* dos sujeitos em relação ao experimento, e como a IDP-I exerceu influência na aprendizagem dos conceitos de eletroquímica envolvidos no experimento. Com o fim de contemplar esses dois aspectos simultaneamente, foram propostas um total de 8 categorias, as quais se inserem em duas grandes famílias. As categorias, bem como a descrição de cada uma delas, e seus respectivos estratos se encontram no Quadro 13.

Como é perceptível, a maneira com que as categorias são discutidas e delineadas no Quadro 13 mantém certa semelhança com o Quadro 12 do grupo focal, principalmente no que se refere aos elementos que se alinham ao espírito pré-científico e o EspC. No entanto, o enfoque nesta seção, apesar de ser concernente à aprendizagem, é largamente distinto do anterior. Desenvolhamos essa análise com uma preocupação muito maior no que diz respeito ao domínio dos conceitos

eletroquímicos que envolvem a atividade, os quais foram discutidos no capítulo de fundamentação química deste trabalho.

Assim sendo, intentamos usar, em igual peso, do rigor posto na discussão dos fundamentos eletroquímicos para analisar os documentos físicos. Decerto, no grupo focal, etapa precedente à confecção desses documentos, analisamos como os alunos *sentiram* que a IDP-I afetou a aprendizagem dos conceitos eletroquímicos. Aqui, em segundo momento, pretendemos analisar de maneira crítica e rigorosa, como essas mudanças alegadas pelos sujeitos afetaram os seguintes tópicos: a maneira de se expressarem, conceituarem e revelarem domínio na descrição qualitativa da pilha de Daniell bem como os diversos conceitos eletroquímicos que circundam seu funcionamento; como eles conseguem relacionar a dimensão qualitativa do fenômeno observado com a formalidade matemática que se estabelece, por exemplo, no domínio dos cálculos da ddp da pilha de Daniell; como, com base em seus conhecimentos precedentes, aportes teóricos (na literatura) e na discussão entre si, os sujeitos estabeleceram suas linhas de raciocínio, criticaram a experiência, reconheceram a origem do erro, entenderam e analisaram suas causas e, a partir disso, levantaram hipóteses fundamentadas para a sua resolução.

Ressaltamos, ainda, que semelhantemente ao grupo focal, não foram atribuídas categorias à nenhuma seção específica dos documentos físicos. Isso se deve em virtude de as categorias analíticas possuírem um largo grau de miscibilidade e intertextualidade para com os documentos. Essa miscibilidade incorre na possibilidade de, em pequenos trechos e discussões, ocorra o levantamento de evidências que contemplem diversas categorias ao mesmo tempo.

Quadro 13: Categorias estabelecidas *a posteriori* para a análise dos documentos físicos produzidos pelos sujeitos.

Família Categorial	Categorias	Aspectos menos Informados	Aspectos Mesclados	Aspectos mais Informados
Fundamentação	Descrição Qualitativa	O sujeito descreve o fenômeno, bem como toda a situação que o envolve de maneira superficial. Não há suporte teórico para as descrições.	Ocorre uma descrição razoavelmente fundamentada, com alguma menção detalhada dos componentes que consistem a atividade experimental. Traz o apoio da literatura para fundamentar a descrição.	A descrição é largamente fundamentada, com larga discussão de todos os elementos que compõem a atividade experimental. Assenta toda a fundamentação em aportes teóricos.
	Formalidades Matemáticas	Não ocorre menção às expressões matemáticas que são relevantes para a atividade experimental.	As expressões matemáticas que estabelecem relações diretas com a atividade experimental são explicitadas e discutidas, mas sem maior refinamento.	Ocorre menção das expressões matemáticas convenientes, bem como a discussão extensa de seus conceitos-chave. Pode mencionar a origem ou até deduzir as expressões mais importantes.
	Conceitos Envolvidos	Ocorre menção de alguns dos conceitos que fundamentam a experiência, mas não todos. Pode trazer uma discussão dos conceitos, mas tal discussão é de teor superficial. Com frequência atribuem aspectos empíricos aos conceitos de maneira inadequada.	Traz os conceitos fundamentadores, com alguma discussão adequada sobre eles. Ainda, porém, pode fazer relações equivocadas entre a empiria e os conceitos envolvidos.	Descreve a maior parte dos conceitos fundamentadores da experiência com esmero. Não estabelece relações equivocadas dos conceitos com a empiria.
	Justificativas e linha hipotética	Não há uma justificativa para os procedimentos levantados ou, se há, é pouco fundamentada ou inconsistente. A linha hipotética é norteada pela pesquisa por informações no livro didático.	Explica com algum detalhe as tomadas de decisões envolvidas no levantamento de propostas resolutivas. Ainda há, porém, <i>preponderância</i> do livro didático com respeito à tomada de decisões.	Explica em detalhe todas as decisões que foram tomadas. A linha hipotética se baseia em aportes teóricos <i>discutidos</i> pelo grupo.
Erro e hipóteses	Conhecimentos Precedentes	Os sujeitos têm grande desconfiança para com seus conhecimentos, pouco ou simplesmente não os utilizando no processo hipotético.	Faz alguma utilização dos conhecimentos precedentes ao tentar identificar o erro e levantar hipóteses, mas prefere algo mais confiável, como o livro didático.	Faz pleno uso dos seus conhecimentos precedentes, contanto que eles sejam plenamente fundamentados.
	Reconhecimento do Erro Positivo Controlado	Revela dificuldades em reconhecer o erro, e pode até levantar uma proposta resolutiva que solucione o problema sem que haja uma identificação do erro.	Apesar das dificuldades, ao longo da lide hipotética é capaz de identificar o erro com discussão e o apoio do livro.	Reconhece o erro por meio da crítica e análise minuciosa das peculiaridades da experiência, devidamente suportadas por seus conhecimentos e aportes teóricos.
	Compreensão e análise do Erro Positivo Controlado	Em virtude de sua grande dificuldade em reconhecê-lo, a compreensão dos fatores que originam e que solucionam o problema também se torna comprometida. Realiza análises pouco elaboradas e se utiliza de ideias espontâneas ou intuitivas na resolução do problema.	Pode compreender a natureza do erro, mas é possível que estabeleça relações de causa e efeito errôneas para a experiência e o problema a ser resolvido. É capaz de analisar os aspectos que envolvem o problema, mas estabelece larga dependência de fatores extrínsecos nesse processo (e.g. livro didático)	Compreende o erro controlado sem maiores dificuldades. Consegue analisar o problema com grande acurácia, baseando-se nos conceitos dominados pelo sujeito em conjunto com o que se tem dos aportes teóricos.
	Teste da Hipótese	Como consequência de sua insuficiente fundamentação teórica e capacidade analítica, pode ocorrer a necessidade do levantamento de mais de uma hipótese para resolver o problema. Na ocorrência disso, estabelece modificações superficiais e pouco elaboradas para a proposta resolutiva.	Em virtude da diagnose correta do erro, consegue elaborar uma hipótese com grandes chances de sucesso para resolver o problema. No entanto, como não ocorre um domínio factual dos conceitos envolvidos, há a possibilidade de sua hipótese resolutiva não obter sucesso.	Sendo capaz de reconhecer, compreender e analisar o contexto com larga aptidão, a proposta resolutiva é firmemente fundamentada e resolve o problema sem complicações.

Fonte: Elaboração própria.

Análise Documental

A análise dos documentos foi tecida de maneira que destoa das demais análises realizadas até esse momento. Durante a leitura crítica dos documentos físicos para a obtenção das categorias analíticas *a posteriori*, foi observado que, por vezes, em virtude de os 3 documentos essencialmente reportarem acerca do mesmo objeto, que é a IDP-I, se tornaria redundante analisa-los de maneira estruturada e sequencial. Há informações registradas em cada documento que são únicas, mas ocorrem com frequência informações que são idênticas, revelando apenas mudanças com respeito a profundidade do argumento ou prolixidade/concisão na escrita. Sendo assim, optamos por trazer uma análise do pano de fundo cronológico comum aos três documentos, que é o processo de levantamento de hipóteses, sua discussão, testes até a solução da IDP-I. No decorrer da análise, conforme relevante for, serão levantados trechos dos documentos que se demonstrarem mais adequados para cada momento da análise.

Começando nossa lide, conforme já comentamos, logo após o sinal acerca da ocorrência da Erro Positivo Controlado, os grupos se detiveram no processo de investigação propriamente dito que foi proposto neste trabalho. No começo da lide investigativa, por protocolo metodológico reforçado pela presença física do documento de Formulário de Levantamento de Hipóteses (Apêndice 2), os grupos iniciaram a investigação levantando discussões, dados na literatura e hipóteses para solucionar a IDP-I. Nesse primeiro momento, o próprio formulário traz diversas informações de elevada importância acerca das concepções de eletroquímica do grupo. Dessas informações, duas delas se encontram de imediato nas primeiras palavras deste documento: “*A lâmpada não acende porque o sistema está incompleto. Na nossa pilha, **não há a presença de uma espécie iônica capaz de formar a ponte salina***”. Dividimos a análise desse trecho em duas partes, correspondentes às duas orações que o compõem. Em primeiro lugar, o grupo é capaz de, a nível superficial, detectar com algum sucesso o *motivo* para a célula galvânica que eles montaram não ter funcionado: a *ausência* de algo. À luz das categorias analíticas, essa aproximação inicial foi entendida como um aspecto mesclado da categoria *reconhecimento do Erro Positivo Controlado*. A segunda oração do trecho, que pretendeu compreender e analisar o problema, traz duas ideias importantes e interligadas: a ausência de uma *espécie iônica*, e o de *ponte salina*.

Essa frase possui poder sintético suficiente para resumir, se tivéssemos a intenção, toda a análise do grupo em questão; demonstramos, ao longo dessa lide, que a ideia ingênua da ausência de uma espécie iônica *genérica* se propaga ao longo da escrita de todos os documentos analisados nesta seção⁴². A falta de especificidade dos sujeitos para com esse fundamento extremamente importante e que ocupa papel central na IDP-I é, antes de tudo, uma compreensão largamente simplista e equivocada do Erro Positivo Controlado, sendo passível de ser entendida como um aspecto menos informado das categorias *descrição qualitativa* (descrição superficial do fenômenos e seus pormenores); *conceitos envolvidos* (atribuição inadequada de conceito a um dado aspecto empírico); *justificativas e linha hipotética* (justificativa inadequadamente fundamentada) e *compreensão e análise do Erro Positivo Controlado* (análise pouco elaborada).

De maneira avessa, porém, os sujeitos ao se referirem à ponte salina trazem uma fundamentação significativamente mais adequada, recorrendo à literatura para embasarem a sua função, e o seu papel inextrincável na pilha de Daniell. No entanto, todo esse embasamento reflete, inevitavelmente, em um entendimento errôneo do próprio sistema montado, pois não se trata de uma pilha de Daniell; temos, em verdade, uma célula voltaica, a qual não é dotada de *ponte salina*. A maneira com que os sujeitos fundamentaram as suas ideias foi entendida como sendo um aspecto menos informado da categoria *conceitos envolvidos* (descrição de conceito com relações inadequadas com a empiria).

Feitas essas breves exposições, os sujeitos encerram temporariamente o aprofundamento e busca de dados na literatura, e dão início à proposição de hipóteses propriamente dita. Para esse momento, a descrição feita pelos sujeitos no Refletindo (Apêndice 3) se demonstra mui conveniente:

*O roteiro experimental inicial foi modificado na etapa de umidificação do algodão. No roteiro a solução inicial nesta etapa era apenas de água pura, mas dessa forma não foram observadas reações de oxirredução e **nem visualização de geração de energia** a partir dessa pilha. O sistema inicial estava incompleto. Pois como a pilha era composta por placas metálicas de Cobre e Zinco em estado (nox 0) é necessário que haja íons livres no meio para que ocorra a reação e também há necessidade de uma ponte salina para a manutenção do fluxo de carga do meio e sem que haja depósitos dessas cargas paradas e sim um fluxo constante (grifos nossos).*

⁴² Levantaremos, no decorrer dessa análise, uma proposta bastante interessante para justificar o porquê do apego dos sujeitos do grupo por essa ideia.

Analisemos essa justificativa. Primeiro, há uma menção peculiar para uma “*visualização de geração de energia*”. Apesar de não ser categorizável, essa menção remete aos aspectos das visões ingênuas de NdC que já discutimos extensamente em seções precedentes, acerca da dependência da contemplação dos sentidos pelo sujeito para com a experiência. Apesar da obviedade do trecho grifado se referir à leitura obtida no multímetro, é muito interessante a utilização do verbo “visualizar” no lugar de vários outros que possuem equivalência de significado. No segundo grifo, temos uma das reafirmações do conceito equivocado já perpetrado no primeiro documento: a necessidade da existência de *íons livres de qualquer natureza* para que ocorra o processo eletroquímico. Essa concepção equivocada é ainda recursada em momento posterior, nos registros do relatório final.

Findada esta etapa da análise, fazemos um breve hiato na linha cronológica do pano de fundo dos documentos para trazermos a nossa ponderação acerca da concepção resistente do grupo sobre os “íons livres genéricos”. No capítulo de procedimentos metodológicos, mais especificamente o que trata sobre o contexto de pesquisa, mencionamos que a IDP-I fora realizada no 2º semestre letivo. Nesse mesmo semestre, porém, ocorre uma atividade experimental algumas semanas antes da IDP-I que traz em seus procedimentos medidas da condutividade de soluções eletrolíticas.

Essa atividade experimental introduz aos alunos, junto com a exposição teórica, uma noção básica sobre a teoria de interações íon-íon, íon-solvente e solvente-solvente. Aqui, acreditamos que ocorre uma relação de suma importância: os alunos, ao se apropriarem superficialmente acerca da teoria de soluções condutoras, possivelmente petrificaram um conceito equivocado: eles assumiram que, de maneira geral, para que ocorra a condução elétrica em qualquer sistema que comporte solução condutora, a existência de espécies iônicas em solução de qualquer natureza é suficiente. Mas não se deram conta que, no caso do experimento de condutividade, a corrente elétrica que percorre o sistema é originada *externamente*, e não pelo sistema o qual a solução condutora pertence. Essa correlação possui um relevo singular. Sem perceberem, os sujeitos fizeram uso de um conhecimento precedente, de um conceito mal estabelecido. Eles resgataram esse conhecimento da memória e, adido da leitura acrítica e ingênua da literatura disponível, eles sustentaram todo o processo hipotético sob o qual a extensa lide resolutiva desse grupo se desenvolveu com base na ideia equivocada acerca da condução de soluções. Essa hipótese levantada por nós,

apesar de perspicaz, satisfaz com razoável robustez⁴³ de teor explicativo o porquê desses sujeitos terem se apegado tão firmemente à ideia ingênua acerca dos íons em solução. Temos aqui, portanto, subsídio para estabelecer, à luz das categorias analíticas, um aspecto mesclado da categoria conhecimentos precedentes (faz uso dos conhecimentos precedentes, mas preconiza o diálogo com o livro didático) e aspectos menos informados da categoria compreensão e análise do Erro Positivo Controlado (Não compreensão do erro devido a análise debilmente elaborada).

Feita essa análise inferencial com o fim de satisfazer a nossa colocação no início dessa lide, damos continuidade à linha cronológica da IDP-I. Justificadas as hipóteses, partimos para a execução das mesmas; a primeira hipótese testada pelo grupo foi a de adicionar, em vez de água destilada, uma solução salina de Nitrato de Amônio, como segue:

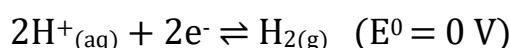
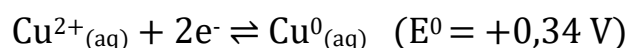
*Após a reprodução do roteiro experimental, observou-se que a lâmpada não acendeu. **A partir desta observação, hipóteses foram formuladas quanto ao motivo da lâmpada não ter acendido.** Notou-se que **no esquema montado não havia uma ponte salina para manutenção do fluxo de íons na pilha.** Esta hipótese foi levantada a partir de conhecimento prévio, este adquirido durante estudo no ensino médio e confirmado na literatura disponível no laboratório. (...) **O sal Nitrato de Amônio foi escolhido para montar a ponte salina** e, em seguida, a pilha foi testada novamente e mesmo assim a lâmpada não acendeu (grifos nossos).*

Os sujeitos trazem, nesse trecho, uma discussão mui detalhada dos pormenores que levaram os sujeitos, a partir do alarme do Erro Positivo Controlado até o levantamento e teste da primeira hipótese. É interessante notar que os sujeitos se apoiam de maneira bastante adequada no conceito de a ponte salina (apesar da sua já comentada não existência na célula voltaica), trazendo ao documento até uma discussão encontrada na literatura acerca da sua relevância no funcionamento da pilha, apesar de ela não receber destaque como os eletrodos recebem. É importante notar que os sujeitos não revelam preocupação em explicar o porquê da utilização do sal de Nitrato de Amônio em vez de outros sais; eles apenas anunciam a escolha. Levantamos que, com respeito às categorias analíticas, esse trecho corresponde a aspectos mesclados da categoria *reconhecimento do Erro Positivo Controlado* (detecção do Erro Positivo Controlado com o apoio do livro) e da categoria *conhecimentos precedentes* (faz utilização dos conhecimentos precedentes ao tentar

⁴³ Essa discussão será retomada adiante quando formos discutir quimicamente sobre o porquê das duas primeiras hipóteses resolutivas levantadas pelos sujeitos terem fracassado, e porque a última foi bem-sucedida.

identificar o erro e levantar hipóteses, mas há preponderância do livro didático no processo); aspectos menos informados da categoria *descrição qualitativa* (descrição superficial da situação); *conceitos envolvidos* (atribuição de conceitos corretos e equivocados a observações empíricas inadequadas); *justificativas e linha hipotética* (justificativa com fundamentos inadequados) e *teste da hipótese* (insuficiente fundamentação da hipótese tem como consequência a sua incapacidade de solucionar o problema).

Dando prosseguimento à sequência resolutiva do grupo, após a falha da primeira hipótese, os sujeitos afirmaram que “*mais hipóteses foram formuladas diante desta situação intrigante. Observou-se que faltou a presença de um ácido*”. A segunda hipótese do grupo foi a de acrescentar uma solução de Ácido Sulfúrico ao invés da solução salina. Novamente, não há nenhuma intenção dos sujeitos no texto de justificar o porquê escolheram o ácido sulfúrico concentrado (6 mol L^{-1}), porém é possível inferir que essa escolha ocorreu em virtude da possível menção em algum livro, por exemplo, de que esse ácido pode ser utilizado como eletrólito na Pilha de Volta. Mais evidências de aspectos menos informados da categoria *teste da hipótese* são encontrados aqui (proposição de modificações superficiais e pouco elaboradas para a proposta resolutiva). É extremamente importante verificarmos, nesse ponto, as equações que regem a pilha com esse novo par redox e qual é a diferença de potencial dessa nova célula:



A nossa pilha, então, descrita com a notação que apresentamos no capítulo de fundamentação química, fica sendo:



Onde o símbolo $:$ representa uma membrana semipermeável (em nosso caso, essa membrana é o chumaço de algodão que é intercalado entre as placas metálicas). A diferença de potencial de célula (E_{cel}) é, portanto:

$$E_{\text{cel}} = E_{\text{d}} - E_{\text{e}}$$

$$E_{\text{cel}} = 0,34 \text{ V} - 0 \text{ V} = + 0,34 \text{ V}$$

Como esse resultado é mais do que zero, se substituirmos na equação que estabelece a relação fundamental entre a energia livre de Gibbs e a diferença de potencial, temos que

$$\Delta G = -nF\Delta E = -2F (+0,34 \text{ V}) \therefore \Delta G < 0$$

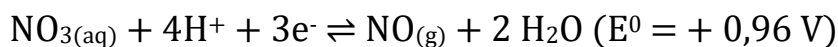
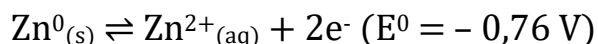
Temos, então, que essa reação do ácido sulfúrico com o Cobre é espontânea! Porém, como explicar o não acendimento da lâmpada? Para entender isso, é necessário observar que o valor da ddp dessa célula (0,34 V) é aproximadamente três vezes menor do que o obtido pelo par redox Cu/Zn (1,10 V). A hipótese que levantamos, então, para esse caso, é a de que a ddp desse novo par redox não foi suficiente para resultar no aquecimento do filamento da lâmpada até a sua incandescência. Não havendo o sinal visual do elemento resistivo, os alunos muito provavelmente interpretaram que essa segunda proposta também havia fracassado.

Por fim, a terceira e última proposta do grupo é talvez a que deixa mais evidente a ausência de um caráter analítico razoável pelos sujeitos do grupo; eles resolvem adicionar, como eletrólito, a solução salina e de ácido sulfúrico juntas e, dessa vez, a pilha funciona e a lâmpada acende. A justificativa apresentada pelo grupo, no relatório final para o sucesso na derradeira proposta foi que “[a solução de Ácido Sulfúrico] que garantiu o ‘ataque químico’ [sic] aos metais para que seus elétrons ficassem livres para reagirem”. A ingenuidade e imaturidade conceitual dos sujeitos nesse último trecho é imensa e dá margem para uma discussão enorme. Porém, é largamente utópico considerar que eles de alguma forma poderiam ter imaginado o que realmente aconteceu nesse último caso, como explicaremos abaixo.

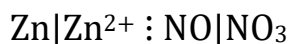
Quando colocamos a solução de Nitrato de Amônio na presença do Ácido Sulfúrico, temos uma série de reações que poderiam ser desencadeadas, todas elas oriundas da riqueza reacional que é típica do Nitrogênio. Nesse sal, nós temos o cátion amônio, NH_4^+ , no qual o estado de oxidação do Nitrogênio é -3, ou seja, o ele se encontra bastante reduzido e, portanto, é incapaz de participar de posteriores reduções. No seu contra-íon NO_3^- , contudo, o Nitrogênio possui um número de oxidação (Nox) +5! Ele está no estado mais oxidado possível, e pode apresentar diversas especiações ao longo da sua redução pelo Ácido (e.g. Nox = +3 no ânion NO_2^- , +2 na espécie NO, +1 na espécie N_2O e no ânion NO^-). Aqui então já demarcamos que, para efeitos práticos, o cátion Amônio será um íon espectador do espetáculo químico que acontece nessa última proposta resolutiva, e o seu contra-íon Nitrato será um dos protagonistas.

É extremamente importante, porém, deixar claro que essa redução do ânion Nitrato e o passeio do Nitrogênio por todas as espécies supracitadas só ocorre na

presença de ácido! Na presença do ácido, nós temos para o par redox NO_3/Zn os seguintes processos:



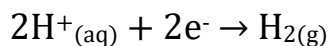
A nossa pilha fica, então, escrita como sendo



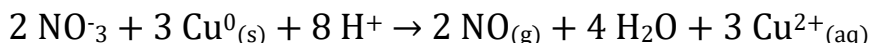
E o potencial de célula para esse novo par redox é, portanto:

$$E_{\text{cel}} = E_d - E_e = +0,96 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = +1,82 \text{ V}$$

Esse potencial possui valor bastante alto, maior até do que o próprio par redox Cu/Zn original da pilha de Daniell ($E_{\text{cel}} = +1,10 \text{ V}$). Temos como reações paralelas, a própria redução do cátion H^+ :



E a reação redox do ânion Nitrato com o Cobre (reação global e balanceada):



Cuja ddp da célula com esse par redox tem um valor de +0,63 V.

Fica então, em aberto, como explicar o valor obtido pelos sujeitos na medida da ddp realizada durante o experimento (+0,91 V). Esse valor obtido é decorrente do fato que temos todas essas reações ocorrendo mutuamente, e ainda outras reações menos favorecidas, mas que também ocorrem, como por exemplo, a redução do Nitrato para Nitrito, redução do Nitrato/Nitrito para o ânion Nitrosil (NO^-), etc. O que é mais importante, porém, a título de percepção, é o fato de que os sujeitos fizeram o sistema eletroquímico funcionar *ao acaso* nessa última proposta, uma vez que absolutamente nenhuma discussão do teor da que acabamos de desenvolver aqui foi disposta por eles.

Os sujeitos atribuem o sucesso do sistema eletroquímico para um suposto “*ataque químico*”, assumindo que ocorre uma corrosão permite que os elétrons dos metais fiquem livres. A corrosão ocorre sim, mas não é o coração dos complexos processos que de fato ocorrem na situação descrita nessa última proposta resolutiva. Fica mais do que patente, nessa última etapa, o fato de que os sujeitos, apesar de terem sido capazes de resolver a IDP-I, e reconhecer a natureza do Erro Positivo Controlado, não o compreendem e nem foram capazes de analisá-lo a ponto de identificá-lo com precisão. Nesse trecho, temos, então, a atribuição de visão menos informada para as categorias *descrição qualitativa* (descrição superficial do

fenômeno/ausência de suporte teórico para a descrição); *formalidades matemáticas* (não ocorre nenhuma menção aos elementos matemáticos que permeiam essa discussão, que é justamente a diferença de potencial da pilha de Daniell); *conceitos envolvidos* (conceitos inadequadamente discutidos); *justificativas e linha hipotética* (*justificativa pouco fundamentada e inadequadamente colocada*) e *compreensão e análise do Erro Positivo Controlado* (Não-compreensão do erro e análise superficial de sua natureza).

Para arrematar a última hipótese, trazemos para a discussão um elemento persistente: o Nitrato de Amônio. Porque justamente esse sal foi preconizado pelo grupo no lugar de diversos outros sais que são de uso comum em pilhas (e.g. KCl)? Acreditamos que essa escolha, a princípio, tinha sido baseada em seus conhecimentos precedentes, e reforçada pelo livro didático, mas, após pesquisarmos os livros didáticos que foram fornecidos aos alunos, encontramos um dado bastante interessante: em um deles, para todas as células eletroquímicas descritas, o livro ilustra no diagrama de célula a *ponte salina* contendo o sal *Nitrato de Amônio*. Após a contemplação desse dado, pudemos entender que, toda a insistência desse grupo para com a ideia de *ponte salina* e o emprego desse sal está fortemente arraigada no fato de que um dos livros didáticos consultados por eles trouxe, reiteradamente, esses dois elementos unidos nos esquemas visuais. Sabendo da influência que representações pictóricas estabelecem, constatamos que, de fato, a insistência dos alunos pouco estava arraigada em seus conhecimentos precedentes; o grande protagonista dessa discussão foi, indubitavelmente, o livro didático. É curioso o fato de que, caso eles tivessem se firmado em outras literaturas, a ideia de “íons genéricos em solução” cairia por terra rapidamente; se eles tivessem utilizado, por exemplo, o Cloreto de Potássio no lugar do Nitrato de Amônio, a lâmpada também não teria acendido. Esse achado evidencia ainda mais como todas as decisões tomadas pelos sujeitos são acríicas e fortemente guiadas pela figura do livro didático.

A última hipótese que descrevemos aqui marca o fim da cronologia do grupo ao longo da IDP-I, a partir do momento de seu anúncio até a resolução do seu problema. É possível notar que, em momento algum, os sujeitos do grupo conseguiram diagnosticar exatamente o Erro Positivo Controlado. Eles conseguiram, sim, esgotar todas as possibilidades da IDP-I até chegar à origem do erro, mas não puderam satisfazer diversos processos da fundamentação e levantamento de hipóteses para precisar o que exatamente foi omitido no conjunto da pilha para que ela viesse a

funcionar. É interessante também atinar que, durante toda a investigação, os sujeitos, a partir dos dados empíricos arrolados, pouco se colocaram, em *stricto sensu*, *ativos intelectualmente* para com o problema. É também posto o fato de que os sujeitos não procuraram realizar uma análise e pesquisa mais acurada dos conceitos precípuos que fundamentaram a intervenção, limitando suas discussões para aspectos superficiais sobre pilhas e a discussão recorrente sobre a natureza e importância da *ponte salina*. Por isso, é possível inferir que as etapas de identificação do Erro Positivo Controlado, de pesquisa à literatura e de proposição de hipóteses, para o grupo de alunos em análise, não se constituíram, em verdade, no movimento de transição da ação manipulativa para ação intelectual, conforme apontado na fundamentação do Ensino por Investigação (CARVALHO, 2014). Como detectado, a vasta maioria dos processos analisados orlou aspectos de caráter mais *manipulativo*, trazendo reflexões e proposições resolutivas pouco complexas do ponto de vista cognitivo, no sentido de abarcar adequadamente a situação-problema em tela.

Findada esta seção, no próximo tópico, em movimento de conclusão geral acerca deste capítulo analítico, trazemos a triangulação, conforme Quadro 6, dos dados obtidos com todas as análises que foram desenvolvidas nessa lide, com o propósito de trazer respostas para as questões de pesquisa, bem como tentar satisfazer o problema de pesquisa posto neste trabalho.

Pareceres finais acerca da IDP-I e redarguições acerca do problema de pesquisa

O trabalho aqui desenvolvido teve, como principal motivação, a proposição de uma estratégia didática inovadora com fins de aplicação no contexto do laboratório didático de Química. Essa estratégia foi concebida à luz da metodologia do Ensino por Investigação. A finalidade deste trabalho foi, em um primeiro momento, promover uma conscientização acerca da maneira com que o laboratório didático vem sendo utilizado, proporcionando uma reflexão que pretendia atender ao corpo docente e, em caráter secundário, aos próprios discentes com respeito às potencialidades do laboratório didático de química. O problema de pesquisa que definimos para esse trabalho foi o seguinte:

- De que modo a aplicação de uma intervenção didático-pedagógica investigativa, que emprega erros positivos controlados, influencia o desenvolvimento do espírito científico de estudantes de um curso de Licenciatura em Química?

Com o fim de melhor responder a esse problema, levantamos e propusemos as seguintes questões de pesquisa:

- ✓ Qual é a influência da intervenção na mudança de concepção sobre a NdC dos alunos?
- ✓ De que modo a ocorrência do erro positivo controlado impacta sobre a experiência comum dos estudantes em relação ao experimento?
- ✓ Como participar da intervenção contribui para a aprendizagem dos conceitos de eletroquímica envolvidos no experimento?

Esta seção final do capítulo de análise de dados pretende, portanto, trazer reflexões, respostas e *insights* concernindo a todos os procedimentos analíticos que desenvolvemos aqui, como eles se relacionam entre si e com as questões de pesquisa, além de como subsidiam respostas para o problema de pesquisa.

Para começar essa lição, trazemos aspectos que concernem o questionário sobre NdC (Apêndice 5) e a Entrevista Individual com Lembrança Estimulada (Apêndice 7). Tais documentos pretenderam, em conjunto, trazer respostas para a primeira questão de pesquisa, que trata da influência que a IDP-I exerceu na possível mudança de concepções de NdC dos sujeitos. Com efeito, esses dois documentos, conforme desenhado nos procedimentos metodológicos, ao coletarem dados em momento prévio (questionário) e posterior (entrevista) à IDP-I, intentaram possibilitar o entendimento das possíveis mudanças de concepções de NdC ocasionadas pela intervenção. Sendo assim, foi possível notar, evidentemente, que os sujeitos, quando da realização do questionário, revelaram, quase em uníssono, concepções menos informadas do “núcleo duro” de NdC (o que é ciência, o que é um experimento, relação teoria-experiência). Por sua vez, nas entrevistas individuais, foi observado que, com respeito à análise comparativa entre as Figuras 12 e 13, não foram obtidas mudanças significativas nas concepções dos sujeitos para com esses aspectos “duros” de NdC. Apesar disso, alguns sujeitos registraram mudanças bastante significativas para outras questões relevantes de NdC, como, por exemplo, o *papel dos conhecimentos precedentes* e a *dependência social da ciência*. No entanto, de maneira geral, o que foi entendido, com esse movimento reflexivo que se estabeleceu entre os instrumentos, é que a intervenção foi incapaz de estabelecer mudanças enérgicas nas concepções de NdC dos sujeitos analisados. Ficou bastante patente também que o simples engajamento e a ocasião de debates e discussão entre os sujeitos do grupo amostrado, à luz de Bachelard (1996), não é o suficiente para formar o EspC. Essa

evidência suporta a modificação que realizamos para a proposta de Kasseboehmer e Ferreira (2013). Isso conversa com os pressupostos do Ensino por Investigação, que são enfáticos acerca de como o sujeito, ao se engajar na lide investigativa, tem o potencial para romper com diversas visões ingênuas de ciência perpetradas pela experimentação tradicional (HODSON, FLORES; SAHELICES; MOREIRA, 2009). Entendemos, então, que, para tentar alçar os pressupostos da metodologia investigativa, uma intervenção apenas é insuficiente; fica em aberto, em caráter de possível estudo futuro, analisar se essas mudanças de concepções de NdC se tornam mais vivazes quando ciclo reiterados de intervenções ao longo do ano letivo. Ademais, parece-nos claro que essas ações necessitam inextricavelmente estarem acompanhadas de discussões e leituras sobre história e filosofia ciência mediadas⁴⁴ por um par mais competente e experiente, qual seja, o professor.

Passemos agora a ótica para o que tange à segunda questão de pesquisa, que diz respeito a como o Erro Positivo Controlado, a proposta inédita deste trabalho, possa ter afetado a *experiência comum* dos sujeitos para com as concepções deles sobre experimentação. Com o fim de responder essa questão, levamos em consideração os dados obtidos na Entrevista Individual, no Grupo Focal e nos Documentos Textuais. Em mãos do fato de que os sujeitos, conforme comentamos acima, não terem sofrido mudanças do “núcleo duro” de NdC, isso configura indício preliminar de que não ocorreram mudanças dramáticas para com a *experiência comum*. No entanto, ao analisarmos a fala dos sujeitos durante o grupo focal, foi possível identificar que alguns deles afirmaram ter vivenciado drásticas mudanças no que se refere aos aspectos comportamentais em laboratório. É reavivada a afirmativa do sujeito A6:

Por exemplo, quando a gente colocou a água, acho que ninguém tinha parado pra pensar que não ia dar certo. Daí, tava faltando alguma coisa. Porque se precisava de uma corrente elétrica, ia precisar de alguma coisa que liberasse os elétrons né. Aí, acho que você...Aí, acho que depois que deu errado a primeira vez, que a gente foi tentar de novo, que aí que veio...que começou a vir a ideia. Aí, a gente relacionou o que tinha que fazer com o que a gente sabia do conceito (grifos nossos).

Temos aqui, nas palavras do sujeito, a alegada mudança mental que o sujeito vivencia ao longo da IDP-I: ele sai de uma *ação manipulativa*, passiva diante do experimento, até alçar uma *ação intelectual* de elevado nível, que é a criação de uma

⁴⁴ Esclarecemos que *mediar*, aqui, possui o significado dicionarizado, e não o sentido Vygostskiano da palavra.

proposta resolutive. Porém, essa mudança alegada pelo sujeito e por outros durante o grupo focal não se verifica na própria análise do grupo focal, haja vista a larga quantidade de atribuições referidas ao espírito pré-científico, bem como quando analisamos os documentos textuais. Esses, por sua vez, foram retumbantes na indicação que os sujeitos, de maneira geral, demonstraram grande dificuldade para se desvencilharem dos aspectos manipulativos da experiência. O caráter latente da *ação intelectual* fica explicitamente colocado ao longo da descrição feita dos passos seguidos pelos sujeitos na lide resolutive da intervenção; se reservaram, basicamente, ao levantamento de hipóteses com um lastro conceitual errôneo que se revelou inextricável dos procedimentos resolutivos, bem como a proposição de mudanças pontuais, pouco e/ou equivocadamente fundamentadas. Temos a sugestão de que, para intervenções posteriores, organizar grupos com menos membros. Isso pode, a princípio, acarretar na incidência menor de sujeitos ociosos para com a intervenção em virtude de uma apatia geral para com a experiência desenhada de acordo com a metodologia investigativa.

Em mãos dos comentários elucidados acerca dos três instrumentos de pesquisa que contemplaram a segunda questão, temos que, apesar de alegadamente os sujeitos terem sofrido mudanças mentais que, em tese, teriam suscitado mudanças íntimas dos sujeitos para com a *experiência* e, assim, se movimentarem no sentido de se afastarem da *experiência comum* e se movimentarem em direção da *Experiência Científica*. No entanto, as alegações dos sujeitos encontram escasso suporte nas evidências analíticas que foram levantadas. Esse comportamento inconsistente insufla ideias, por exemplo, acerca dos obstáculos epistemológicos que circundam e se dispõem ao longo da intervenção. Temos, por exemplo, na ocasião da ideia persistente de “íons genéricos em solução”, uma faceta do obstáculo substancialista e do geral, por exemplo. Os sujeitos, quando frente ao fenômeno de condutividade em líquidos, substancializaram e generalizaram a ideia de que para uma solução conduzir eletricidade, independentemente do tipo de sistema que se tem, só é necessário que ela possua íons em solução, não importando sua natureza. Eles cristalizaram essa noção equivocada sobre esse fenômeno eletroquímico, de maneira que ela permaneceu vivaz e firme ao longo de toda a lide desenvolvida pelos sujeitos ao longo do itinerário resolutive da intervenção. A *Experiência Exigente* de Bachelard (1996) fez jus ao nome para os sujeitos, porém falhou em realizar um movimento de aproximação dos mesmos em relação à postura íntegra e indômita do EspC; a

Experiência Exigente findou por suscitar alguns sentimentos pouco úteis para a lide resolutive, gerando, por exemplo, angústia e incômodo conforme reportado com alguns sujeitos, ou motivações ingênuas para resolver o problema, com base na premissa de infalibilidade do experimento didático, a questão do “*sempre deu certo*”. Ressaltamos a autenticidade das palavras de Bachelard (1996, p. 121) acerca do obstáculo substancialista e sua preponderância no ensino e aprendizagem de química, fato que ficou fortemente marcado nos dados dos sujeitos:

O obstáculo substancialista, como todos os obstáculos epistemológicos, é polimorfo. **É constituído por intuições dispersas e até opostas.** [...] **Atribui à substância qualidades diversas**, tanto a **qualidade superficial** como a **qualidade profunda**, tanto a **qualidade manifesta** como a **qualidade oculta** (grifos nossos).

Com o fim de respondermos à última questão de pesquisa, que trata da aprendizagem dos conceitos de eletroquímica envolvidos no experimento e como a IDP-I atuou nesse aspecto, recapitulamos as análises realizadas no grupo focal e nos documentos textuais, uma vez que esses instrumentos são os que foram levantados para respondê-la. Pensando no tocante à aprendizagem, podemos pensar, em um movimento preliminar, que a IDP-I foi capaz de, com sucesso, perpetrar um adendo ao contexto do laboratório didático dos sujeitos, que é o livro didático. Apesar das críticas com respeito ao ensino de eletroquímica tecidas a esse elemento no capítulo de fundamentação química, é imprudente não reconhecer que ele teve uma atuação importante, apesar de também protagonista, na resolução da IDP-I. É importante mencionar que o procedimento comum dos alunos no laboratório didático inevitavelmente afeta a maneira com que eles interagem com o livro; assim sendo, a maneira acrítica que os sujeitos o utilizaram é passível de amadurecimento e mudanças ao longo do tempo. Também podemos trazer à tona o fato de que, ao deixar bastante patente para alguns deles a noção de falibilidade da ciência, é possível que alguns deles tenham um maior cuidado com a experimentação de modo geral, bem como um asseio mais adequado no contexto mais amplo do ensino e aprendizagem, fato observável com a motivação intrínseca de A2 para ler artigos científicos acerca de visões de NdC. Ficou, no entanto, bastante patente nesse grupo de sujeitos que os *conhecimentos precedentes* de eletroquímica dos alunos se configuraram como um grande obstáculo para eles no entendimento do Erro Positivo Controlado, porém, ao longo da tortuosa lide resolutive apontada nos documentos

textuais, os sujeitos foram capazes de romper com alguns conceitos equivocados e, assim, retificá-los e construindo uma noção mais adequada para eles. Assim sendo, entendemos que a IDP-I, no contexto da terceira questão de pesquisa, apesar de obter alguns resultados positivos, eles não foram suficientes para considerarmos que houve algum avanço significativo pelos sujeitos nesse aspecto.

Do ponto de vista de emancipação e aperfeiçoamento das visões de NdC, os sujeitos de maneira geral não apresentaram evoluções significativas e, portanto, uma vez sendo requisito para a formação do EspC conforme nossa adaptação das sugestões de Kasseboehmer e Ferreira (2013) o pleno conhecimento da NdC, a intervenção não obteve resultado satisfatório com esse respeito. No entanto, conforme comentamos, o mover do espírito pré-científico em direção ao EspC é processo contra intuitivo, áspero, doloroso para qualquer aspirante à um *status* espiritual de primazia para Bachelard (1996). Andar nos conformes do EspC exige a insatisfação e descontentamento com os conhecimentos íntimos que se possuem, uma perpétua sensação de desconfiança para com a experiência estudada, e um desejo de construir e retificar os conhecimentos que o sujeito possui e que a comunidade científica lhe apresenta. Esse estado de insatisfação espiritual, de maneira alguma, seria razoável de ser alcançado com apenas algumas poucas horas de lide mais trabalhosa. O movimento perpétuo do EspC é, acima de tudo, um trabalho a ser desenvolvido ao longo da carreira acadêmica do indivíduo e, nesse aspecto, a IDP-I foi bastante satisfatória como pedra angular do início processo de elevação espiritual.

Conclusões

But in the end, I failed in so many plans
 Wanted to be sure, I care and I want some more
 Little things in life, and some pleasures that I was denied
 I feel satisfied, That I left all my past behind...

(Infected Mushroom – Wanted to)

O objetivo deste trabalho situou-se em trazer, para o âmbito do ensino de química em nível superior, uma proposta investigativa inédita, a qual possui em seu cerne um dispositivo que foi criado e refinado que é o Erro Positivo Controlado. Com base nessa proposta, pretendemos analisar, à luz dos referenciais teóricos preconizados, como que a intervenção foi capaz de fomentar e promover a formação do Espírito Científico dos alunos do primeiro ano do curso de Licenciatura em Química do Instituto de Química, *campus* de Araraquara.

Para esse fim, introduzimos diversos conceitos de grande relevância ao longo da fundamentação teórica deste trabalho. Percorremos desde os comentários mais amplos acerca da experimentação no ensino de ciências, passando pelo ensino de química, até a problemática envolvendo as visões deformadas de Natureza da Ciência e como elas prejudicam a aprendizagem de conceitos e empobrecem a plena concepção de fatos e conhecimentos científicos. Feito esse movimento, adentramos na primeira discussão profunda do trabalho, que tratou de comentar e fundamentar a filosofia de Gaston Bachelard, comentando acerca de sua epistemologia inovadora, e depois discorremos especificamente acerca seu livro *Formação do Espírito Científico* (1996). Trouxemos com riqueza de detalhes e de descrições os mais diversos conceitos que o filósofo reporta na obra, dos quais vários deles desempenharam papel fulcral em nosso trabalho: o embate da *experiência comum versus experiência científica*; o Espírito Científico, sua origem, formação, natureza, e como ele se relaciona com o conceito primoroso de Obstáculo Epistemológico, a maior contribuição de Bachelard com esta obra. Por fim, discorremos acerca da proposta da Experiência Exigente e o processo de retificação de erros, os quais ocupam papel fundamental na intervenção que foi aqui proposta, desenvolvida e analisada.

Na sequência, fizemos o aporte da metodologia de ensino e aprendizagem entendida por nós como sendo a mais indicada para acomodar e contemplar os interesses da intervenção, que é o Ensino por Investigação. Definimos as perspectivas históricas, desde seus primórdios da criação, até as noções mais atuais do *inquiry*.

Levantamos, com respaldo na história e no momento atual, quais são os entrepostos que se dispõem diante da investigação de maneira que ela não é uma metodologia mais popular nos mais variados níveis da educação, e estabelecemos um elo com o ensino superior. Sob esse elo, dispusemos diversas discussões de teor filosófico e como a investigação pode ser empregada em nível superior, até findarmos com a conceituação e definição da entidade central da intervenção, que é o Erro Positivo Controlado.

Feitas essas exposições, passamos para a discussão dos procedimentos metodológicos que guiaram esta pesquisa, descrevendo o contexto no qual toda a lide aqui documentada se desenvolveu, bem como uma extensa e mui cuidadosa fundamentação dos mais diversos aspectos químicos sob os quais a intervenção se enraíza. Nesse processo, aproveitamos o ensejo da discussão química para interpormos sugestões acerca de como é possível estabelecer um ensino dos conceitos das disciplinas do ramo da eletroquímica de maneira mais adequada para os alunos que estão sendo introduzidos a esse complexo ramo multidisciplinar da química. Em seguida, demos prosseguimento aos protocolos qualitativos, caracterizando nossa pesquisa em termos da abordagem e desenho, bem como as todas as fontes de informações e instrumentos de coleta que foram empregados no decorrer do nosso trabalho, findando na discussão sobre como nós preferimos discutir cada tipo de dado obtido.

Por fim, adentramos ao capítulo de resultados e discussão, o qual consistiu de uma extensa e briosa lide. Enunciamos e realizamos as análises com o questionário de concepções de Natureza da Ciência. Os resultados da análise foram empregados conjuntamente com os dados obtidos na análise das entrevistas individuais para atender o questionamento encontrado em nossa primeira questão de pesquisa. Após essa etapa, demos prosseguimento à análise do grupo focal e dos documentos textuais, os quais em conjunto pretendiam responder a terceira questão de pesquisa, e aliando-os com a entrevista intentaram responder a nossa segunda questão de pesquisa. Em posse de todas as triangulações realizadas, tecemos as conclusões de que a intervenção, apesar de não ter sido capaz de satisfazer positivamente o problema de pesquisa, se revelou como uma ferramenta introdutória de elevado valor.

A intervenção, pontual como foi, entendemos que estaria seria quase utópica a suscitação de drástica elevação espiritual dos sujeitos. Mesmo em vista do que é alegado com respeito aos protocolos da metodologia investigativa de ensino e

aprendizagem, os quais em teoria são capazes de imputar grande motilidade cognitiva aos sujeitos, que vivenciam uma experiência fundamentada nos meandros da investigação, chegamos à conclusão de que, ao fim e ao cabo, o mover e o agir que são característicos do Espírito Científico são resultado de uma façanha altamente engenhosa e que requer um esforço muito mais vultoso do que algumas poucas horas dedicadas à resolução e posterior discussão de um problema particular.

Conforme apontado, seria ingênuo esperar por essa mudança paradigmática com a nossa intervenção. No entanto, isso não suprime a contribuição desse trabalho para a academia. Trazemos uma abordagem inédita, cujos fundamentos se estabelecem em um eixo pouco explorado, que é a conversa estabelecida entre os princípios do Ensino por Investigação com os conceitos bachelardianos aqui perpetrados. Pontuamos que a intervenção aqui proposta, testada empiricamente e analisada, pode ser, sim, uma estratégia bastante fortuita para ser utilizada, por exemplo, em disciplinas introdutórias do curso de química, e também pode ser aperfeiçoada para se adequar às investigações mais maduras e complexas de disciplinas experimentais mais elaboradas. Ao retirarmos o elemento de segurança (o roteiro experimental) da posse dos sujeitos, alteramos a postura deles para com o experimento, gerando uma maior cumplicidade (GIORDAN, 1999) e preocupação que são bastante evidenciadas na análise dos dados. Em verdade, consideramos que a interposição dessa estratégia com maior frequência ao longo do ano letivo pode ser algo de grande valor para os discentes ingressantes. De fato, a intervenção foi muito bem recebida pelos sujeitos e, no que se refere à experimentação tradicional (HODSON, FLORES; SAHELICES; MOREIRA, 2009), recorreremos à fala de um sujeito, que menciona o protocolo da “receita de bolo”. Não existe maior progresso ou desenvolvimento do espírito científico nesse contexto; efetivamente, este é aniquilado durante o processo tradicional. Essa claramente não deve ser a nossa intenção, formadores de futuros professores e cientistas, para os nossos alunos.

Com a realização dessa intervenção, foram levantadas algumas ideias para a possível continuidade dessa lide no doutorado. Levantamos, por exemplo, a possibilidade de analisar todos os sujeitos e grupos participantes da intervenção com o fim de obter um panorama mais adequado sobre a intervenção nessa turma. Também foi trazido à tona a possibilidade de realizarmos uma discussão de teor diferenciado futuramente, trazendo as ideias de Vygotski (2007) sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) para discutir as hipóteses e raciocínios formulados

pelos sujeitos os quais elucidamos no capítulo de análise. Essa discussão Vygotskiana foi levantada principalmente em virtude dos achados e conclusões acerca dos pressupostos do Ensino por Investigação, principalmente no que diz respeito a sua eficácia enquanto metodologia de ensino e aprendizagem. Também foi sugerida a realização de um novo estudo em que seriam perpetradas mais de uma intervenção ao longo do ano letivo dos alunos, com o fim de verificar se a iteração da IDP-I traria resultados mais significativos com respeito as questões de pesquisa e problema de pesquisa propostos nesse trabalho.

Referências

- ABRAHAMMS, I.; MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. **International Journal of Science**, v. 30, p. 1945-1969, 2008.
- ALLCHIN, D. Teaching the nature of science through scientific errors. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 904-926, 2012.
- BABOUR, R. **Grupos Focais**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 216p.
- BACHELARD, G. **Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316p.
- BACHELARD, G. **Filosofia do Não**. Lisboa: Editorial Presença, 1991. 136p.
- BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.
- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.3, p.365-379, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 280p.
- BARROW, L. H. A Brief story of inquiry: from Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, p. 265-278, 2006.
- BEGO, A. M. O professor e o planejamento didático pedagógico. In: _____. **Sistemas Apostilados de Ensino e Trabalho Docente: Estudo de caso com professores de Ciências e gestores de uma Rede Escolar Pública Municipal**. 2013. 323f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Bauru, 2013. Cap. 4.
- BELL, R.; SMETANA, L.; BINNS, L. Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. **Science Teacher**, v. 72, n. 7, p. 30-33, 2005.
- BEVERIDGE, W.I.B. **The art of scientific investigation**. New York: Vintage Books. p. 34, 1957.
- BOCKRIS, J. M.; REDDY, A. K. N.; GAMBOA-ALDECO, M. E. **Modern Electrochemistry 2A**. EUA: Springer, 2000. 763p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CP nº 2**, de 01 de julho de 2015. Brasília, 2015.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.); **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. Capítulo 1, p. 1-20.
- DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Netherlands: Springer. Capítulo 2, p. 17-35.
- DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar**, Curitiba, n. 24, p. 213-225, 2004.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, n. 3, v. 84, p. 287-312, 2000.

- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.
- FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 164p.
- FLORES, J. MOREIRA, M. A.; SAHELICES, M. C. C. El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. **Revista de investigación**, v. 33, n. 68, p. 75-111, 2009.
- GAIER, E.L. Memory Under Conditions of Stimulated Recall. **The Journal of General Psychology**, v. 50, n. 1, p. 147-153, 1954.
- GATTI, B. A. Implicações e perspectivas da pesquisa educacional no Brasil contemporâneo. **Cadernos de Pesquisa**, n.113, p.65-81, julho, 2001.
- GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. F.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001.
- GIL-PÉREZ, D.; CASTRO, P. V. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova Na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.
- HODSON, D. Teaching and learning chemistry in the laboratory: A critical look at the research. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2005.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio. **Enseñanza de Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- HOFSTEIN, A. The role of laboratory in science teaching and learning. **Science Education**, p. 357-368, 2017.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The role of the laboratory in Science teaching: Neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, v. 52, n. 2, p. 201-217, 1982.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28–54, 2004.
- KASSEBOEHMER, A.C; FERREIRA, L.H. O método investigativo em aulas teóricas de Química: estudo das condições da formação do espírito científico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 144-168, 2013.
- KIND, P.; KIND, V.; HOFSTEIN, A.; WILSON, J. Peer argumentation in the School Science Laboratory – Exploring effects of task features. **International Journal of Science Education**, v. 33, p. 2527-2558, 2011.
- LAWSON, A. E.; COSTENSON, K. Why isn't inquiry used in more classrooms? **The American Biology Teacher**, v. 48, n. 3, p. 150-158, 1986.
- LAZAROWITZ, R.; TAMIR, P. Research on using laboratory instruction in science. In: GABEL, D. L. (Ed.) **Handbook of research on science teaching and learning**. New York: MacMillan, 1994, p. 94-130.
- LEDERMAN, N.G; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L; SCHWARTZ, R.S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of

Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LIMA, M. A. M.; MARINELLI, M. A epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. **Revista de Ciências Humanas**, v. 45, n. 2, p. 393-406, 2012.

LOPES, A. R. C. **Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, Iesae/FGV, 1990.

LOPES, A. R. C. A concepção de fenômeno no Ensino de Química brasileiro através dos livros didáticos. **Química Nova**, v. 17, n. 4, p. 338-341, 1994.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99p.

LUNETTA, V.N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. **Handbook of Research on Science Education**. p. 393-441, 2007.

MALHEIROS, B T. **Metodologia da pesquisa em educação**. 1ed. LTC Editora, 2011. 276p.

McARTHUR, D. Why Bachelard is not a scientific realist. **The philosophical forum**, v. 33, n. 2, p. 159-172, 2002.

MILLAR, R.; LUBBEN, F.; GOTT, R.; DUGGAN, S. Investigating in the school laboratory: Conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. **Research papers in Education**, v. 9, p. 207-248, 1994.

MOROZ, M. G.; GIANFALDONI, M. H. T. A. **O Processo de Pesquisa: iniciação**. 2. ed. Brasília: Liber Livro Editora, 2006. 124p.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química Nova**, n. 20, v. 2, p. 200-207, 1997)

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**. 2000, vol. 23, n. 2, p. 273-283.

NASH, L.K.; A historical approach to the teaching of science. **Journal of Chemical Education**, v. 28, n. 31, p.146-151, 1951.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National research standards**. Washington: National Academy Press. 1996.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência E Educação**, v.8, n.2, p.253-262, 2002.

SERÉ, G. M. Towards renewed research questions from outcomes of the European project labwork in science education. **Science Education**, v. 86, p. 624-644, 2002.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. M.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 231-261, 2010.

SISSON, N.; WINOGRAD, M. Bachelard e Freud: fenomenotécnica e psicanálise. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, v. 64, n. 3, p. 146-162, 2012.

SHUBERT, C.W.; MEREDITH, D.C. Stimulated recall interviews for describing pragmatic epistemology. **Physical Review Physics Education Research**, v.11, n.2, p.1-15, 2015.

SZYMANSKI, H. Entrevista Reflexiva: um olhar psicológico sobre a entrevista em pesquisa. In: SZYMANSKI, H. (Org.) **A Entrevista na Pesquisa em Educação: a prática reflexiva**. 3. ed. Brasília: Liber Livro Editora, 2010, p. 9-62.

VYGOTSKI, L.S. **A Formação Social da Mente**. 2. ed. São Paulo: Martins Editora, 2007. 224p.

WHITE, R. T. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

YIN, R, K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205p.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.

ZYTKUEWISZ, M. A. B.; BEGO, A. M. Crítica à experimentação tradicional e a importância do erro no processo de ensino e aprendizagem. **Revista Iluminart**, n. 16, p. 74-79, 2018.

Anexos

ANEXO A:

**Questionário validado para
levantamento de concepções sobre
natureza da ciência**

VIEWS OF NATURE OF SCIENCE QUESTIONNAIRE⁴⁵

VNOS-Form C

1. What, in your view, is science? What makes science (or a scientific discipline such as physics, biology, etc.) different from other disciplines of inquiry (e.g. religion, philosophy)?
2. What is an experiment?
3. Does the development of scientific knowledge **require** experiments?
 - If yes, explain why. Give an example to defend your position.
 - If no, explain why. Give an example to defend your position.
4. After scientists have developed a scientific theory (e.g. atomic theory, evolution theory), does that theory ever change?
 - If you believe that scientific theories do not change, explain why. Defend your answer with examples.
 - If you believe that scientific theories do change: (a) Explain why theories change? (b) Explain why we bother to learn scientific theories? Defend your answer with examples.
5. Is there a difference between a scientific theory and a scientific law? Illustrate your answer with an example.
6. Science textbooks often represent the atom as a central nucleus composed of protons (positively charged) and neutrons (neutral particles) with electrons (negatively charged particles) orbiting that nucleus. How certain are scientists about the structure of the atom? What specific evidence **do you think** scientists used to determine what an atom looks like?
7. Science textbooks often define a species as a group of organisms that share similar characteristics and can interbreed with one another to produce fertile offspring. How certain are scientists about their characterization of what a species is? What specific evidence **do you think** scientists used to determine what a species is?
8. It is believed that about 65 million years ago the dinosaurs became extinct. Of the hypotheses formulated by scientists to explain the extinction, two enjoy wide support. The first, formulated by one group of scientists, suggests that a huge meteorite hit the earth 65 million years ago and led to a series of events that caused the extinction. The second hypothesis, formulated by another group of scientists, suggests that massive and violent volcanic eruptions were responsible for the extinction. How are these **different conclusions** possible if scientists in both groups have access to and use the **same set of data** to derive their conclusions?
9. Some claim that science is infused with social and cultural values. That is, science reflects the social and political values, philosophical assumptions, and intellectual norms of the culture in which it is practiced. Others claim that science is universal. That is, science transcends national and cultural boundaries and is not affected by social, political, and philosophical values, and intellectual norms of the culture in which it is practiced.
 - If you believe that science reflects social and cultural values, explain why. Defend your answer with examples.


⁴⁵ Este questionário foi extraído integralmente, sem prejuízo ao seu conteúdo, da figura encontrada na página 509 do artigo: LEDERMAN, N.G; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L; SCHWARTZ, R.S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n.6, p.497-521, 2002.

- If you believe that science is universal, explain why. Defend your answer with examples.
10. Scientists perform experiments/investigations when trying to find answers to the questions they put forth. Do scientists use their creativity and imagination during their investigations?
- If yes, then at which stages of the investigations you believe scientists use their imagination and creativity: planning and design, data collection, after data collection? Please explain why scientists use imagination and creativity. Defend your answer with examples.
 - If you believe that scientists do not use imagination and creativity, please explain why. Provide examples if appropriate.

Apêndices

APÊNDICE 1:

ROTEIRO MODIFICADO

		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química			CAMPUS 221	
					Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1		
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química	
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02	
Professor(es) responsável(is):			Amadeu Moura Bego			
Sequência Didática:		Eletroquímica				
Atividade:	Pilhas					

ROTEIRO EXPERIMENTAL

A) Utensílios e reagentes necessários

- 3 placas de Cu e 3 placas de Zn do mesmo tamanho (Aproximadamente 3 x 6 cm).
- Papel toalha.
- Sistema com lâmpada e fios de cobre.
- Multímetro.

B) Contextualizando

Você já pensou em como uma pilha produz energia suficiente para acender uma lanterna ou fazer funcionar um rádio? E por que uma pilha “acaba”? Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827) foi um físico e químico italiano responsável pelo desenvolvimento da primeira fonte contínua de eletricidade gerada a partir de reações químicas: a célula galvânica. Devido à importância dos trabalhos de Volta para o desenvolvimento da eletroquímica, atualmente a unidade do Sistema Internacional para o potencial elétrico é nomeado em sua homenagem como Volt. Pilhas são dispositivos que “geram” energia elétrica por meio de reações de oxirredução. Assim, como reações de oxidação e de redução ocorrem simultaneamente, uma pilha contém um eletrodo onde ocorre a oxidação (ânodo) e um onde ocorre a redução (cátodo).

Eletrodo: barra metálica, pedaço de grafite ou até mesmo um pedaço de fio desencapado.

Ânodo: Compartimento que libera elétrons para o circuito externo. É o polo negativo da pilha, onde ocorre majoritariamente o processo de oxidação.

Cátodo: Compartimento que recebe elétrons do circuito externo. É o polo positivo da pilha, onde ocorre majoritariamente o processo de redução.

Célula eletroquímica: conjunto completo que constitui uma pilha.

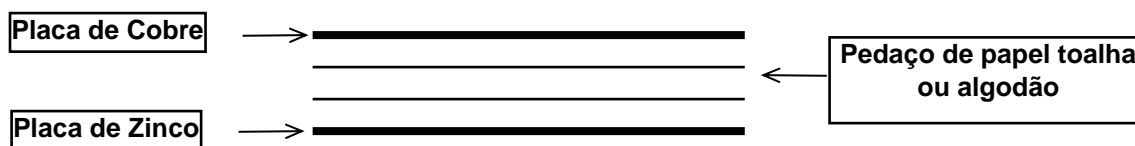
C) Objetivos

Construir uma bateria e entender como a energia é gerada, analisando sua polaridade e sua Diferença de Potencial (ddp).

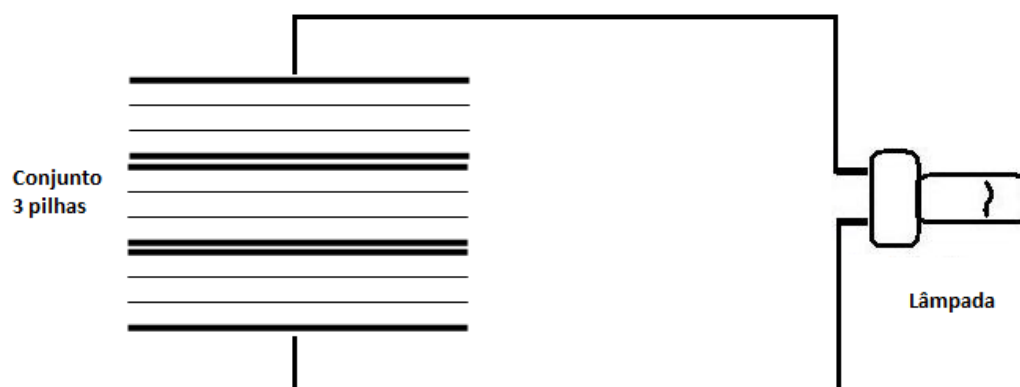
Representar a equação global de uma pilha, identificando o cátodo, o ânodo e o sentido da corrente elétrica.

D) Procedimentos Experimentais

Simulação da pilha de Volta



1. Lixe 1 placa de Zn e 1 placa de Cu até se tornarem brilhantes.
2. Corte adequadamente um pedaço de papel toalha ou um pedaço de algodão, dobre-o e coloque-o entre as placas de Cu e Zn conforme o esquema acima.
3. Repita os procedimentos 1 e 2 de modo a formar 3 conjuntos do esquema acima.
4. Prenda os terminais de um sistema com lâmpada e fios cobre nas placas de Cu e Zn das extremidades externas dos conjuntos montados. Fixe os três conjuntos juntamente com o circuito elétrico utilizando garra de ferro em um tripé de acordo com o esquema abaixo. Posicione um béquer abaixo dos conjuntos.

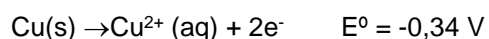
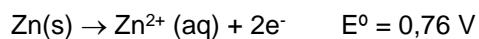


5. Certifique-se de que as placas e o circuito estejam em contato e devidamente fixados.
6. Por meio de um conta gotas, adicione porções de água de modo a deixar os pedaços de algodão totalmente umedecidos. Anote o observado.
7. Logo em seguida determine a tensão gerada pelo sistema utilizando um **Multímetro**. (Atenção: essa etapa deve ser realizada imediatamente após a etapa anterior). Nessa experiência, o multímetro deve ser configurado para medir a voltagem: coloque o cabo vermelho na conexão V/ Ω , e o cabo preto em COM ou COMM; coloque o seletor na posição 2V. Nessa configuração, o cabo vermelho será o seu "cátodo", e o preto será interpretado como o seu "ânodo" pelo multímetro. Uma leitura positiva significa que os compartimentos estão arranjados na configuração certa, uma leitura negativa significa que o compartimento que está ligada ao cabo preto é que está funcionando como cátodo. Anote isso em seu caderno de laboratório.
8. Utilizando luvas de látex, desmonte os conjuntos e analise o estado das placas de Cu e Zn.

E) Refletindo

1. Explique quimicamente os resultados experimentais obtidos na seção anterior.
2. Observando os eletrodos e analisando os dados abaixo, diga qual deles é o cátodo e qual deles é o ânodo. Escreva as reações ocorridas em cada eletrodo.

Dados:



Escreva a equação global da pilha, determine o sentido dos elétrons.

3. Uma bateria é definida como sendo um dispositivo resultante da associação em série de duas ou mais pilhas. A diferença de potencial (ddp) de uma bateria é igual à soma das ddps das pilhas que a compõem. Em nossa prática fizemos a associação de 2 pilhas. Calcule a ddp teórica da bateria e compare com a ddp lida com o Multímetro. O valor teórico corresponde ao experimental? Quais os fatores que podem causar a diferença entre as ddps teórica e prática?

APÊNDICE 2:

Formulário para proposição de hipóteses e roteiro provisório



unesp

unesp		Departamento de Química Geral e Inorgânica Instituto de Química		CAMPUS Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química	Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:	Laboratório de Ensino de Química Geral	Código disciplina:	QI26064P1		
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02
Professor(es) responsável(ais):	Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:	Eletroquímica				
Atividade:	Pilhas				
Data:					
Nomes completos dos integrantes do grupo					

Levantamento de hipóteses e formulação de novo roteiro experimental

- 1) Discuta em grupo e formule hipóteses explicativas sobre o porquê de o experimento não ter funcionado como esperado. Por que a lâmpada não acendeu? Por que não foi possível medir a ddp da bateria montada?
- 2) A partir das hipóteses explicativas formuladas, proponha correções no roteiro experimental a fim de que o experimento seja executado adequadamente. Se for o caso, apresente quais reagentes e/ou utensílios deverão ser inseridos na nova proposta.

OBS.: Toda e qualquer obra/fonte consultada deve ser referenciada conforme normas da ABNT ao final do documento.



A lâmpada não acendeu porque o sistema está incompleto.

Na nossa pilha não há a presença de uma espécie iônica capaz de formar a ponte salina.

De acordo com Mahan (1995, p. 170) "embora a ponte salina não participe dos processos químicos, ela é imprescindível para o funcionamento da célula".

A função da ponte salina é evitar que os íons se acumulem em ambos os lados permitindo a difusão dos íons. O fluxo dos elétrons através do circuito não pode ser interrompido.

A primeira tentativa falhou porque a ponte salina evita o acúmulo de íons, mas na nossa primeira tentativa não havia íons.

Sendo isso, optamos por adicionar ao experimento ácido sulfúrico 6 mL e apenas isso não acendeu.

O que deu certo foi a função do ácido com a ponte salina.

**ROTEIRO EXPERIMENTAL PROVISÓRIO****A) Utensílios e reagentes necessários**

- 3 placas de Cu e 3 placas de Zn do mesmo tamanho (Aprox. 3x6 cm)
- Algodão
- Sistema com lâmpadas e fios de cobre
- Multímetro
- Nitrate de amônio (NH_4NO_3)
- Ácido sulfúrico 1 mol. \cdot L⁻¹

B) Configuração do Experimento:

No novo experimento, foi adicionado o nitrate de amônio para servir como ponte salina.



C) Objetivos

Construir uma pilha e entender como a energia é gerada.

D) Procedimento experimental

1º - deixar as placas de Cu e Zn até se tornarem brilhantes.

2º - colocar o algodão entre as placas.

3º - Repetir até formar 3 conjuntos

4º - prender o sistema de placas com o sistema da lâmpada em um tripe.

5º - Com o conta gotas, adicionar porções de água com nitrato de amônio de modo a deixar os pedaços de algodão totalmente umedecido

6º - determinar a tensão gerada pelo sistema utilizando um multímetro.

~~5º Com o conta gotas, adicionar porções de uma solução de ácido sulfúrico em água de modo a deixar~~

5º - Com o conta gotas, adicionar porções de uma solução de ácido sulfúrico + forte salina de nitrato de amônio.

APÊNDICE 3: Refletindo



Licenciatura em Química

Laboratório de Ensino de Química Geral

Refletindo: Eletroquímica

Prof.ºDr. Amadeu Moura Bego

**Araraquara
2017**

Refletindo

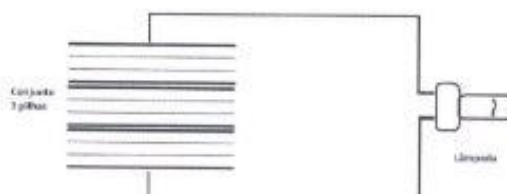
1. Explique quimicamente os resultados experimentais obtidos na seção anterior.

Foram lixadas uma placa de Zn e uma placa de Cu até que se tornassem brilhantes. Em seguida um pedaço de algodão foi cortado adequadamente, dobrado e colocado entre as placas de Cu e Zn conforme o esquema abaixo.



Esse procedimento foi repetido formando um empilhamento de placas com o pedaço de algodão no meio.

Os terminais de um sistema com lâmpada e fios cobre foram presos nas placas de Cu e Zn das extremidades externas dos conjuntos montados. Os três conjuntos foram fixados juntamente com o circuito elétrico utilizando garra de ferro em um tripé de acordo com o esquema abaixo. E também foi posicionado um béquer abaixo dos conjuntos.



Certificou-se de que as placas e o circuito estivessem em contato e devidamente fixados.

Por meio de um conta-gotas, umedeceram-se os pedaços de algodão totalmente com uma solução de nitrato de amônio com concentração 1 M e tentou-se realizar o experimento para que a lâmpada acendesse, porém não se obteve resultado.

Em seguida, optou-se por, além de umedecer o algodão somente com a solução que funcionaria como ponte salina, umedecer também com uma solução de ácido sulfúrico 6 M.

Logo em seguida determinou-se a tensão gerada pelo sistema utilizando um Multímetro. Nessa experiência, o multímetro deve ser configurado para medir a voltagem; colocou-se o cabo vermelho na conexão V/ Ω , e o cabo preto em COM ou COMM; coloque o dial na posição 2V. Nessa configuração, o cabo vermelho foi o seu "cátodo", e o preto foi interpretado como o seu "ânodo" pelo multímetro.

Registrou-se no multímetro, após a adição das soluções 0,91 V, e a luz acesa numa intensidade baixa.

Após o registro das leituras, o sistema foi desmontado com um auxílio de luvas de látex e foi analisado o estado das placas de Cu e Zn.

O roteiro experimental inicial foi modificado na etapa de umidificação do algodão. No roteiro a solução inicial nesta etapa era apenas de água pura, mas desta forma não foram observadas reações de oxirredução e nem visualização de geração de energia a partir desta pilha. O sistema inicial estava incompleto. Pois como a pilha era composta por placas metálicas de Cobre e zinco em estado (nox 0) é necessário que haja íons livres no meio para que ocorra reação e também há necessidade de uma ponte salina para a manutenção de fluxo de carga do meio e sem que haja depósitos dessas cargas paradas e sim um fluxo constante. Para isto foram acrescentadas nesta etapa uma solução salina de nitrato de amônio sendo a nossa ponte salina e também foi acrescentada uma solução aquosa de ácido sulfúrico que garantiu o "ataque químico" aos metais para que seus elétrons ficassem livres para reagirem, só lixando os metais não era suficiente para tal reação ocorrer.

As observações fenomenológicas consistiram na liberação de bolhas, formação do gás H₂ (hidrogênio) no meio da pilha e geração de luz, acendendo a lâmpada do sistema.

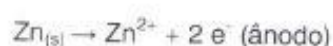
Também foram coletadas variações de ddp com o auxílio do multímetro.

Resumindo:

Os eletrodos foram formados a partir de barras metálicas, duas de cobre, um cátodo que recebeu elétrons do circuito externo com polo positivo da pilha onde ocorreu o processo de redução e duas barras de zinco uma semicela que emitiu elétrons para o circuito externo sendo o polo negativo da pilha, o ânodo onde ocorreu o processo de oxidação. Esses formaram uma semicela junto com a solução iônica de nitrato de amônio e de ácido sulfúrico formando a cela eletroquímica (PILHA).

Foram observadas reações de oxidação e de redução ocorrerem simultaneamente na pilha.

Reações:



2. Observando os eletrodos e analisando os dados abaixo, diga qual deles é o cátodo e qual deles é o ânodo. Escreva as reações ocorridas em cada eletrodo.

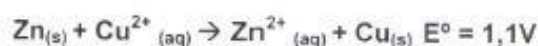
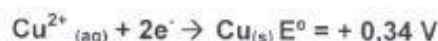
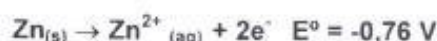
Dados:



Dizemos então que os íons Cu^{2+} têm maior potencial de redução. Conclui-se que os átomos de Zn apresentam maior tendência a perder 2 e- que os átomos de Cu, então os átomos de Zn têm maior potencial de oxidação.

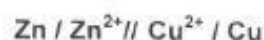
O fluxo de elétrons em uma pilha ocorre sempre do ânodo para o cátodo, ou seja, do eletrodo de maior potencial de oxidação para o eletrodo de menor potencial de oxidação.

Escreva a equação global da pilha, determine o sentido dos elétrons.



As pilhas, por serem processos espontâneos, apresentam sempre ΔE positivo: $\Delta E > 0$.

O sentido dos elétrons é do ânodo (placa de zinco) para o cátodo (placa de cobre). Tal fato se justifica, pois o ânodo (Zn) oxida, ou seja, perde seus elétrons, enquanto concomitantemente, o cátodo (Cu) recebe esses elétrons.



3. Uma bateria é definida como sendo um dispositivo resultante da associação em série de duas ou mais pilhas. A diferença de potencial (ddp) de uma bateria é igual à soma das ddps das pilhas que a compõem. Em nossa prática fizemos a associação de 2 pilhas. Calcule a ddp teórica da bateria e compare com a ddp lida com o Multímetro. O valor teórico corresponde ao experimental? Quais os fatores que podem causar a diferença entre as ddps teórica e prática?

DDP teórica: $E^{\circ}_{\text{Cel}} = E^{\circ}_{\text{red}} (\text{catodo}) - E^{\circ}_{\text{red}} (\text{anodo})$

$$E^{\circ}_{\text{cel}} = + 0,34 - (-0,76) = 1,1 \text{ V}$$

DDP prática = 0,91 V (medido pelo multímetro)

Nota-se que o valor teórico é pouco maior que o valor prático, isso se dá por conta de diversos fatores que influenciam no valor prático. Pode-se citar a eficiência da ponte salina no experimento, visto que é extremamente importante para o funcionamento da mesma. Também pode causar também variações no ddp da pilha a variação de temperatura e a concentração de íons na solução. No início da reação os íons estão em sua concentração máxima, tendo assim seu valor máximo de ddp, com o passar do tempo essa concentração também cai e assim a ddp diminui. Assim como no experimento realizado em sala, onde foi testado sua ddp duas vezes antes do resultado final (0,91 V), logo ao final do experimento a concentração dos íons já teria diminuído.

Referências Bibliográficas

MAHAN, Bruce M. & MYERS, Rollie J. *Química, um curso universitário*, 4-ed. Traduzido por: Koiti Araki; Denise de Oliveira Silva; Flávio Massao Matsumoto. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

RUSSEL, John B. *Química Geral*, 2-ed, 2 vols. Traduzido por: Márcia Guekezian; Maria Cristina Ricci; Maria Elizabeth Brotto; Maria Olívia A. Mengod; Paulo César Pinheiro; Sonia Braunstein Faldini; Wagner José Saldanha. São Paulo: Makron, 1994.

APÊNDICE 4:

**Relatório final da atividade
experimental e roteiro retificado**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Araraquara



ELETROQUÍMICA



Docentes: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Disciplina: Laboratório de Ensino de Química Geral

Nomes:

Araraquara

2017

Introdução

É desleigante abrir um texto com citações. Cuidado!

"A eletroquímica é o campo da química que trata das conversões de energia elétrica em energia química e vice-versa" (CHANG, 2010 p. 621).

Os processos eletroquímicos estão ligados a reações de oxirredução, onde a energia é convertida em energia elétrica, ou utiliza-se da eletricidade para forçar a ocorrência de reações não espontâneas. (CHANG, 2010).

As reações de oxirredução são reações onde há a transferência de elétrons. Uma maneira de analisar este tipo de reação é pela separação da reação em semi-reações. A semi-reação caracterizada pela perda de elétrons é denominada reação de oxidação, enquanto a reação que envolve o ganho de elétrons é chamada de reação de redução (CHANG, 2010).

Uma maneira de acompanhar a transferência e o ganho de elétrons é através dos números de oxidação (número de cargas que um átomo ou molécula teria na transferência de elétrons). O número de oxidação permite identificar os elementos oxidados e reduzidos da reação (CHANG, 2010).

As reações mais comuns de oxirredução são as de combinação, combustão, decomposição e de deslocamento (CHANG, 2010). *exemplos?*

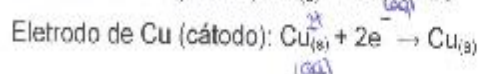
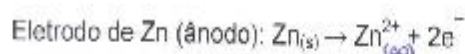
Os estudos envolvendo eletroquímica tiveram início quando Luigi Galvani descobriu que ao tocar em músculos de animais mortos, com cilindros de cargas, eles reagiam. Foi então, que a partir daí Alessandro Volta aprofundou seus estudos em metais separados por uma folha de papel embebida em uma solução de cloreto de sódio, experimento este que ficou conhecido como "pilha voltaica" (ATKINS; JONES, 2010).

Células eletroquímicas são chamados os dispositivos onde uma reação química dá origem à energia elétrica, ou estas forçam a ocorrência das reações não espontâneas. Células galvânicas são dispositivos que produzem correntes elétricas a partir de uma reação química espontânea (ATKINS; JONES, 2010).

As células de Daniell são os exemplos mais comuns usados para representar a estrutura e funcionalidade de uma pilha. Neste dispositivo, uma barra de zinco é mergulhada numa solução de $ZnSO_4$ e uma de cobre é mergulhada em $CuSO_4$. Basicamente, a célula funciona oxidando o Zn a Zn^{2+} e reduzindo o Cu^{2+} a Cu de modo que ocorram simultaneamente, transferindo elétrons através de um condutor exterior (CHANG, 2010).

As barras de zinco e cobre são chamadas de eletrodos. O eletrodo onde ocorre a oxidação é chamado de ânodo e o que ocorre a redução é chamado cátodo. As reações de oxirredução nos eletrodos são chamadas de reações de semicélula (CHANG, 2010).

Da seguinte maneira, tem-se:

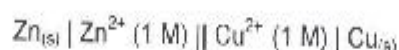


Para que os cátions e ânions possam se mover entre o condutor exterior, necessita-se de uma ponte salina (comumente KCl ou NH_4NO_3) cujos íons não irão reagir com íons das soluções ou com os eletrodos. Durante a reação, os cátions se movem em direção ao cátodo e os ânions em direção ao ânodo (CHANG, 2010).

A corrente elétrica em movimento advém de uma diferença de potencial e é medida utilizando um voltímetro e a leitura é chamada de potencial de célula (CHANG, 2010).

A representação escrita de uma pilha é dada, por exemplo, com o eletrodo de Zn separado por uma barra vertical do íon Zn^{2+} (onde a barra representa o limite das fases). Um traço duplo representando a ponte salina (onde à esquerda fica o ânodo e à direita os demais componentes), e a mesma representação separada por uma barra única para o Cu (CHANG, 2010).

Dessa forma:



Com base no eletrodo-padrão de referência, o do hidrogênio (representado em (1)), é possível analisar quem em uma reação reduz e quem oxida.

Reações com E° negativo não tem um potencial suficiente para reduzir, ou seja, quanto mais positivo (menos negativo) for o potencial de redução é quem tende a reduzir, e o outro, obrigatoriamente, oxida.



O cálculo da $E^\circ_{\text{célula}}$ é dado pela equação:

$$E^\circ_{\text{célula}} = E^\circ_{\text{cátodo}} - E^\circ_{\text{ânodo}}$$

Onde $E^\circ_{\text{cátodo}}$ e $E^\circ_{\text{ânodo}}$ são potenciais-padrão de redução dos eletrodos.

A partir do E° pode-se prever a espontaneidade de uma reação de oxirredução.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
JÚLIO DE MESQUITA FILHO
Câmpus de Araraquara



Para $E^{\circ} > 0$ tem-se uma reação espontânea, ou seja, conduz corrente elétrica.

Para $E^{\circ} < 0$ tem-se uma reação não espontânea onde se necessita de uma eletrólise (processo no qual a energia elétrica é usada para que determinada reação química não espontânea se realize).

Além do que foi visto sobre pilhas, existem as baterias. "Uma bateria é uma célula galvânica, ou um conjunto de células galvânicas ligadas em série, que pode ser usada como fonte de corrente elétrica contínua em um potencial constante." (CHANG, 2010 p. 639).

A diferença principal das baterias é que não necessitam de pontes salinas (componentes auxiliares) para entrarem em operação, por isso são denominadas como "fontes autônomas de energia" (CHANG, 2010).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Araraquara



Levantamento de hipóteses e formulação de novo roteiro experimental

Após a reprodução do roteiro experimental, observou-se que a lâmpada não acendeu.

A partir desta observação, hipóteses foram formuladas quanto ao motivo da lâmpada não ter acendido. Notou-se que no esquema montado não havia uma ponte salina para manutenção do fluxo de íons na pilha. Esta hipótese foi levantada a partir de conhecimento prévio, este adquirido durante estudo no ensino médio e confirmado na literatura disponível no laboratório.

O livro consultado foi: Química: um curso universitário (MAHAN e MEYERS, 1995).

Observou-se um esquema de pilha e comparado a pilha montada inicialmente, e, de fato, aquele sistema estava incompleto. Não havia a presença de uma espécie iônica capaz de formar a ponte salina. "Embora, a ponte salina não participe dos processos químicos, ela é imprescindível para o funcionamento da célula" (MAHAN e MEYERS, 1995, p.170).

A função da ponte salina é evitar que os íons se acumulem em ambos os lados da pilha, permitindo a difusão dos íons. A ponte salina mantém as duas semicelas eletricamente neutras através da migração de íons (corrente iônica).

O sal nitrato de amônio foi escolhido para montar a ponte salina e em seguida, a pilha foi testada novamente e mesmo assim a lâmpada não acendeu.

Mais hipóteses foram formuladas, diante desta situação intrigante, observou-se que faltou a presença de um ácido.

Acrescentou-se uma solução aquosa de ácido sulfúrico que garantiu o "ataque químico" aos metais para que seus elétrons ficassem livres para reagirem, pois como a pilha era composta por placas metálicas de cobre e zinco com número de oxidação 0, era necessário que houvessem íons livres no meio para que ocorresse a reação.



Objetivos

Construir uma pilha e entender como a energia é gerada. Representar a equação global de uma pilha, identificando o cátodo e o ânodo e o sentido da corrente elétrica, além de refletir e elaborar um novo roteiro experimental para que a pilha funcionasse efetivamente.

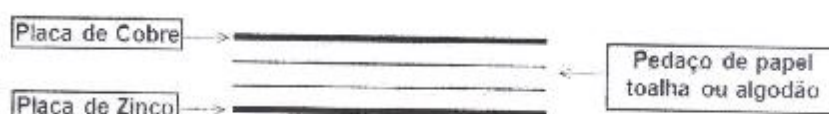


Procedimento Experimental

Pilhas

Foi lixada uma placa de zinco e uma placa de cobre até ficaram brilhantes, logo após cortou-se um pedaço de algodão que foi colado entre as duas placas lixadas. Repetiu-se o procedimento até formar-se três conjuntos do esquema mostrado na Figura 1.

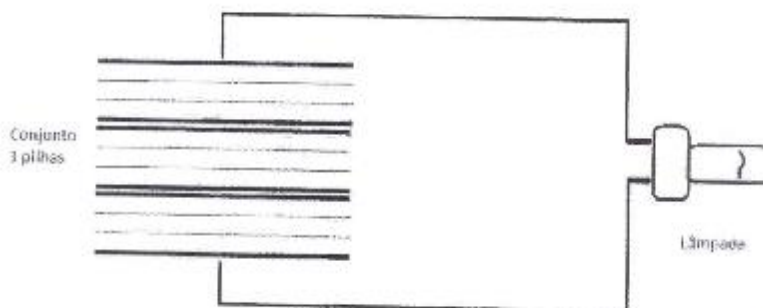
Figura 1: Conjunto de placas de cobre e zinco com pedaço de algodão entre as duas.



Fonte: Roteiro experimental elaborado por Amadeu Moura Bego.

Os terminais de um sistema lâmpada e fios foram prendidos às extremidades externas das placas de cobre e zinco, fixou-se então os três conjuntos com o circuito utilizando garra de ferro em um tripé, a Figura 2 ilustra o esquema montado. Foi posicionado um béquer abaixo dos conjuntos.

Figura 2: Conjunto das pilhas montadas com os fios da lâmpada preso às extremidades das placas



Fonte: Roteiro experimental elaborado por Amadeu Moura Bego.

Após certificar de que o esquema estava devidamente fixado, foram adicionadas algumas gotas de uma solução de ácido sulfúrico $8,0 \text{ mol.L}^{-1}$ diretamente nas placas de cobre e zinco até notar a formação de gases.

Logo em seguida, adicionou-se uma solução de nitrato de amônio $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ através de um conta gotas nos algodões posicionados entre as placas até ficarem completamente umedecidos.

Com a lâmpada acesa, mediu-se a tensão gerada utilizando um multímetro, como o ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Multímetro utilizado no experimento



Fonte: https://ctvdube.com.br/218-thickbox_default/multimetro-digital-ct830b-profissional.jpg



Resultados e Discussão

No primeiro experimento, como havia apenas a presença de água, a lâmpada não acendeu e não conduziu corrente elétrica, e isso se deu por conta de o sistema estar incompleto e não conter íons livres.

Visto isso, foi necessário a elaboração de um novo roteiro com alterações necessárias para ocorrer o funcionamento da pilha. A primeira hipótese proposta foi a de adicionar um composto iônico capaz de formar a ponte salina, e "embora a ponte salina não participe dos processos químicos, ela é imprescindível para o funcionamento da célula" (MAHAN e MEYERS, 1995, p.170).

Tendo isso em mente, o composto iônico escolhido foi o nitrato de amônio $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, que foi adicionado ao sistema. Novamente notou-se que a lâmpada não acendeu e também não conduziu corrente elétrica. Através de algumas discussões entre o grupo e o professor, identificou-se o problema: a ponte salina possui a função de evitar o acúmulo de íons no sistema e permitir o fluxo dos elétrons, entretanto não havia a presença de tais íons. Foi necessário, assim, a elaboração de um novo experimento.

A terceira tentativa propunha o uso de ácido sulfúrico $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ como fonte de íons capazes de acender a lâmpada, e além dele também utilizou-se a ponte salina para permitir a transição desses íons. Por fim, a lâmpada acendeu e o circuito conduziu uma corrente elétrica de 0,91 V.



Só com metais?

Conclusão

Com o experimento, pode-se concluir que para formar uma pilha, é necessário metais, chamados de eletrodos para ocorrer as reações de oxidação e redução, e assim consequentemente a transferência de elétrons. Também é necessária uma ponte salina, que tem a função de fazer com que os íons se movam, os cátions vão em direção do cátodo e os ânions em direção ao ânodo.

Foi justificado então, que a lâmpada não ter acendido no primeiro experimento foi devido a falta da ponte salina. O sistema estava incompleto e não haviam íons livres para gerar corrente elétrica.

Após a adição de um composto iônico ao sistema e mesmo assim a lâmpada não acender, pôde-se concluir que a ponte salina tem a função de permitir o fluxo de elétrons. Porém no sistema não havia tais íons livres, que pudessem transitar e gerar corrente elétrica.

Quando uma nova hipótese foi criada, sugerindo adicionar um ácido ao meio, o experimento teve sucesso. Os íons livres do ácido sulfúrico $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ juntamente com a ponte salina, transitaram para o cátodo e o ânodo, fechando assim o circuito e conduzindo corrente.

Os três pilares fundamentais do conhecimento químico foram abordados durante o procedimento experimental. O teórico primeiramente quando foi necessário buscar em literaturas algo que não estava de acordo com o experimento realizado, e então sugerir novas hipóteses para concretizá-lo. O representacional no momento em que foram feitas as semi-reações, as fórmulas e equações químicas dos processos realizados. E por fim o fenomenológico quando foram feitos os testes das hipóteses, e assim ver na prática as teorias obtidas.

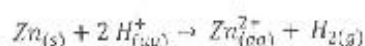


Introdução

A eletroquímica é um dos ramos da Química que se destina a estudar as reações químicas envolvendo eletricidade (CHANG; GOLDSBY, 2013). A eletricidade nessas reações específicas, chamadas de reações de oxirredução ou simplesmente reações redox, é providenciada por uma transferência de elétrons que é dividida em duas etapas, ambas ocorrendo simultaneamente (BROWN et al., 2005), que são a reação de oxidação e a reação de redução. A reação de oxidação acontece quando um átomo perde elétrons e tem o seu número de oxidação elevado, enquanto a reação de redução acontece quando um átomo recebe elétrons e tem o seu número de oxidação reduzido. Portanto, como define Brown et al. (2005, p. 721), "as reações de oxirredução ocorrem quando os elétrons são transferidos do átomo oxidado para o átomo reduzido".

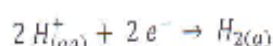
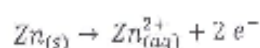
O número de oxidação, em termos gerais, é um número hipotético: trata-se da carga que um átomo teria em uma ligação covalente caso os elétrons emparelhados ficassem mais próximos do átomo participante mais eletronegativo (SHIVER et al., 2008). Logo, ele não deve ser interpretado como a carga real do átomo (BROWN et al., 2005). Na molécula de água (H_2O), por exemplo, o hidrogênio tem um Nox igual a +1 e o oxigênio igual a -2. A variação do número de oxidação em uma reação classifica a mesma como do tipo redox (BROWN et al., 2005).

Pode-se citar como exemplo a reação entre o zinco metálico e os íons H^+ provenientes de um ácido forte.



Define-se que uma reação é do tipo redox quando o número de oxidação das substâncias participantes é alterado (BROWN et al., 2005). Na reação acima, o zinco na forma metálica tem Nox igual a 0, e o H^+ Nox igual a +1. Nos produtos, o zinco adquire um Nox de 2^+ e o H_2 um Nox igual a 0. Verifica-se que houve uma variação nos Nox das substâncias participantes, concluindo, por conseguinte, que é uma reação redox. Como o Zn tem o seu número de oxidação aumentado, em virtude da perda de elétrons, ele sofre oxidação; o H^+ tem o seu número de oxidação reduzido, em virtude do ganho de elétrons, sofrendo conseqüentemente redução. De forma complementar, o Zn é o agente redutor por providenciar a redução do Nox do H^+ , e o H^+ é o

agente oxidante por providenciar o aumento do Nox do Zn (BROWN et al., 2005). Essa reação de oxirredução poderia ser dividida, então, nas reações abaixo



sendo que a primeira é a de oxidação e a segunda é a de redução. A soma de ambas resulta na reação global descrita anteriormente. Em alguns casos, quando uma substância perde uma quantidade x de elétrons e a outra ganha uma quantidade y, verifica-se a necessidade do balanceamento de equações de oxirredução, de modo que os elétrons liberados sejam quantitativamente iguais aos recebidos (BROWN et al., 2005).

- As células galvânicas

Apesar de terem pouco ou nenhum conhecimento acerca do assunto, a maioria das pessoas vivenciam em seu cotidiano diversas reações que são exemplos da eletroquímica, como nas pilhas de um controle remoto e na bateria de um celular. Esses utensílios geradores de energia elétrica são chamados de células galvânicas. Segundo Atkins e Jones (2001, p. 607), "uma célula galvânica é uma célula eletroquímica na qual uma reação química espontânea é usada para gerar uma corrente elétrica". A célula galvânica é também chamada de célula voltaica; ambos os nomes são homenagens aos cientistas italianos Luigi Galvani e Alessandro Volta, responsáveis pela construção dos primeiros modelos de pilhas (BROWN et al., 2005).

Com o tempo, assim como a tecnologia foi crescendo, o aprimoramento das pilhas também, até se chegar no modelo mais conhecido, o da pilha de Daniell. Esse dispositivo consiste em dois condutores metálicos, denominado eletrodos, mergulhados em uma solução eletrolítica. O eletrodo que está no recipiente onde ocorre a reação de oxidação é chamado de ânodo, enquanto que o eletrodo que está no recipiente onde ocorre a reação de redução é chamado de cátodo (CHANG; GOLDSBY, 2013). Portanto, o fluxo de elétrons se direciona do ânodo para o cátodo. A pilha de Daniell pode ser vista ilustradamente na Figura 1.

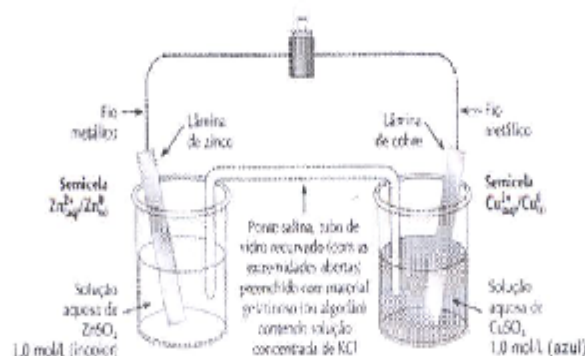
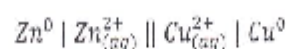


Figura 1. Representação da pilha de Daniell.

Fonte: <<http://www.resumoescolar.com.br/quimica/a-ponte-salina-das-pilhas/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

A pilha de Daniell pode ser expressa em termos de símbolos pelo diagrama de pilha. No caso da pilha vista na Figura 1, tem-se o diagrama de pilha abaixo



, sendo que a barra única "|" representa uma divisão de estados de agregação diferentes e a barra dupla "||" representa a ponte salina presente no sistema (CHANG; GOLDSBY, 2013).

- O potencial de célula

O potencial de célula, representado pela letra E^0 , permite medir a capacidade desta de transferir e receber elétrons através de um circuito (BROWN et al, 2005). Logo, no caso de um circuito com uma alta capacidade de transferir e receber elétrons, este possuirá alta voltagem ou alto potencial. Em caso contrário, quando o circuito possuir baixa capacidade de transferir e receber elétrons, este possuirá baixa voltagem ou baixo potencial. Quando uma célula não possui a capacidade de transferir e receber elétrons se diz que está em equilíbrio, ou seja, a célula está descarregada.

O potencial padrão de uma célula é obtido através de uma relação entre os potenciais padrão de redução dos eletrodos integrantes, sendo calculado por



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Araraquara




Referências

- ATKINS, P.; JONES, L.: **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- CHANG, R. **Química Geral: Conceitos essenciais**. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2010.
- MAHAN, Bruce M. & MYERS, Rollie J. **Química, um curso universitário**, 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.
- RUSSEL, J. B. **Química Geral**, 2. ed. São Paulo: Makron, 1994.

APÊNDICE 5:

Questionário validado utilizado no levantamento de concepções sobre natureza da ciência dos alunos participantes

		Departamento de Química Geral e Inorgânica			CAMPUS	
		Instituto de Química			Araraquara	
Curso:	Licenciatura em Química		Modalidade de:	Ensino Superior Licenciatura		
Componente Curricular:		Laboratório de Ensino de Química Geral		Código disciplina: QI26064P1		
Ano /Semestre:	1º	N. aulas semanais:	4	Área:	Química	
Total de horas:	120	Total de aulas:	144	Número professores:	02	
Professor(es) responsável(eis):		Amadeu Moura Bego				
Sequência Didática:		Eletroquímica				
Atividade:	Pilhas					
Data:						
Aluno:						

QUESTIONÁRIO

- No seu ponto de vista, o que é ciência? O que faz a ciência (ou uma disciplina científica como física, biologia etc.) diferente de outras disciplinas (ex. religião, filosofia)?
- Em sua opinião, o que é um experimento?
- O desenvolvimento do conhecimento científico requer a execução de experimentos?
 - Caso positivo, explique o porquê. Dê um exemplo para defender seu raciocínio.
 - Caso negativo, explique o porquê. Dê um exemplo para defender seu raciocínio.
- Depois que os cientistas desenvolvem uma teoria (por exemplo, teoria atômica), esta mesma teoria pode sofrer alguma mudança depois? Se você acredita que teorias mudam, por que então ensinamos teorias científicas? *Defenda sua resposta com exemplos.*
- Há diferença entre uma teoria e uma lei científica? *Dê um exemplo para ilustrar sua resposta.*
- Livros didáticos de ciência frequentemente representam o átomo como um núcleo central composto de prótons (partículas com carga positiva), nêutrons (partículas com carga neutra), sendo este núcleo rodeado com elétrons (partículas com carga negativa) que o orbitam. O quão certos os cientistas estão sobre a estrutura do átomo? Qual evidência específica você acha que os cientistas usaram para determinar com o que o átomo se parece?
- Acredita-se que os dinossauros foram extintos há 65 milhões de anos. Das hipóteses formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas delas possuem grande aceitação pela comunidade. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um grande meteorito se chocou contra a Terra 65 milhões de anos atrás e causou uma série de eventos que levaram a extinção. A segunda hipótese, formulada por outro grupo de cientistas, diz que erupções vulcânicas de larga escala foram

responsáveis pela extinção. Como estas conclusões diferentes surgem se os cientistas em ambos os grupos tiveram acesso e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obterem suas conclusões?

8. Cientistas realizam experimentos/investigações quando tentam encontrar soluções para questões a serem resolvidas. Em sua opinião, os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante estas investigações?
- Caso positivo, argumente em quais estágios das investigações realizadas você acredita que os cientistas se utilizam da imaginação e criatividade: *Planejamento e desenho, coleta de dados, análise de dados*? Por favor, explique por que os cientistas utilizam a imaginação e criatividade, e forneça exemplos caso julgue apropriado.
 - Se você acredita que os cientistas não usam a imaginação e a criatividade, explique por que. Forneça exemplos se julgar adequado.

APÊNDICE 6:

ROTEIRO PARA A REALIZAÇÃO DO GRUPO FOCAL COM OS GRUPOS PARTICIPANTES DA INTERVENÇÃO

ROTEIRO PARA REALIZAÇÃO DE GRUPO FOCAL

(Vrs01 - Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz - 17.nov.2017)

PREENCHIMENTO

Versão	Data	Responsável	Observações
1	17.nov.2017	Matheus	-----

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO

Título			"Roteiros Furados": Uma estratégia didática investigativa para o laboratório de Química
Tipo de pesquisa			Estudo de Caso Qualitativo
Vínculos	Ppg	Nome/IES	Instituto de Química da UNESP de Araraquara
		Nível	Mestrado em Química/ PPG UNESP Araraquara
	GrPsq	Nome	
		Núcleo	
Autor			MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ
Orientador			Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

FONTE DE INFORMAÇÃO

Modalidade	Sujeito
Tipo	Discentes do 1º ano de Licenciatura do Instituto de Química da UNESP de Araraquara

IDENTIFICAÇÃO DA ENTREVISTA

Entrevistador		MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ
Entrevistado(a)	Nome	
	Código	
Caracterização	Nome	
	Código	
Local da Entrevista		
Equipamento utilizado		
Data/Dia da Semana		
Início/Término		

N.	OBJETIVOS
1	Identificar o conhecimento dos alunos sobre eletroquímica/pilhas;
2	Identificar algumas concepções espontâneas dos alunos acerca da NdC;
3	Analisar o impacto do erro nos perfis emocionais e atitudinais dos alunos;
4	Constatar a presença de características do “Espírito Pré-Científico”;
5	Verificar evidências da formação do EspC nos alunos após a intervenção.

ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DO GRUPO FOCAL

(Vrs01 - Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz - 17.nov.17)

Ação	Questões	
	Sigla	Enunciado
Abertura		De maneira geral, qual a atitude de vocês em relação ao roteiro experimental antes e durante a realização da atividade experimental?
	QAb	Questões Suporte: Vocês costumam ler e estudar o roteiro antes da aula? Vocês costumam estudar a teoria antes da atividade experimental?
		Como se dá, no geral, a utilização do roteiro durante a atividade experimental? Vocês já chegaram a pensar alguma vez que um roteiro pode conter erros?
Questão desencadeadora	QD1	Qual foi a sensação que vocês tiveram quando realizaram o experimento pela primeira vez e os resultados não ocorreram como previsto (luz não acendeu, não houve condução de corrente elétrica)?
		Questões Suporte: Como esses sentimentos influenciaram vocês antes do professor pausar a atividade? Surgiu alguma vontade de descobrir por que deu errado? Foram elencadas possíveis fontes de erro?
Questões de Aprofundamento	QA1	Como foi o processo de tentar identificar o erro do roteiro e resolver o problema?
		Questões Suporte: Como esses sentimentos influenciaram vocês antes do professor pausar a atividade? Surgiu alguma vontade de descobrir por que deu errado? Foram elencadas possíveis fontes de erro?
	QA2	Como vocês se sentiram quando conseguiram solucionar o problema?
		Questões Suporte: Essa forma de atividade experimental, foi agradável? Como foi participar de uma atividade investigativa em que não havia um roteiro pronto para resolver um problema aberto? Vocês perceberam se ocorreu um aprendizado maior com essa atividade prática? Surgiu alguma curiosidade para saber mais sobre eletroquímica a fim de entender melhor a atividade experimental realizada?
Encerramento	QE	Vocês têm algo a acrescentar?

APÊNDICE 7:

ROTEIRO PARA REALIZAÇÃO DE ENTREVISTAS INDIVIDUAIS COM OS ALUNOS

ROTEIRO PARA REALIZAÇÃO DE ENTREVISTA

(Vrs01 - Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz - 17.nov.2017)

PREENCHIMENTO

Versão	Data	Responsável	Observações
1	17.nov.2017	Matheus	-----

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO

Título			"Roteiros Furados": Uma estratégia didática investigativa para o laboratório de Química
Tipo de pesquisa			Estudo de Caso Qualitativo
Vínculos	Ppg	Nome/IES	Instituto de Química da UNESP de Araraquara
		Nível	Mestrado em Química/ PPG UNESP Araraquara
	GrPsq	Nome	
		Núcleo	
Autor			MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ
Orientador			Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

FONTE DE INFORMAÇÃO

Modalidade	Sujeito
Tipo	Discentes do 1º ano de Licenciatura do Instituto de Química da UNESP de Araraquara

IDENTIFICAÇÃO DA ENTREVISTA

Entrevistador		MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ
Entrevistado(a)	Nome	
	Código	
Caracterização	Nome	
	Código	
Local da Entrevista		
Equipamento utilizado		
Data/Dia da Semana		
Início/Término		

ORIENTAÇÃO PARA CONTATO INICIAL		
N.	Ação	Orientações
1	Apresentação	<ul style="list-style-type: none"> • Meu nome é MATHEUS ALMEIDA BAUER ZYTKUEWISZ e estou fazendo esta pesquisa de mestrado que está vinculada ao Instituto de Química da UNESP de Araraquara. Gostaria de compreender de que modo a aplicação de uma intervenção didático-pedagógica investigativa influencia o desenvolvimento do espírito científico.
2	Considerações Gerais	<ul style="list-style-type: none"> • Essa entrevista será gravada e apenas eu, meu orientador e você teremos acesso à gravação. • Todas as informações coletadas são sigilosas e só serão incorporadas ao trabalho a ser publicado após seu consentimento. • No trabalho final utilizarei nomes fictícios e apenas alguns trechos de nossas conversas, portanto todo o processo de anonimização será rigorosamente seguido.
3	Valorização da participação	<ul style="list-style-type: none"> • Seu depoimento é muito importante para compreender de que modo a aplicação de uma intervenção didático-pedagógica investigativa influencia o desenvolvimento do espírito científico. • Para tanto, iremos conversar a respeito e gostaria que você ficasse à vontade para responder às questões, tirar dúvidas que possam surgir e fazer as considerações que julgar necessárias.

ROTEIRO PARA CONDUÇÃO DA ENTREVISTA DISCENTES

(Vrs01 - Matheus Almeida Bauer Zytkeuwisz - 17.nov.17)

Ação	Questões	
	Sigla	Enunciado
Apresentação	QAq	- Gostaria que você lesse sua resposta à questão X com bastante calma para lembrar de sua resposta. - Você conseguiu resgatar a memória de quando respondeu a essa questão?
	QD1	Lendo sua resposta a essa questão e pensando em toda experiência que você viveu recentemente em relação à atividade investigativa sobre pilhas, você concorda com sua resposta ou você acha que mudou de ideia?
Questões de Aprofundamento	QA1.1	Que fatores você elencaria para essa sua posição (manter ou mudar)?
	QA1.2	Que aspectos especificamente da atividade investigativa você destacaria como importante para essa sua posição? Trabalho em grupo? Resolver um problema aberto? Proposição de hipóteses? Surgimento de um erro inesperado? Debate?
Encerramento do bloco	QE	Você teria algo a acrescentar?