UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Hellen Christine Czekster

**ELABORAÇÃO, APLICAÇÃO E ANÁLISE DE UM CASO
INVESTIGATIVO NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA**

São Paulo

2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Hellen Christine Czekster

**ELABORAÇÃO, APLICAÇÃO E ANÁLISE UM CASO
INVESTIGATIVO NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências (Modalidade Química).

Orientador: Prof^o. Dr. Flavio Antonio Maximiano

São Paulo

2014

FICHACATALOGRÁFICA
PreparadapeloServiçodeBibliotecaeInformação
doInstituto de Física da Universidade de São Paulo

Czekster, Hellen Christine

Elaboração, aplicação e análise de um caso investigativo no ensino de eletroquímica. São Paulo, 2014.

Dissertação (Mestrado)– Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química (Estudo e ensino) ; 2. Ensino superior; 3. Ensino e aprendizagem; 4. Eletroquímica (Estudo e ensino).

USP/IF/SBI-042/2014

*Dedico este trabalho tão amado e odiado ao
Meu adorado impertinente;
Querido azucrinante;
Generoso inflexível;
Formidável tempestuoso;
Cheio de adjetivos que para mim são tão
sinônimos de digno e íntegro quanto de
rigoroso e irritante: Tio Ari.
Obrigada pelo privilégio de tê-lo tido em minha
vida. Espero que tenha te dado tanto orgulho
quanto preocupação, afinal todos somos, de
certa forma, contraditórios.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador *Flavio*, pelo apoio em todos os momentos de desespero (literalmente), sua orientação nunca foi apenas neste trabalho, obrigada por isso.

Ao meu padrinho, amigo e orientador de sempre, *Paulo Rogério*, obrigada por me 'expulsar' de Guarapuava e me obrigar a crescer, mesmo demorando mais que previsto, espero ter correspondido às suas expectativas. Deus nos ajude que seus conselhos e criatividade nunca esgotem, pelo meu bem e pelo bem da ciência. Te amo Fofo.

Ao meu melhor amigo *Tiago*, pelo abraço reconfortante, pelo suporte emocional, pela fé que deposita em mim nos momentos em que ninguém crê, pelo sorriso que me aquece tanto quanto o cafezinho que nunca falta depois da refeição, pelo amor *quase* incondicional e pela infinita paciência. Agradeço pela força no trabalho e na vida. Você é um homem ímpar e eu te amo muito por todos esses e todos os outros motivos.

Ao meu pai, *Nildo*, por acreditar no sonho do mestrado e me mostrar que é sempre possível se reinventar e recomeçar. Obrigada por tudo Popxulou!

À minha primeira e melhor professora, tia *Gremanês*, pelo amor e carinho dedicados à sobrinha favorita. Obrigada por existir tia Nega.

Aos tios *Claudio* e *Rosemara*, pelo exemplo de trabalho, seriedade e conquista. Obrigada pelas conversas de igual pra igual, me sinto lisonjeada pelo modo que me tratam sempre, amo vocês.

Aos tios *Domingos* e *Roseli*, por dedicarem parte do amor que têm pelos filhos à mim. Sempre me senti um pouco 'de vocês' também. Eu os amo e admiro muito como indivíduos e como casal, obrigada pelas refeições compartilhadas que sempre tiveram muito mais que comida à mesa.

Aos tios *Leopoldo* e *Marilza* pelo apoio e carinho que sempre me dedicam, amo vocês

.Aos melhores amigos que alguém poderia ter: *Má*, *Junior* e *Marianna*; obrigada por estarem comigo sempre que precisei, eu os respeito muito pela amizade que me devotam e peço desculpas por não ser tão boa quanto vocês merecem (mas isso não os permite me amar menos), amo os três.

Aos primos e irmãos queridos: *Evandro*, *Lu*, *Adi*, *Tali*, *Ju*, *Aninha*, *Julio*, *Gui*,

Manu, Julia, Gu e Vyc(ordem decrescente de idade), com os quais compartilho a melhor família do *world*. Amo-os mais que 'Coca-cola', 'cerveja gelada' ou 'carne assada'.

Aos meus sogros, *Felipe e Maria Helena* por me adotar como parte da família e ter paciência com uma 'filha adolescente' quando acharam que não passariam mais por isso, e pelo apoio nos momentos de dificuldade, sou muito grata a vocês e à toda a família Sawczen e Cherobin.

À minha família japonesa: *Bati, Kei, Rui, Jun, Pablo, Haline, Japa e Ki*, pelo acolhimento e encorajamento. Especialmente às crianças pelas alegrias que proporcionam sempre: *Dani, Tháta, Naná, Gu e Titi*.

Aos amigos que tanto me apoiaram nas crises recentes, pelo acolhimento, riso fácil e leveza que sinto quando estou com vocês: *Ana Helô, Weber, Bruno, Elaine, Cliver, Janaína* e especialmente à *Ju* e seu 'travesseirão'!

Aos amigos para a vida toda que tive o privilégio de encontrar em São Paulo: *Klester, Dayvson, Patrícia, Carlinhos, Thainá, Claudia, Juliana, Rafael*, amigos do LAPAQ e do LACIE.

À *Natália* pela terapia e amizade com as quais me presenteou, nunca vou esquecer o que fez por mim, nem em mil vidas!

À CNPQ, pela concessão da bolsa de mestrado sem a qual não teria condições de tê-lo feito.

Aos estudantes que participaram da pesquisa e me possibilitaram desenvolver este trabalho.

À todos os professores do programa, em especial aos que pude ter contato durante o cumprimento dos créditos, agradeço os ensinamentos.

Aos funcionários da USP, especialmente ao Thomas e à equipe da CPGI, pelo tempo colocado à disposição de responder meus e-mails e suporte como um todo.

À todos que torceram por mim quando enfraqueci, e vibram com a minha vitória, muito obrigada!

E à *Vida*!

*“Se não fossem as minhas malas cheias de memórias
Ou aquela história que faz mais de um ano
Não fossem os danos
Não seria eu.
Se não fossem as minhas tias com todos os mimos
Ou se eu menino fosse mais amado
Se não desse errado
Não seria eu (...)”*

Clarice Falcão

RESUMO

O presente trabalho trata de uma abordagem com uso de metodologia alternativa, o Estudo de Casos, com o objetivo de facilitar a aprendizagem de conceitos específicos de eletroquímica para alunos de primeiro ano do curso de Licenciatura em Química. Esta pesquisa considera a importância do aluno atuar de modo ativo durante seu processo de aprendizagem.

A metodologia de Estudo de Casos é uma variante do PBL (*ProblemBased Learning*) que proporciona ao aluno a oportunidade de vivenciar uma experiência real de aplicação de conceitos e habilidades que devem ser desenvolvidas ao longo de sua formação.

Os estudantes trabalharam em grupos durante a aplicação do método que se deu em quatro encontros, onde, ao longo das atividades responderam a testes e elaboraram relatórios que foram os instrumentos de coleta de dados do estudo. No último encontro os grupos apresentaram a solução do caso investigativo para o restante da turma e para o professor que mediou a atividade.

Foram encontradas evidências de que o método é eficiente na promoção de uma aprendizagem mais significativa. O método foi bem recebido pelos alunos e foi perceptível uma ampliação na coerência das respostas que se mostraram melhor fundamentadas após a intervenção.

ABSTRACT

The following paper is about an approach with an alternative methodology, Case Studies, with the intention of smoothing the act of learning specific content of electrochemistry for first graders of Chemistry graduation. This research considers the importance of the student on acting proactively on his learning process.

The methodology of the Case Studies is a variant of the PBL (Problem Based Learning) which provides the student the unique chance to experience a real experiment of concept application and skills that must be developed during his formation as a professional.

The students work in groups during the application of the method that took place in four encounters, where, during the activities they answered to tests and made reports that were the tools to collect the data. In the last encounter the groups presented the solution to the Investigative Case to the remainder of the class and the teacher that conducted the exercise.

It was found evidences that the method is efficient on the promotion of a more meaningful learning experience. The process was well received and it was noticeable a rising coherence on the answers that were better substantiated after the intervention.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Alguns princípios da aprendizagem que fundamentam o PBL (Fonte: RIBEIRO, 2010, p. 16).....	18
Figura 2: Caso Investigativo - Caso da Galvanoplastia.....	30
Figura 3: Imagens que acompanharam a Q05 do Teste Inicial	64
Figura 4: Tendência de <i>Reprodução</i> e <i>Extrapolação</i> nas descrições da Célula Eletrolítica.....	68
Figura 5: Escala de <i>Reprodução</i> da célula eletrolítica pelos participantes do estudo.	69
Figura 6: Tendência de Reprodução e Extrapolação nas descrições da Célula Galvânica	71
Figura 7: Escala de Reprodução da célula galvânica pelos participantes do estudo.	72
Figura 8: Respostas dos participantes A02 e A13 para a Q01TF	74
Figura 9: Resposta do participante A16 para a Q01TF	75
Figura 10: Resposta do participante A22 para a Q01TF	76
Figura 11: Resposta do participante A07 para a Q01TF	77
Figura 12: Resposta do participante A01 para a Q02TF	78
Figura 13: Resposta do participante A17 para a Q02TF	79
Figura 14: Resposta do participante A06 para a Q02TF	80
Figura 15: Resposta do participante A04 para as questões 01 e 02 do TF.....	80
Figura 16: Resposta do participante A10 para a Q02TF	81
Figura 17: Respostas dos participantes A05 e A23 para a Q03TF	83
Figura 18: Respostas do A04 às questões 01 e 03 do TF.....	84
Figura 19: Resposta do participante A06 para a Q03TF	85
Figura 20: Resposta do participante A08 para a Q04TF	87
Figura 21: Resposta do participante A02 para a Q04TF	88
Figura 22: Resposta do participante A06 para a Q04TF	89
Figura 23: Resposta do participante A23 para a Q04TF	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Perfil individual dos participantes da pesquisa.	35
Tabela 2: Classificação das respostas à Questão 1 do Teste Inicial em categorias significativas.	48
Tabela 3: Classificação das respostas à Questão 2 do Teste Inicial em categorias significativas.	53
Tabela 4: Classificação das respostas à Questão 3 do Teste Inicial em categorias significativas.	63
Tabela 5: Classificação das respostas à Questão 4 do Teste Inicial em categorias significativas.	63
Tabela 6: Lista de proposições que descrevem o processo ocorrido em uma Célula Eletrolítica.....	67
Tabela 7: Lista de proposições que descrevem o processo ocorrido em uma Célula Galvânica	70
Tabela 8: Classificação das respostas à Questão 2 do Teste Final em categorias significativas.	81
Tabela 9: Classificação das respostas à Questão 3 do Teste Final em categorias significativas	85
Tabela 10: Visão geral dos problemas levantados na primeira QO	92
Tabela 11: Classificação das respostas dos grupos à primeira QO	93
Tabela 12: Conceitos emergentes das respostas da segunda QO	94
Tabela 13: Informações consideradas necessárias para a solução do caso.....	95

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	13
1.1. A APRENDIZAGEM	14
1.1.1. A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	17
1.1.2 O MÉTODO DE ESTUDO DE CASOS	19
1.2. A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E SUAS DIFICULDADES	21
1.2.1. A DIFICULDADE NA ELETROQUÍMICA.....	23
1.4. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	25
CAPÍTULO 2 – MÉTODO	27
2.1. O CASO INVESTIGATIVO	28
2.2. O CENÁRIO	31
2.3. OS PARTICIPANTES.....	32
2.4. A ABORDAGEM E OS INSTRUMENTOS	36
2.1.1. PRIMEIRO ENCONTRO.....	36
2.1.2. SEGUNDO ENCONTRO	37
2.1.3. TERCEIRO ENCONTRO.....	41
2.1.4. QUARTO ENCONTRO.....	43
CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE	45
3.1. APRESENTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS.....	46
3.1.1. TESTE INICIAL.....	46
3.1.2. TESTE FINAL	72
3.1.3. QUESTÕES ORIENTADORAS	90
3.1.4. SOLUÇÃO DO CASO.....	96
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

APÊNDICES	108
APÊNDICE A – Teste Inicial.....	108
APÊNDICE B – Questões Orientadoras	111
APÊNDICE C – Relatório Parcial.....	112
APÊNDICE D – Relatório Final.....	113
APÊNDICE E – Teste Final	114
ANEXOS	115
ANEXO A – Artigo que inspirou a construção do Caso Investigativo	115

*“Se consegui ver mais longe,
foi porque estive apoiado em ombros de gigantes”*

Isaac Newton

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. A APRENDIZAGEM

A aprendizagem é um processo contínuo e infindável que faz parte da natureza humana. Acredita-se que é um processo que se inicia com o nascimento do indivíduo e só cessa com sua morte. (ZANELLA, 2003) Com isso pode-se dizer que todas as situações vividas são um momento de aprendizado e à medida que se aprende ocorrem mudanças irreversíveis onde o indivíduo varia seu comportamento e entendimento de tudo que o cerca, sem jamais voltar ao estado inicial.

Boa parte do aprendizado se dá de modo circunstancial, ocorrendo em um contexto informal a partir de um repertório de experiências, às vezes banais, do cotidiano. Quando a aprendizagem ocorre em ambientes formais, de um modo geral, a situação requer um ambiente organizado e planejado para a promoção do processo aumentando o poder de funcionamento. (ZANELLA, 2003) Assim, entende-se aprendizagem como sendo a mudança que se opera no sujeito através de experiências vivenciadas. (BACAS, 1997)

Com sucesso limitado no que se refere aos esforços docentes, tem-se constatado que, aparentemente, os estudantes aprendem cada vez menos e apresentam um interesse ínfimo pelo que aprendem. Muitos professores de ciências têm vivenciado em seu trabalho cotidiano que a grande maioria de seus alunos não aprende a ciência que lhes é ensinada (POZO e CRESPO, 2009). Mas é fato que tais dificuldades de compreensão não são um privilégio dos estudantes, os próprios professores e, com certa frequência, livros didáticos apresentam algumas confusões conceituais que causam dificuldade de compreensão.

Não só a falta de interesse se mostra presente na postura dos alunos, há também uma grande parcela de estudantes que apresentam tendência a assumir atitudes inadequadas no âmbito do trabalho científico. Eles adotam, em sua maioria, posturas passivas assumindo a posição de espectador, esperando respostas em vez de dá-las, se mostrando incapazes de fazerem eles mesmos os questionamentos. Há que se destacar ainda a postura comumente adotada na qual assumem que o

trabalho intelectual é individual e não uma atividade de cooperação e busca conjunta. Pozo e Crespo (2009, p 19) ressaltam que:

[...] o problema é justamente o currículo de ciências que praticamente não mudou [...] o desajuste entre a ciência que é ensinada (em seus formatos, conteúdos, metas, etc.) e os próprios alunos é cada vez maior, refletindo uma autêntica crise na *cultura educacional*, que requer adotar não apenas novos métodos, mas, sobretudo, novas metas, uma nova cultura educacional que, de forma vaga e imprecisa, podemos vincular ao chamado *construtivismo*. (POZO e CRESPO, 2009)

Em se tratando da elaboração do conhecimento científico, aprender ciência não deve ser adquirir saberes absolutos, definitivos e verdadeiros, mas sim um exercício de comparação e diferenciação de modelos. A ciência é vista como um processo, portanto, difere-se de um produto que se acumula na forma de teorias ou modelos. Tal dinamicidade apresentada pela ciência, bem como a perecibilidade dos saberes científicos, deve ser evidenciada aos alunos.

Na esfera da aprendizagem, o conhecimento não será, jamais, uma cópia perfeita da realidade. Talvez esta seja a tese central do construtivismo psicológico, tal ideia está presente em todo modelo ou postura que tem base neste enfoque. As formas de aprender e ensinar são uma fração cultural de que todos devem ter domínio, e tais formas são modificadas com a evolução da educação e dos conhecimentos a serem ensinados.

No que se refere justamente à evolução da educação, embora os alunos ainda possam precisar de mais informação sua necessidade maior está atrelada à capacidade para organizar e interpretar estas informações para dar-lhes sentido. Especialmente como cidadãos haverá imprescindibilidade de que sejam capazes de buscar, selecionar e interpretar informações. Pozo e Crespo (2009, p 24) salientam que “a escola não pode mais proporcionar toda a informação relevante [...] o que ela pode fazer é formar os alunos para que possam ter acesso[...] proporcionando capacidades de aprendizagem que permitam uma assimilação crítica da informação”.

Faz-se possível e necessário formar os estudantes para que se tornem cidadãos que tenham flexibilidade, eficiência e autonomia, municiando-os com capacidades de aprendizagem, não somente conhecimentos específicos (geralmente perecíveis). Tal capacidade (de aprender a aprender) é uma das demandas essenciais do sistema educacional que deve ser suprida, e o currículo

das ciências é um dos possíveis caminhos para satisfazer a essa necessidade. Por meio dele os alunos podem adquirir estratégias e capacidades que os permitam fazer a transformação, reelaboração e reconstrução dos conhecimentos recebidos.

Diante destas perspectivas e do enfoque dado atualmente ao ensino – cuja prioridade é a aprovação em vestibulares que testam pouco as competências e habilidades dos alunos e muito mais sua técnica de memorização – se faz necessário traçar novas metas educacionais direcionadas para o desenvolvimento de capacidades nos alunos que os permitam enfrentarem mudanças culturais que ocorrem na vida social e nos perfis profissionais. Não é suficiente a pretensão de ensinar muitas coisas relevantes nem mesmo que se alcance tal objetivo. A eficácia da educação científica deve ser medida pelo que realmente foi aprendido, não pelo que foi memorizado, ademais sua meta deve estar além da seleção de alunos ou considerar o ensino como um fim, para que não sejam condicionados os conteúdos e os métodos do ensino da ciência.(POZO e CRESPO, 2009)

Mostra-se inevitável convergir o ensino para estratégias que proporcionem experiências de aprendizagem significativa, tal necessidade tem sido defendida por vários autores(ESPÍNDOLA e MOREIRA, 2006) (MESSA, 2010)(LEMOS, 2006)(DE FREITAS FILHO, 2007), especialmente em contextos onde o processo se resume à transmissão de uma infinidade de informações fatuais, não necessariamente úteis e ligados ao cotidiano. Sendo o ensino uma ação que visa o futuro do aprendiz, em um mundo onde os saberes se multiplicam incessantemente e sua validade tona-se cada vez mais breve, é impossível apoderar-se de todos os conhecimentos ou mantê-los atualizados. Assim, é crucial aprender o estritamente necessário de um modo significativo adotando-se estratégias de ensino que oportunizem a vivência e o preparo do estudante para mudanças. (CACHINHO, 2012)

Atualmente, inúmeros esforços têm se concentrado na adoção de novas estratégias de ensino de ciências e, em particular de química, tais como: estudo por projetos (MENEZES e FARIA, 2003), dramatizações (ROQUE, 2007), aprendizagem baseada em problemas (BEHRENS, 2006), estudo de casos (SÁ e QUEIROZ, 2009), abordagens baseadas nas relações entre ciência-tecnologia-sociedade (CTS) (PRAIA e CACHAPUZ, 2005) entre outras. A escolha por uma determinada estratégia depende, entre outros aspectos, dos objetivos do ensino e do conteúdo a ser abordado. Nesse trabalho será dado um enfoque à aprendizagem baseada em problemas, especificamente ao estudo de casos, detalhados a seguir.

1.1.1. A APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

A PBL (*ProblemBasedLearning* ou Aprendizagem Baseada em Problemas) teve sua gênese por volta do final da década de 1960, no Canadá, especificamente na Escola de Medicina da Universidade de McMaster. Tal modelo teve como precursores dois métodos, um deles foi desenvolvido na década de 1920, o método de ensino de caso da escola de Direito da Universidade de Harvard (EUA), e o segundo desenvolvido nos anos 50 do século passado, destinava-se ao ensino da medicina na Universidade Case Western Reserve (EUA). (RIBEIRO, 2010)

O método de Aprendizagem Baseada em Problemas foi desenvolvido para o estudo de medicina, pelo fato de os alunos da Universidade de McMaster sentirem-se insatisfeitos com a grande carga de conceitos com a qual saíam da universidade, em confronto com a pequena capacidade de propor estratégias diante de diagnósticos práticos. De acordo com Ribeiro (2010), com o passar dos anos, tal modelo vem sendo modificado para que o seu uso seja possível em diversas áreas de conhecimento e, considerando a vivacidade dos seus princípios, este tem apresentado bons resultados. (CARDER, WILLINGHAM e BIBB, 2001)

Apesar de a história do método PBL ser relativamente recente em algumas áreas de ensino, seria um equívoco considerar esta uma metodologia nova, afinal, a aprendizagem baseada no confronto com os problemas tem acontecido desde os primórdios da humanidade (RIBEIRO, 2010).

Em termos gerais, a PBL é uma estratégia de ensino aprendizagem que se vale de problemas da vida real, para que os alunos tornem-se capazes de refletir criticamente, desenvolvendo a habilidade de resolução dos problemas e adquirindo conhecimentos específicos da área do problema apresentado. A Figura 1 mostra alguns princípios de aprendizagem oriundos de importantes teorias que fundamentam o PBL. (RIBEIRO, 2010)

Figura 1: Alguns princípios da aprendizagem que fundamentam o PBL (Fonte: RIBEIRO, 2010, p. 16)

De acordo com Ribeiro (2010), através da PBL é possível ativar os conhecimentos prévios do aluno, o que constitui pressuposto básico para a aquisição de novos conhecimentos. Isso se dá a partir das discussões em grupo antes e depois da aquisição dos conhecimentos, conforme propõe a metodologia.

Outro aspecto relevante, e que torna a PBL uma metodologia capaz de garantir resultados significativamente positivos no processo ensino aprendizagem é o fato de “promover a elaboração de estruturas cognitivas que facilitam a recuperação de conhecimentos relevantes” (RIBEIRO, 2010 p. 17), de modo que futuramente, quando se deparar com um problema semelhante o aluno seja capaz de lançar mão dos conhecimentos adquiridos.

Pode-se dizer então, conforme expresso por Cachinho (2012), que a PBL permite que o foco do processo seja o conhecimento disciplinar estritamente necessário à resolução dos problemas, minimizando o armazenamento de informações inúteis, ademais, proporciona aos estudantes a possibilidade de adquirirem um acervo de competências instrumentais, interpessoais e sistêmicas, transferíveis para diferentes domínios da vida cotidiana.

De acordo com Ribeiro (2010), o que diferencia a PBL de outras formas de aprendizagem ativa, colaborativa, centrada nos alunos, entre outros métodos tradicionais é o fato de o problema ser utilizado para iniciar, direcionar, motivar e focar a aprendizagem, de forma diferente da maioria das metodologias alternativas e estratégias de ensino diferenciadas. O fato de a PBL se propor a efetuar atividades juntando pequenos grupos de alunos, que tem como facilitador um professor/tutor, também constitui um diferencial desta em relação às demais metodologias. (RIBEIRO, 2010) Em se tratando do professor, usando PBL como

estratégia de instrução, ele assume um papel de “treinador” para seus alunos, orientando-os na atividade de investigação, estimulando o seu interesse por uma aprendizagem autêntica e relevante.(DRAGHICESCU, PETRESCU, *et al.*, 2014)

1.1.2 O MÉTODO DE ESTUDO DE CASOS

O método de Estudo de Caso é uma variante do método de Aprendizagem Baseada em Problemas. De acordo com Sá, Francisco e Queiroz (2007) trata-se de uma metodologia desenvolvida com o intuito de possibilitar aos alunos o contato com problemas reais. Assim como outras variantes do PBL, possibilita que o aluno guie, a seu modo, o processo de aprendizagem, enquanto permite sondar os conhecimentos envolvidos nas situações apresentadas. (SÁ, FRANCISCO e QUEIROZ, 2007)

O presente método tem sido empregado com sucesso na área de ciências humanas, sendo visto como um método que promove a motivação dos alunos, pois exige que estes participem ativamente na sala de aula(SÁ, FRANCISCO e QUEIROZ, 2007), afinal, a aprendizagem se entende como um processo dependente de múltiplos fatores, dentre os principais estão as diversas interações que o estudante possui com o meio, seus professores e pares, e com as ferramentas a que tem acesso. (GARCÍA e PALACIOS, 2006)

Um estudo de caso permite a aprendizagem de conceitos pelo uso de narrativas sobre situações que podem ser reais ou baseadas na realidade, que necessitem de conhecimento químico e de áreas afins onde o aluno é incentivado a solucionar o problema enfrentado pelos personagens que participam da narrativa. De modo que, conforme os princípios do PBL, tal prática, pautada no pressuposto de que o conhecimento prévio que o aluno possui em relação ao assunto, e que será ativado durante a análise do problema apresentado ao sujeito, é o fator determinante para a quantidade de novos conhecimentos que poderão ser adquiridos com a execução da atividade, bem como a natureza destes novos conhecimentos. (RIBEIRO, 2010)

O uso de casos investigativos no ensino pode ser dito como uma estratégia

de instrução pelo uso de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas (WATERMAN e STANLEY, 2002). Os alunos são incentivados a se familiarizar com os personagens e circunstâncias; para investigar de forma a compreender os fatos, valores, contextos, e decisões na estória; e para conectar o significado da estória as suas próprias vidas, de modo que se apropriem do problema como seu. O que difere o método das demais variantes da aprendizagem baseada em problemas é basicamente a forma como o problema é apresentado para o estudante visando uma maior interação do aluno com o problema.

Os casos utilizados devem ser situações que os alunos possam enfrentar realmente, que estejam aptos a solucionar ou tenham argumentos e concepções prévias que permitam se aproximar da solução do problema apresentado. Pode ser usado com o objetivo de aplicar conhecimentos recém-adquiridos, consolidando e aprofundando a compreensão dos mesmos, permitindo assim, que o aluno veja a utilidade do que aprendeu em situações reais. (SÁ, FRANCISCO e QUEIROZ, 2007)

Os casos são baseados em fatos e dilemas complexos, escritos para estimular a análise e tomada de decisão. A elaboração de um bom caso é imprescindível para que ocorra um aprendizado significativo por parte dos alunos. Um bom caso, de acordo com Velloso, Sá, Motheo e Queiroz (2009), deve narrar uma história e despertar o interesse pela questão, deve ser atual, ser capaz de produzir empatia com os personagens centrais, deve incluir citações. Além disso, um bom caso tem utilidade pedagógica, e deve, impreterivelmente, provocar conflitos e forçar as pessoas a tomarem uma decisão. Para que o caso seja absolutamente interessante, o que é pressuposto básico para o desenvolvimento da metodologia, precisa, necessariamente, ter generalizações e ser curto.

De acordo com Rosa, Carreri e Ramos (2008, p. 118), “práticas cotidianas oferecem indícios que tornam possível a compreensão de uma gama de significados”. Desse modo, deve-se priorizar a utilização de algum caso que tenha relação com vivências do cotidiano do sujeito que o irá estudar, assim o resultado de tal estudo poderá ser uma aprendizagem significativa, e que possa ser aplicada na prática da vida do aluno. A presença de situações atuais e reais nos casos é importante, pois tais aspectos são capazes de provocar uma participação mais ativa dos estudantes no processo de discussão e análise.

No entanto, o caso não deve incluir a análise dos dados e as estratégias necessárias para a resolução dos problemas que o envolvem, já que o que se

deseja é que estes aspectos devam partir dos próprios alunos.(SÁ e QUEIROZ, 2009)

Assim, os casos passam a ser veículos para promover discussões em sala de aula. Durante a aplicação do método, após receber o caso, os estudantes deverão solucioná-lo, a seu modo, tendo sempre que levar em consideração questões ambientais, econômicas, sociais, tecnológicas e da área de Química. Quando os alunos estão ativamente envolvidos na análise do caso fazendo julgamentos e formulando conclusões, não usam apenas os princípios básicos da aprendizagem científica, estão aprendendo o processo científico em si. (VELLOSO, SÁ, *et al.*, 2009)

Como regra geral, os problemas apresentados nos casos não tem uma única resposta correta, mas sim, os julgamentos são necessários e muitas são as soluções possíveis. Na discussão do caso, o papel do professor será de facilitador do processo, o caso pode ser seguido por questões específicas para que os alunos sejam direcionados à solução do caso. (LANTZ e WALCZAK, 1996)

O caso tem o caráter de uma tarefa que os alunos devem solucionar, o que permite a posterior elaboração de uma explicação histórica dos eventos que conduziram à sua resolução que pode ser compartilhado com os demais colegas.(HERREID, 1998)

1.2. A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E SUAS DIFICULDADES

A química sempre foi, e é até hoje, uma disciplina considerada difícil, por alunos e leigos, devido à complexidade e abstração de seus conteúdos (SILVA, 2011), além de envolver uma linguagem e um simbolismo próprio(MORAES, RAMOS e GALIAZZI, 2007)(MORTIMER, 2010)é uma disciplina estigmatizada, sendo que uma das possíveis explicações para este fenômeno é a provável dificuldade na compreensão de conceitos básicos envolvidos nesta ciência, o que, muitas vezes, leva o aprendiz a optar por decorar regras e “macetes” ao invés de

procurar compreender profundamente tais conceitos (POZO e CRESPO, 2009). Algumas vezes é o próprio professor quem não consegue deixar claro o conceito, e não se fazendo entender leva o aluno à confusão, e por fim a não compreensão do mesmo (POZO e CRESPO, 2009). Por exemplo, quando o professor trabalha um conteúdo que aborda soluções e não deixa claro o tipo de solução a que se refere, ou quando fala em substância quando, na verdade, se refere à partícula e vice-versa (TREAGUST e JONG, 2002). Diante disto, muitas vezes os alunos são capazes de resolver os exercícios propostos pelos professores, mas não conseguem aplicar os conceitos em novas situações e problemas de seu cotidiano.

Um problema muito comum nas salas de aula de química é que os professores explicam ou ensinam conceitos que os alunos na verdade aprendem como uma lista de dados que se limitam a memorizar ou reproduzir, no melhor dos casos. Isso ocorre porque a compreensão exige mais do aluno que a mera repetição. Esse processo de cega repetição será insuficiente para conseguir que o aluno adquira conceitos, ele tem seus próprios modelos ou representações da realidade e pode-se dizer que entendeu o conceito de ligação iônica quando ele conseguir fazer a relação com essas representações prévias, de modo que “ traduza ” para suas próprias palavras e sua própria realidade. Assim tem-se a aprendizagem de informação verbal repetitiva superando a aprendizagem significativa, pode-se ainda chamá-las de apropriação de fatos e/ou dados e apropriação de conceitos (a desejada), respectivamente. O aprendizado de fatos somente admite diferenças quantitativas (‘sabe’ ou ‘não sabe’), enquanto o aprendizado de conceitos é caracterizado de modo qualitativo (não se trata de ‘saber’ se o aluno compreende, mas de ‘como’ compreende). (POZO e CRESPO, 2009)

A linguagem específica da Química é um fator que dificulta que os alunos se sintam confortáveis ao estudar a disciplina, a nomenclatura científica é como uma língua estrangeira e os estudantes podem se frustrar tentando relacionar nomes químicos à experiência cotidiana, este é um fator que possivelmente interfere na aprendizagem da química e na formação de um pensamento químico. (TREAGUST, REINDERS e NIESWANDT, 2000)

1.2.1. A DIFICULDADE NA APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA

O entendimento de fenômenos químicos tais como fusão, evaporação, difusão, células eletroquímicas, transferência eletrônica, condução iônica, e ligações intermoleculares é fundamental para o aprendizado de química geral. (EBENEZER, 2001). Dentre os diversos temas abordados em todos os níveis de ensino, a Eletroquímica é um dos considerados mais difíceis (DOYMUS, KARACOP e SIMSEK, 2010) (JONG, ACAMPO e VERDONK, 1995), inclusive por alunos que simpatizam com a Química e alunos de graduação na área (FINLEY, STEWARD e YARROCH, 1982). Özkaya (2002), por exemplo, atribui a origem das dificuldades de aprendizagem de eletroquímica ao fracasso na aquisição de conhecimentos conceituais adequados, e às explicações insuficientes dos conceitos relevantes nos livros.

Em uma revisão a respeito das principais dificuldades relacionadas ao ensino e ao aprendizado de Eletroquímica, Treagust e Jong (2002) apontam que os estudos empíricos sobre o tema são bem mais escassos do que os realizados para outros tópicos da Química. O trabalho aponta que na maioria dos cursos de química, tanto em nível médio como em nível superior, assim como na maioria dos livros-didáticos, este tema é dividido em dois tópicos: reações redox e células eletroquímicas. Esta divisão se justifica pelo fato de que os alunos necessitam primeiro compreender os processos de oxidação-redução, para depois aplicá-los em pilhas ou em processos eletrolíticos. (ÖZKAYA, 2002)

Quanto às principais dificuldades encontradas por Treagust e Jong (2002) é possível citar:

- 1) Há um número específico de contextos nos quais os conceitos eletroquímicos básicos adquirem diferentes significados, o que pode causar dificuldades de compreensão por parte dos alunos. Por exemplo, os conceitos de oxidação e redução são inicialmente (no início do nível médio) apresentados em um *contexto fenomenológico* como o ganho ou a perda do elemento oxigênio. Mais tarde os conceitos são apresentados em um *contexto de cálculos*, como o aumento ou diminuição do número de oxidação (outro conceito que pode ser trabalhado apenas com o uso de tabelas e regras algorítmicas) ou no *contexto das*

partículas que compõem a matéria, neste caso, como a perda ou ganho de elétrons. Assim, é preciso desenvolver nos estudantes a capacidade de transferir os conceitos de um contexto para outro. Também se faz necessário observar como o professor trata dos conceitos em cada diferente contexto, de maneira que as dificuldades sejam superadas.

2) Dentre os conceitos considerados mais básicos a respeito das reações eletrolíticas, podemos citar: *eletrólito*, *eletrodo*, *reação de eletrodo* e *diferença de potencial*. As descrições desses conceitos também são dependentes do contexto que pode ser desde *fenomenológico* (podendo incluir medidas experimentais) das *partículas* e até *termodinâmico*, sendo este último somente tratado nos níveis mais elevados de ensino.

3) Dentre as principais dificuldades encontradas no aprendizado do tema oxido-redução estão:

a) *Dificuldades conceituais*: a dependência mútua das reações de oxidação e redução; o processo de transferência de elétrons e o significado e a determinação dos números de oxidação.

b) *Dificuldades procedimentais*: identificar os reagentes como agentes redutores e oxidantes; identificar as equações de reações como reações de oxidação e redução, e efetuar o balanceamento das equações redox mais complexas.

4) Dentre as principais dificuldades encontradas no aprendizado do tema células eletroquímicas e reações eletrolíticas, estão:

a) *Dificuldades conceituais*: condução em um eletrólito; neutralidade eletroquímica do eletrólito, carga do anodo e do catodo em células galvânicas, e a necessidade de um potencial padrão de meia célula.

b) *Dificuldades procedimentais*: identificação do anodo e do catodo; prever os produtos e a magnitude das diferenças de potencial de células galvânicas; prever os produtos da eletrólise e a diferença de potencial necessária para gerar produtos.

O trabalho ainda aponta como possíveis origens para tais dificuldades: a compartimentalização das disciplinas das ciências da natureza, uma vez em que de maneira geral a Física e a Química, que compartilham muitos destes conceitos, são apresentadas como disciplinas não relacionadas; a ignorância da natureza relativa dos potenciais eletroquímicos; falta de pré-requisitos adequados para o estudo do

tema; interpretações errôneas, por parte dos estudantes, da linguagem normalmente empregada, o uso de múltiplos modelos e definições e, por fim, o ensino e a aplicação mecânica de conceitos eletroquímicos e algoritmos.(TREAGUST e JONG, 2002)

1.4. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

Concordando com Costa-Beber e Maldaner (2009), formar um pensamento químico não é algo fácil, exige muito empenho e estudo por parte dos estudantes e mediação pedagógica de qualidade e é preocupados com esta mediação que foi analisada a evolução do aprendizado com o uso de Estudo de Caso.(COSTA-BEBER e MALDANER, 2009)

O método de estudo de caso tem sido utilizado com sucesso tanto a nível médio quanto ao nível de graduação, sendo especialmente eficaz no desenvolvimento do raciocínio analítico e da habilidade de tomada de decisões. Esta metodologia de ensino também tem se mostrado útil para examinar questões sociais, ambientais e éticas. Porém, o desenvolvimento do método como um veículo para ensinar os princípios e conceitos de química tem progredido lentamente. (CHALLENGE e BRAZDIL, 1996)

Neste contexto optou-se por utilizar o método de estudo de caso como estratégia para o ensino de conteúdos específicos. Por considerar que os conceitos de eletroquímica estão entre os conteúdos químicos que os estudantes apresentam maior dificuldade de compreensão, optou-se por aplicar um caso que abordasse conceitos desta área da química.

O principal objetivo do presente trabalho foi aplicar a metodologia de estudo de caso, descrever e observar o aprendizado de conceitos de química no ensino superior. Para isso foi escolhido o tema Eletroquímica em particular, assuntos com aplicação tecnológica e relacionados ao tópico reações eletrolíticas. Para tanto foram necessárias três fases de trabalho:

- 1) A elaboração de um caso envolvendo problemas de aplicação tecnológica

relacionados à eletroquímica e que seja de interesse do curso onde será aplicados.

2) Aplicação do caso desenvolvido.

3) Avaliação dos resultados obtidos através da verificação da aprendizagem dos conceitos envolvidos no caso.

*“E se Deus é canhoto
e criou com a mão esquerda?
Isso explica, talvez, as coisas deste mundo.”*

Carlos Drummond de Andrade

2.1. O CASO INVESTIGATIVO

Ao utilizar o Estudo de Casos como estratégia de ensino, se faz necessário o uso de um bom caso investigativo. A qualidade de um caso está pautada em sua eficácia ao fazer com que o estudante se aproprie do problema. Alguns autores, pioneiros deste método de abordagem, propõem aspectos essenciais para que um caso seja considerado bom. Entre eles estão Lantz e Walczak (1996, p. 02), para eles, “casos são dilemas complexos, baseados em fatos reais, escritos para estimular a análise colaborativa e a tomada de decisões.”¹

Baseando-se na concepção de Lantz e Walczak (1996) buscou-se, em publicações atuais, um artigo de revista de divulgação científica que pudesse inspirar um caso relevante para o grupo de participantes da pesquisa. Decidiu-se usar este tipo de revista pela credibilidade que oferece. Buscou-se artigos que trouxessem contribuições palpáveis da ciência para a sociedade para viabilizar não somente os aspectos comuns do ensino mas também como modo de incentivo à educação científica de um modo geral. A relevância para o leitor é um dos pontos a ser considerado na construção dos casos. De acordo com o entendimento de outro autor pioneiro na área de Estudos de Casos em ensino de ciências, Herreid (1998), esta questão é importante para que o leitor crie empatia com a história contada. Ademais, este é o aspecto que garante a importância do problema diante da formação específica do estudante. (HERREID, 1998)

O tema do caso foi previamente escolhido (eletroquímica), assim, a busca de publicações que inspirassem a construção do caso ficou restrita a ele. Dentre os textos encontrados, um especialmente chamou atenção: **Menos Resíduos - Cobre e níquel descartados no recobrimento de peças metálicas são recuperados**, publicado pela revista Pesquisa FAPESP online. O referido texto encontra-se na seção de anexos deste trabalho. (ERENO, 2007)(ANEXO A)

O artigo que inspirou o caso trata de um tema atual e recorrente e este

¹Tradução livre do original: *Cases are factually-based complex dilemmas written to stimulate collaborative analysis and decision making.*

aspecto influenciou em sua escolha. A geração de resíduos, o tratamento de água e a adequação de empresas com os aspetos socioambientais são de extrema relevância. Assim, habilidades que possam ser exploradas e desenvolvidas neste contexto fazem parte da preocupação na formação de profissionais da área da Química e de professores que se preocupam com a formação de sujeitos capazes de tomar as próprias decisões de maneira acertada.

Porém, mesmo que se tenha um caso atual e relevante para o leitor e sua formação, isso não será suficiente para que este seja um dito caso bom. No artigo chamado ***Whatmakes a good case?*** escrito por Herreid (1998) há uma lista de fatores que devem ser considerados na elaboração de um bom caso, para tanto ele deverá:

- ✓ Narrar uma história
- ✓ Despertar interesse pelo problema
- ✓ Ser atual
- ✓ Produzir empatia com os personagens
- ✓ Conter diálogos
- ✓ Ser relevante ao leitor
- ✓ Ser relevante à formação do leitor
- ✓ Conter/Causar conflito
- ✓ Forçar uma solução
- ✓ Ser geral/amplo
- ✓ Ser curto

Considerando a lista de condições definida por Herreid (1998), bem como as crenças pessoais de quem procedeu a pesquisa, o caso foi escrito e, posteriormente, validado pelo grupo de pesquisa e colaboradores. Assim, é importante destacar que duas condições presentes na lista foram descartadas. (HERREID, 1998)

O caso construído não contém diálogos, entende-se que este fato o tornaria mais longo e menos objetivo. Elaborar o caso de um modo geral e/ou amplo foi a outra recomendação não seguida. Apesar do problema do caso tratar de aspectos de diferentes áreas, ao usar o método como estratégia para o ensino de conteúdo específico foi necessária a construção de um caso específico para o tema.

Construiu-se um texto narrativo e impessoal onde o leitor é inserido como personagem da história. Tal como os heróis de histórias em quadrinhos, o leitor é

quem soluciona o problema do caso, se tornando o personagem mais importante da narrativa. Este é o sentimento de apropriação do problema, por parte do estudante, almejado com o uso da metodologia. O caso construído é apresentado na Figura 2.

Caso da Galvanoplastia

Marcelo é dono de uma empresa chamada MetalicSurface. Sua empresa trabalha com proteção e banhos metálicos para peças de decoração de automóveis, como emblemas e logomarcas; peças sanitárias, como ralos; e peças para embalagens de cosméticos, como tampas de frascos de perfume. O principal processo utilizado pela empresa é a galvanoplastia – um sistema de recobrimento metálico de peças, onde íons metálicos são transferidos de uma superfície metálica ou meio líquido chamado eletrólito, para outra superfície seja ela metálica ou não. Isso ocorre através do uso de corrente elétrica externa.

As peças passam por esse processo de recobrimento metálico onde sofrem eletrodeposição de um ou mais metais, em seguida passam pela água (banho) para retirar o excesso de metal. Esta água do banho entra limpa e sai contaminada com o excesso de metais.

Marcelo, muito preocupado com os efluentes da empresa e com a qualidade da água rejeitada, procura a consultoria de uma companhia chamada ResSolução para tentar resolver este problema. Em um primeiro momento Alice, química responsável da ResSolução, vai até a empresa de Marcelo, onde constatou que a mesma água é usada para o banho de peças com eletrodeposição de diferentes metais. Após analisar qualitativamente uma amostra da água do banho, ela detectou a presença de íons de níquel, cobre e zinco na água; então com uma análise quantitativa da amostra ela percebeu que a concentração destes metais estava em torno de 1 grama por litro, o objetivo principal da MetalicSurface é de diminuir a concentração destes metais na água residual do banho para algo em torno de 100 miligramas por litro. Nesta concentração a água pode continuar sendo utilizada no banho sem prejudicar a qualidade da peça.

Após uma reunião com os estagiários Alice expõe a situação e lança um desafio, ela quer uma solução eletroquímica que reaproveite os metais do banho. Você é um(a) estagiário(a) do setor de Química da ResSolução, como subordinado da Alice você deve apresentar a ela uma possível maneira de solucionar o problema. Esta proposta deve ter um embasamento teórico e apresentar as reações químicas que envolvem o processo. Você deve considerar a viabilidade de sua proposta em aspectos econômicos, técnicos e ambientais. Bom trabalho!

Figura 2: Caso Investigativo - Caso da Galvanoplastia

2.2. O CENÁRIO

A presente pesquisa foi realizada com alunos de graduação matriculados no curso de Licenciatura em Química, do período noturno do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQUSP).

Dentre os cursos oferecidos pelo referido Departamento está o curso de Licenciatura em Química noturno, que teve a sua primeira turma de graduandos no ano de 2003. O curso oferece anualmente 30 vagas para ingressantes. O ingresso no curso se dá através de vestibular, transferência interna, transferência externa, aluno graduado de nível superior e aluno convênio (intercambio).²

A estrutura do curso é organizada em semestres, tendo duração total de 10 períodos. Com o objetivo de formar profissionais altamente qualificados para o exercício do magistério, as disciplinas ministradas vão desde as voltadas para a didática e o campo pedagógico, até disciplinas que objetivam uma formação mais abrangente, como filosofia, sociologia e outras de caráter geral.

A estrutura curricular do curso é organizada de modo a integrar diferentes saberes, oriundos das diversas áreas de conhecimento. Tal estrutura divide-se em quatro blocos de saberes: 1) Formação específica, 2) Iniciação à Licenciatura, 3) Fundamentos teóricos e Práticos da Educação e 4) Fundamentos metodológicos do Ensino.

Para a presente pesquisa, interessa especialmente o segundo bloco, que corresponde à “Iniciação à Licenciatura”. Tal bloco é composto por duas disciplinas, sendo elas: “Introdução ao ensino da Química” e “Introdução aos Estudos da Educação” (que pode ter enfoque filosófico, histórico ou sociológico).

Esta pesquisa foi realizada durante as aulas da disciplina de Introdução ao Ensino de Química (QFL4600), cuja carga horária total é de 60 horas, sendo quatro créditos/aula. Esta é oferecida anualmente durante o segundo semestre letivo. Na

² Em 2014 houve uma reestruturação curricular, a partir de então o ingresso é único para os cursos de Bacharelado e Licenciatura, sendo que o aluno faz sua opção depois do ingresso.

ocasião deste estudo, tratava-se do ano de 2012.

Tal disciplina tem por objetivos:

1. Introduzir o estudante na reflexão crítica sobre o ensino de química na escola básica;
2. Refletir sobre o papel da educação científica frente às atuais necessidades e complexidade da sociedade moderna;
3. Proporcionar a compreensão do desenvolvimento científico como um processo de produção histórico/social.

Pode-se ainda citar os conteúdos programados para a disciplina:

1. Introdução à filosofia da ciência e metodologia científica;
2. Concepções de ensino/aprendizado; como as pessoas aprendem;
3. Estudo da natureza da química e do conhecimento químico;
4. O aprendizado de ciências e o aprendizado de química;
5. Concepções alternativas e o ensino de conceitos científicos;
6. Alfabetização científica e química para formar o cidadão;
7. Objetivos para o ensino médio: parâmetros curriculares.

As estratégias previstas para as aulas variam de seminários e discussões em grupo a atividades escritas. A participação nas atividades propostas faz parte do processo avaliativo.³

2.3. OS PARTICIPANTES

Em uma pesquisa realizada pelo IQUSP com os alunos ingressantes

³ Este texto está baseado na ementa da disciplina disponível no site do IQUSP. A ementa da disciplina foi entregue aos alunos no primeiro dia de aula. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/enrol/index.php?id=1055>

nos cursos do instituto, 39 alunos matriculados nos cursos noturnos de Licenciatura em Química e Química Ambiental participaram do mapeamento do perfil dos acadêmicos ingressantes do ano de 2012. Destaca-se que 37% dos ingressantes estavam com idade entre 17 e 20 anos, e 63% mais de 21 anos. Cabe ressaltar que 8% dos entrevistados já possuía diploma de graduação.

Para 64% dos alunos o vestibular de ingresso no curso não foi o primeiro. Em relação à curso pré-vestibular, 38% da turma afirmou não ter frequentado. Durante o ensino médio, 85% cursaram na modalidade regular, enquanto 15% em nível técnico. Quanto ao tipo de escola frequentada, a maioria (61%) estudou em escola particular, ao passo que 46% em escola pública, os 3% restantes afirmaram ter frequentado ambos os tipos de escola.

Considerando as expectativas dos ingressantes em relação ao curso, 69% consideraram que apresentaria alto grau de dificuldade, 31% acreditavam encontrar grau mediano, é notável que nenhum ingressante apostou em um curso fácil.

Voltando o olhar especificamente para os sujeitos da pesquisa, dentre os 36 acadêmicos matriculados na disciplina 29 acompanharam as aulas durante todo o semestre. Dentre os últimos, 23 estiveram presentes integralmente nas atividades deste estudo e serão tratados como *participantes*. Da totalidade dos participantes, 43% eram do sexo feminino (10 pessoas) e os outros 57% do sexo masculino (13 pessoas).

Partindo do perfil dos ingressantes de um modo geral, se faz necessário um maior detalhamento dos sujeitos de modo que sejam consideradas suas singularidades, pois cada participante é único e traz uma bagagem diferente de experiências acadêmicas e de vida. Com o intuito de caracterizar mais completamente os participantes deste estudo foi criada a Tabela 1 onde estão listados os diferentes modos de ingresso⁴ do aluno no curso, bem como outras informações que foram consideradas relevantes. Dentre os aspectos contemplados na Tabela 1, se faz importante ressaltar a divisão dos alunos em grupos de trabalho⁵ e com o intuito de organizar as informações e deixa-las mais claras a Tabela 1 apresenta cada sujeito individualmente e à qual grupo ele pertenceu ao longo do estudo.

⁴ Os diferentes modos de ingresso já foram descritos no tópico anterior, enquanto o cenário de estudo foi descrito.

⁵ O modo como os alunos foram divididos e outros detalhes importantes sobre os grupos de trabalho são descritos a seguir.

Os participantes do estudo foram listados em ordem alfabética e numerados de 01 à 23, ao longo do texto cada aluno será representado por um código para preservar sua identidade. Assim ao tratar de um sujeito específico será usado o código ao qual ele corresponde, por exemplo, se o aluno 06 estiver em pauta refere-se a ele como o A06, do mesmo modo se procede para os demais participantes. Com relação aos grupos de estudo, eles também foram numerados para facilitar os trabalhos de análise e descrição dos dados, são sete grupos no total que foram numerados de 01 à 07. Então quanto estiver sendo tratado o grupo 02, por exemplo, será usado o código G02, o mesmo princípio foi adotado para os demais grupos.

No primeiro semestre de curso há uma variedade de disciplinas ofertadas, dentre as quais se destaca “Química Geral 1” (QG1), a única que trata especificamente de conceitos de Química. Dada a importância dos conhecimentos químicos para os participantes deste trabalho a Tabela 1 retrata seu desempenho nesta disciplina, podendo ser aprovado ao final do semestre (A), reprovado ao final do semestre (RN) ou ainda o aluno pode ter feito aproveitamento de estudos da disciplina (AE), neste caso ele havia cursado uma disciplina equivalente em outro curso de graduação já concluída ou do qual tenha sido transferido. No caso dos alunos para os quais esta informação não foi encontrada usa-se (?).

No segundo semestre ou segundo período de curso, entre a lista de disciplinas ofertadas se destacam “Introdução ao Ensino de Química” e “Química Geral 2” (QG2). A primeira, como já foi dito, é a disciplina onde o estudo foi realizado, enquanto a segunda é a única que trata de conceitos específicos de química. Para ser apto à matrícula em QG2 é necessário ter sido aprovado em QG1. Devido à existência deste pré-requisito nem todos os participantes do estudo estavam matriculados em QG2 ao longo do estudo. Novamente, devido à grande importância dos conceitos químicos no cenário deste estudo, considera-se importante saber qual o desempenho dos participantes, em QG2, no final do período. A Tabela 1 apresenta de modo semelhante ao tratado para QG1 o resultado obtido em QG2. Para o caso dos alunos que não cursaram a disciplina usou-se a sigla NC.

Tabela 1: Perfil individual dos participantes da pesquisa.

ALUNO	GRUPO	INGRESSO	QG1	QG2
A01	G02	Vestibular	A	A
A02	G04	Vestibular	A	A
A03	G06	Graduação	AE	AE
A04	G07	Vestibular	A	A
A05	G07	Vestibular	A	A
A06	G03	Vestibular	RN	NC
A07	G05	Vestibular	AE	A
A08	G02	Graduação	AE	AE
A09	G04	Vestibular	A	A
A10	G04	Vestibular	A	A
A11	G01	Vestibular	RN	NC
A12	G05	Graduação	?	?
A13	G05	Vestibular	A	A
A14	G02	Vestibular	RN	NC
A15	G01	Vestibular	A	A
A16	G03	Vestibular	A	A
A17	G07	Vestibular	A	A
A18	G06	Transf. Interna	AE	AE
A19	G01	Vestibular	RN	NC
A20	G06	Graduação	?	?
A21	G03	Vestibular	RN	NC
A22	G05	Vestibular	A	A
A23	G03	Vestibular	A	A

A Tabela 1 deixa evidente a heterogeneidade da turma em relação ao seu nível de instrução. Entre os participantes há quatro alunos já graduados e um ingressante através de transferência interna. Apresentando um breve levantamento do histórico escolar destes sujeitos temos:

A03: Licenciado em Química pela UNIBAN, uma instituição de ensino privada.

A08: Bacharel em Química pela USP, fez curso integral.

A12: Bacharel em Química

A20: Bacharel em Química Ambiental pela USP, fez curso noturno.

A18: Iniciou a graduação na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP de Ribeirão Preto; em 2006 transferiu-se para o curso de Bacharelado em Química do mesmo *campus*; em 2010 transferiu-se para o curso de Licenciatura em Química, ainda na USP de Ribeirão Preto; no segundo semestre de 2012 transferiu-se para o curso de Licenciatura em Química noturno do IQUSP.

Dentre os participantes, havia alunos recém saídos do ensino médio e cursinhos assim como alguns que não tinham contato com a química há mais tempo. Cabe ressaltar que alguns sujeitos tinham contato com os conceitos abordados na metodologia, de modo mais aprofundado, pela primeira vez desde o ensino médio, outros já haviam concluído graduação em outras áreas e/ou áreas correlatas. Todos estes aspectos foram considerados no momento de abordagem e trabalho com o caso Investigativo.

2.4. A ABORDAGEM E OS INSTRUMENTOS

Este estudo é caracterizado pela sua abordagem qualitativa que, através de registros escritos e gravações de áudio e vídeo, busca compreender o processo pesquisado. A fase empírica da investigação foi realizada em um período de quatro semanas e conduzida pelo então professor da disciplina Flavio Antonio Maximiano. A pesquisa é caracterizada no âmbito da observação participante, considerada parte essencial do trabalho de campo na pesquisa qualitativa e forma complementar de captação da realidade empírica. (MINAYO, 2004)

2.1.1. PRIMEIRO ENCONTRO

O primeiro encontro foi o momento da apresentação da pesquisa e da metodologia empregada. O professor fez uma apresentação breve acerca da metodologia de pesquisa “Estudo de Caso” evidenciando as contribuições do método para a pesquisa científica e carreira acadêmica dos alunos participantes, bem como os aspectos que favorecem o aprendizado do estudante que é submetido a este processo.

Em seguida foram realizadas algumas recomendações relevantes para o

desenvolvimento das atividades. A primeira delas foi a sugestão de leitura do livro “Estudo de Casos no Ensino da Química, 2009” (SÁ e QUEIROZ, 2009). Fez-se a sugestão com o intuito de que os acadêmicos interessados no método pudessem ter a oportunidade de compreender mais claramente do que tratava a investigação.

A segunda orientação foi para que na semana seguinte, momento em que as atividades teriam prosseguimento, os acadêmicos viessem munidos de computadores e livros de Química Geral, a fim de que estivessem amparados durante as atividades de solução do caso investigativo.

Depois da apresentação inicial e as orientações pertinentes, aplicou-se o Teste Inicial (TI), onde a intenção foi levantar o entendimento dos sujeitos em relação aos conceitos de eletroquímica pautados no EC (Apêndice A). O referido teste objetivou, também, realizar a segregação de grupos para o desenvolvimento das atividades subsequentes, a fim de que tais grupos fossem constituídos da forma mais homogênea possível.

2.1.2. SEGUNDO ENCONTRO

Munido das respostas dos estudantes para o TI, o professor organizou os grupos para as atividades subsequentes. Os grupos formados se constituíram de alunos com diferentes graus de instrução em concordância com suas respostas.

Houve os mais diversos tipos de respostas ao TI, estas variaram entre dois extremos: incoerente e correto. O professor priorizou a formação de grupos homogêneos se comparados entre si. Cada grupo contou com participantes que obtiveram desempenho diferente, assim, os grupos formados puderam ser tão semelhantes quanto possível em nível de desempenho de seus componentes. Todos os grupos contaram com bons e maus resultados no teste.

Para o segundo encontro o professor reuniu cerca de dez livros de Química Geral e reservou o laboratório multimídia certificando-se de que todos os grupos tivessem acesso à internet. Cada grupo teve à sua disposição, neste encontro assim como nos posteriores, um computador para que os alunos pudessem utilizar os recursos de internet para pesquisa e na solução do caso investigativo.

Os alunos se reuniram em seus grupos pré-estabelecidos e cada um recebeu uma cópia do caso investigativo. Houve silêncio por um instante enquanto se fez a leitura do caso.

Durante a discussão inicial dos grupos os alunos deveriam responder a algumas questões orientadoras (QO) (Apêndice B). Para este momento da atividade era esperado que os alunos se detivessem à leitura do caso, interpretação do relato e dos problemas, bem como ao planejamento da solução. Distantes disso, alguns grupos começaram a buscar informações nos livros que estavam à disposição.

Neste contexto descrito, um grupo procurou o professor para discutir ideias de solução. Considerando-as viáveis, este os orientou a usá-las, analisar suas viabilidades e trabalhar com elas para que pudessem descrevê-las em um próximo momento.

Ao que se refere às questões orientadoras (QO), para que pudesse minimizar as variáveis e tornar os trabalhos mais homogêneos, o que facilitaria a análise, foi desenvolvida esta primeira atividade. Tal atividade foi entregue aos grupos na sequência da leitura do caso investigativo. Acredita-se que esta atividade direciona os alunos para uma solução que atende às expectativas do trabalho.

Sabe-se que o primeiro passo para resolver um problema é identifica-lo e planejar a solução, com isso pode-se analisar a primeira questão orientadora: ***Qual é o problema apresentado (aspectos técnicos, econômicos, ambientais e outros)?***

Com esta questão era esperado que os alunos refizessem a leitura do caso em busca do problema central, aquele que deveriam ter como objetivo responder. Os aspectos listados entre parênteses na pergunta deveriam ser considerados na solução do problema. Assim, como faz parte da solução considera-los significa que estão inclusos no problema do caso. Para que os grupos se atentassem a todos os aspectos considerados relevantes à solução do caso, estes foram citados na questão.

A proposta da metodologia como um todo, refere-se a solucionar um problema inserido em um contexto. Considerando o fato de que há um cenário e muitos aspectos envolvidos em problemas utilizados em ECs, é comum que o indivíduo, na busca por uma solução, seja precipitado na resolução do caso. Tomando atitudes sem ter o problema e estratégias de ação bem delineadas acaba por deixar de lado aspectos importantes para a solução final.

A partir do momento em que o problema está bem delineado e todos os aspectos a serem considerados estão listados pode-se iniciar uma busca pela solução. Neste momento a melhor estratégia seria, em nosso entendimento, buscar entender os conceitos que estão envolvidos no problema trazendo assim a possibilidade de uma solução com maior nível de coerência⁶. Para induzir os grupos na busca por maior conhecimento acerca do problema que o EC aborda fez-se a seguinte questão orientadora: ***Quais os conceitos e conhecimentos químicos necessários para a solução do problema?***

Esta questão pede não somente uma lista de conceitos, com ela também houve intenção de que os alunos do grupo que não estivessem familiarizados a eles buscassem informações com os demais colegas, em livros, internet, etc. De tal modo garantiu-se que o aluno fosse responsável pelo próprio aprendizado e participasse do processo como um todo.

Outro fator que possivelmente auxilia o aprendizado é a significação do conhecimento, ou seja, o aluno não apenas é responsável pelo que está aprendendo, o faz para resolver um problema – do qual ele se apropriou tornando-o importante – que poderia ser real.

Além de conceitos e conhecimento químico, para resolver o problema do EC, e/ou qualquer outro, é necessário reunir uma serie de informações acerca de todos os aspectos que o problema envolve, por exemplo: aspectos técnicos, econômicos, administrativos, logística, etc. Todo problema é bem mais complexo do que aparenta, assim, todas as informações relevantes sobre o assunto que o problema aborda devem ser consideradas. Para que os grupos não ignorassem esta etapa importante no planejamento e na busca pela solução, introduz-se a seguinte questão orientadora: ***Quais as informações necessárias para a solução do problema? Onde busca-las?***

Com esta questão era esperado que os grupos buscassem informações sobre problemas parecidos com o relatado no caso investigativo: pessoas que trabalham na área, artigos em jornais e revistas que abordem o assunto, ou seja, todo tipo de informações que lhes pudessem ser úteis na tomada de decisões relacionadas à sua proposta de solução.

De volta à descrição do encontro, decorrido algum tempo o professor passou

⁶ Nesta pesquisa, não é considerada a existência de uma resposta incorreta para a solução do Caso Investigativo. Todas as respostas serão acertadas, em níveis diferentes de coerência.

pelos grupos e percebeu que todos estavam buscando a solução e trabalhando efetivamente. Para este momento foi planejado, e estava prevista no cronograma da atividade, uma discussão das questões orientadoras. Com intuito de não interrompê-los em seus trabalhos, esta atividade foi cancelada e os alunos continuaram com o trabalho em grupo.

Decorrida 1h40 do início do encontro, aproximadamente, os alunos saíram para um intervalo de 20 minutos, ao retornarem retomaram suas atividades. O professor manifestou sua satisfação com o envolvimento dos alunos com a atividade proposta.

Cabe ressaltar que durante esse encontro a maior parte dos grupos utilizou a Tabela de Potenciais Padrão de Redução (encontrada em alguns dos livros que utilizavam, na internet em outros casos). Apesar de ter sido constatado pelo professor, na leitura das respostas dadas no TI enquanto separava os grupos, que os participantes não conseguiram explicar sobre espontaneidade de reações de oxirredução, notou-se que utilizaram corretamente as informações listadas na tabela.

Ao final deste encontro, os alunos receberam uma atividade para ser feita ao longo da semana subsequente. Esta atividade, que deveria ser entregue no próximo encontro, consistiu de questões cujas respostas mostram as conclusões parciais do grupo relativas à solução do problema do caso investigativo. Esta atividade foi chamada de Relatório Parcial do Dirigido (RP) (Apêndice C).

Novamente, na busca por dados padronizados, o RP foi elaborado de modo dirigido. Fez-se isso, não apenas com a finalidade de levantar o processo desenrolado pelos grupos e obter informações sobre o percurso que os levou à solução, mas também, intuindo a necessidade de que os participantes prestassem atenção ao modo como a solução de um problema se desdobra diante do solucionador em sua busca. De tal modo, acreditamos estar salientando ao sujeito as habilidades, relacionadas à solução de problemas de um modo geral, que ele pode adquirir. Assim, iniciou-se o RP com a seguinte pergunta: ***Quais foram as possíveis soluções aventadas pelo grupo?***

Esta questão fez a tentativa de lembrar aos alunos todas as possibilidades levantadas na trama que se desenvolveu ao longo do encontro em sua busca por uma resposta plausível ao problema do caso. Para entender o desfecho dado, coube continuar o RP com a seguinte indagação: ***Quais destas ideias foram descartadas e por quê?***

Neste momento, foi esperado que os participantes reafirmassem intrinsecamente, e externalizassem os motivos que os levaram a refutar algumas de suas ideias e seguir adiante com outras. Essa questão permite verificar os critérios adotados pelos participantes na classificação de uma ideia como viável.

Direcionados pelas questões anteriores coube perguntar, neste momento, qual o caminho definido pelos grupos. Assim fez-se a pergunta: ***Quais as decisões finais tomadas no dia de hoje?***

Intencionou-se, deste modo, conhecer todos os passos e decisões do grupo. Considerando a tomada de decisões diante de um problema uma habilidade de extrema importância, acredita-se que esta questão ressaltou a importância deste aspecto no que se refere à resolução de problemas.

Não só é interessante saber o que foi decidido pelo grupo, mas saber quais atitudes em relação à decisão foram tomadas pelos participantes. Na última questão do RP procurou-se conhecer a trajetória que o grupo desenhou diante de si para o próximo encontro, por isso, fez-se a seguinte questão: ***Quais as próximas etapas traçadas pelo grupo? (Descreva o que o grupo decidiu fazer, que informações pretende buscar, se houve divisão de tarefas, etc.)***

Uma investigação busca conhecer todos os aspectos relacionados ao objeto investigado, assim, esta pergunta objetivou conhecer todos os planos feitos pelos participantes dentro do grupo, o modo como se organizaram e tudo que pudesse ter ficado alheio durante a observação do encontro.

2.1.3. TERCEIRO ENCONTRO

O terceiro encontro foi dedicado à busca de uma solução final para o caso. Neste dia os alunos foram orientados a dar sua resposta final para o problema que o caso abordou por meio de um Relatório Final (RF) que, assim como nas atividades anteriores, se deu em um processo dirigido (Apêndice D). De tal modo, buscou-se certificar que nenhum aspecto do problema fosse desconsiderado no encerramento das propostas.

Foram recolhidos os RPs do segundo encontro e o RF foi distribuído para que

os grupos pudessem responde-lo. Esta atividade deveria ser entregue até o final do encontro. Este momento foi seguido pela leitura conjunta e explicação do professor acerca de como deveriam ser feitos os RFs.

O RF constituiu-se de três questões distintas, sendo a primeira voltada para o entendimento da proposta de solução, os processos químicos e industriais envolvidos. Com este fim, o relatório iniciou com a seguinte orientação: ***No espaço abaixo e no verso da folha, apresente sua proposta para a solução do problema da empresa MetallicSurface. Descreva claramente o processo e apresente as reações químicas envolvidas. Inclua um fluxograma do processo e apresente um esboço dos possíveis equipamentos necessários.***

Nesta questão, buscou-se a certificação de que a solução proposta pelo grupo fosse explicada com riqueza de detalhes. Houve preocupação com o modo como esta solução poderia ser colocada em prática, por isso, pediu-se que o processo fosse claramente descrito e esquematizado em um fluxograma, tornando os dados pouco mais autossuficientes.

Considerando que as propostas descartadas seriam conhecidas através dos RPs, o RF incluiu-se uma questão sobre o modo como o grupo entendeu sua proposta de solução. Assim, a segunda questão pediu: ***Enumere quais foram os critérios que o levou a decidir pela proposta.***

Neste momento do relatório os grupos deveriam justificar sua escolha pela proposta apresentando os critérios que os levaram à escolha da mesma. Os participantes estavam cientes de que, no próximo encontro, deveriam apresentar sua proposta de solução à turma. Sabendo que neste momento poderiam ser questionados pelos colegas e professor, os grupos foram orientados a delinear do melhor modo possível suas justificativas e argumentos em defesa da solução admitida, de modo que, com esta questão, há uma reafirmação da necessidade de apresentar tais argumentos quando se pedem os critérios adotados.

Entre outras habilidades, a capacidade de analisar suas propostas e apontar os pontos falhos, tanto quanto os assertivos, também pode ser desenvolvida na solução de casos investigativos. Procuramos nos certificar de que os participantes analisassem tantos aspectos quanto possível, de modo que sua decisão estivesse mais bem amparada. Assim, a última questão do RF não poderia deixar de abordar outros aspectos do problema do caso. ***Portanto, pediu-se na terceira questão: Avalie sua proposta do ponto de vista: a) econômico; b) ambiental; c) técnico.***

Com as referidas questões, foi construído o instrumento que dirigiu o relatório final das atividades. Percebe-se a importância de salientar o tempo limitado para as atividades relacionadas ao caso no contexto da disciplina. Por este, e outros motivos já destacados, buscou-se desenvolver instrumentos objetivos e diretos onde os aspectos considerados importantes para o presente estudo fossem contemplados de modo satisfatório.

Para este encontro alguns dos alunos chegaram após o início das atividades. Decorrida aproximadamente uma hora da entrega do RF o professor passou pelos grupos para observar como os trabalhos estavam andando e disse perceber que todos estavam próximos de uma resposta. Após 1h30 do início das atividades o primeiro grupo entregou seu RF e o último grupo usou, aproximadamente, 2h40 para concluir suas atividades.

2.1.4. QUARTO ENCONTRO

O quarto, e último, encontro foi dedicado ao fechamento do caso, neste momento priorizou-se a dinâmica da troca de saberes e descobertas. Assim, como esforço inicial para o diálogo, os grupos apresentaram suas propostas de solução para os problemas que o caso abordou. Deste modo é possível que se rompa uma comunicação do tipo linear em que os que se julgam donos do conhecimento detêm informações. (MINAYO, ASSIS e SOUZA, 2005)

O desafio incluiu envolver todos os participantes em uma discussão sobre as soluções propostas por eles e os aspectos que deveriam ser considerados à luz do problema que o caso Investigativo apresentou. Esse conhecimento compartilhado é fortalecido pela visão de Lévy (2007, p. 28), que tem os indivíduos como fonte de conhecimento, como reafirma o autor: “Se os outros são fonte de conhecimento, a recíproca é imediata.” (LÉVY, 2007)

Para este encontro, estava prevista a apresentação da proposta de um dos grupos, apenas, e escolha do grupo se faria através de sorteio. Todos os participantes se prepararam para apresentar seus trabalhos, pois, o sorteio se daria no início do encontro, e a apresentação seria o estopim da discussão.

Após a leitura dos RFs o professor decidiu que todos os grupos fariam a apresentação, pois os trabalhos ficaram muito ricos e diferentes entre si e que a discussão seria mais rica com todas as propostas dispostas.

O professor notou que a maioria dos grupos seguiu a mesma linha de raciocínio, mas que, ainda assim havia diferenças nas propostas. Dois grupos apresentaram respostas com linha de pensamento diferentes da maioria.

A ordem de apresentação dos trabalhos foi estabelecida pelo professor, que encontrou uma sequência lógica, onde, lhe pareceu que a resposta de um grupo complementou a do outro ao longo das apresentações. Antes do início das apresentações, o professor reiterou que esta não era uma atividade com fins avaliativos, mas que se tratou de um momento onde o aprendizado foi priorizado.

Quando as apresentações terminaram o professor ressaltou seus objetivos com o uso da metodologia. O primeiro, como professor de química, era proporcionar um momento onde os participantes pudessem aprender conceitos específicos de eletroquímica e suas aplicações.

Ao reafirmar o primeiro objetivo, o professor seguiu com o encerramento das atividades relacionadas ao caso investigativo. O fechamento foi feito com uma aula teórica de eletroquímica onde o professor se valeu dos conceitos e situações que permearam o caso como ponto de partida e chegada a conclusões.

Ao concluir a aula de eletroquímica ele se voltou para o segundo objetivo, agora como professor de Introdução ao Ensino de Química, de proporcionar a seus alunos (futuros professores) uma vivência prática de metodologia alternativa e estratégia diferenciada de ensino.

O método de abordagem foi discutido com os participantes, suas aplicações e viabilidades consideradas. Todos puderam expor suas impressões ao longo da discussão. De um modo geral, o método foi aceito e tido como assertivo no que se refere a discutir conceitos que os estudantes já conhecem, pois considera toda a experiência que o sujeito traz consigo como ferramenta na resolução do problema. Alguns contextos de aplicação foram sugeridos e tidos como uma opção mais viável de abordagem no ponto de vista dos participantes como futuros professores.

A discussão se estendeu até o final da aula, o que levou o professor a aplicar o Teste Final (TF) em um momento posterior que não foi presenciado pela pesquisadora. (Apêndice E)

*“Para nós os grandes homens não são
aqueles que resolveram os problemas,
mas aqueles que os descobriram”.*

Albert Schweitzer

CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE

3.1. APRESENTAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

O primeiro passo na organização dos dados foi separá-los por instrumento de coleta. Cada instrumento foi elaborado com um objetivo e apresenta suas particularidades, por este motivo, a princípio, serão apresentados em tópicos individuais. De forma geral o processo de análise foi semelhante para todos os instrumentos, partindo sempre de repetidas leituras seguidas pela busca de tendências nas respostas, similaridade de ideias e concepções que se destacassem nos discursos.

3.1.1. TESTE INICIAL

Os dados coletados com o TI emergiram de seis questões, as quais podem ser agrupadas em três formas distintas, a saber (Apêndice A):

- 1) quatro questões dissertativas, questionando o modo como os estudantes entendem os conceitos de espontaneidade de reação de um modo geral, e especificamente no contexto da eletroquímica nas reações de oxirredução;
- 2) uma questão contendo duas imagens, a primeira representando uma célula galvânica e a segunda uma eletrolítica, onde os sujeitos deveriam escrever um pequeno texto descrevendo o processo ao qual a imagem está associada;
- 3) uma questão contendo uma lista com quatorze conceitos onde o entendimento conceitual de eletrólise é evidenciado.

3.1.1.1. QUESTÕES DISSERTATIVAS

O primeiro passo na organização dos dados se deu com sua classificação. Os trabalhos iniciaram com a leitura das respostas às questões dissertativas, seguida pelas demais questões e por fim os demais instrumentos. Fez-se uma leitura exaustiva das respostas na busca por influências e discursos comuns entre os alunos. Naturalmente as respostas foram separadas em partes, e estas foram sendo relacionadas na procura pela identificação de tendências e padrões considerados relevantes, para estas partes destacadas das respostas será usado o termo “recortes”. Os 23 participantes responderam às questões do TI, assim partiu-se sempre de 23 respostas das quais foram emergindo os recortes.

Por sua vez, tais recortes foram agrupados de acordo com aspectos considerados equivalentes devido à similaridade de tendências e padrões relevantes. Em um segundo momento, ao fazer uma reavaliação pode-se notar a existência de relações com níveis de abstração mais elevados, estas relações uniram os aspectos em categorias distintas. Deste modo, as ideias principais foram destacadas e agrupadas em categorias emergentes – significa que as categorias surgiram ao longo da análise e não foram pré-definidas – e não excludentes, assim, uma mesma resposta pode ter mais de uma ideia destacada, ou seja, vários recortes diferentes, e estes foram classificados em diferentes categorias.

Inicia-se, portanto, a apresentação dos dados no modo como foram organizados e tratados. O primeiro grupo de dados corresponde às respostas apresentadas pelos participantes à Questão 1 do Teste Inicial (Q01). Na referida questão pede-se: ***O que significa uma reação ser espontânea?*** Na construção do TI esta questão foi inserida com o objetivo de verificar o modo como os sujeitos compreendem as reações espontâneas de um modo geral. Das 23 respostas obtidas para esta questão foram feitos 36 recortes que foram agrupados em oito aspectos considerados equivalentes devido à similaridade de tendências e padrões relevantes. Tais aspectos, ao serem reavaliados, foram unidos em cinco categorias distintas. Para facilitar a visualização e o entendimento da categorização das respostas foi construída a Tabela 2 onde as categorias podem ser identificadas com legendas de (A) a (E).

Tabela 2: Classificação das respostas à Questão 1 do Teste Inicial em categorias significativas.

CATEGORIA (Identificação)	PRINCIPAIS IDEIAS PRESENTES NAS RESPOSTAS	Número de Recortes
Confusão conceitual (A)	<p>Nas respostas percebe-se que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ O participante não sabe ou apresenta tal alegação; ▪ Há confusão conceitual ou entre conceitos; ▪ A resposta está inconclusiva; ▪ O aluno não respondeu. 	3
Natural (B ₁)/Contato(B ₂)	<p>Define reação espontânea como aquela que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ocorre naturalmente (ou derivado de natural); ▪ Acontece sem estímulo externo; ▪ Acontece sozinha; ▪ Ocorre sem necessidade de intervenção humana; ▪ Se dá através do contato dos reagentes. 	16
Cinética (C ₁) e Termodinâmica (C ₂)	<p>A resposta faz uso ou apresenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Confusão entre aspectos cinéticos e termodinâmicos; ▪ Uso rudimentar da termodinâmica; ▪ Uso de ΔG, entalpia, entropia... (podendo estar certo ou errado). 	5
Eletroquímica (D)	<p>As respostas fazem uso coerente ou equivocado dos conceitos de eletroquímica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia elétrica; ▪ Corrente elétrica; ▪ Libera ou absorve energia (corrente). 	8
Propriedades (E)	<p>Faz uso (ou cita) propriedades do sistema, o que pode ocorrer de forma confusa.</p>	4

A primeira categoria (A) traz recortes com confusão conceitual e nela também foram encaixados os sujeitos que não responderam à questão. O número de recortes é pequeno, por isso todos foram transcritos de modo a retratar os aspectos da categoria:

A10: *Uma reação que ocorre com os reagentes mais reativos.*

A15: O aluno não respondeu à questão.

A21: *Reação sem a interferência de um produto.*

Os recortes desta categoria (A) trazem ideias que não foram entendidas na análise, o discurso não ficou claro impossibilitando a compreensão do argumento utilizado pelo participante nos casos em que houve resposta. Esta mesma categoria se repete ao longo da classificação e organização dos dados nas próximas questões do TI.

A segunda categoria (B) apresentada na Tabela 2 contempla dois dos oito aspectos observados. Os recortes que foram unidos nesta categoria trouxeram sempre a ideia de que a reação espontânea é um fenômeno “banal”, uma reação que acontecerá sob qualquer circunstância pois é um processo natural onde se faz necessário, apenas, o contato entre os reagentes. Para facilitar o entendimento da categoria percebe-se a necessidade de fazer a transcrição de alguns recortes que ilustram e exemplificam os aspectos agrupados:

A06: *Uma reação espontânea é aquela que (...) acontece sozinha.*

A07: *Reação espontânea é aquela em que os elementos e/ou substâncias quando em condições qualquer do sistema, reagem.*

A11: *É a que ocorre pelo simples contato entre elementos.*

A16: *Significa que a reação ocorre naturalmente (...).*

Os recortes desta categoria mostra o modo ingênuo como alguns participantes entendem a espontaneidade da reação, percebe-se uma falta de argumentos melhor delineados e com embasamento conceitual.

A terceira categoria (C) traz os recortes que apresentam alguma relação com Cinética e/ou Termodinâmica. Os recortes agrupados nesta categoria apresentam diferentes níveis de compreensão dos conceitos de Termodinâmica e em um dos

casos surge uma confusão com o conceito de Energia de Ativação (A19) do campo da Cinética. Assim, tem-se a transcrição dos recortes:

A06: (...) *A reação acontece de forma a manter o sistema em equilíbrio.*

A08: *São reações cuja energia final do sistema é menor do que a inicial.*

A12: (...) *quando a energia livre de Gibbs for menor que zero (...).*

A19: *Ela ocorre ao ser submetida a uma quantidade mínima de energia. Energia essa chamada de Energia de ativação.*

A22: (...) *Produtos menos energéticos que os reagentes.*

Os recortes desta categoria (C) mostram, no caso destes participantes, que há noção da existência de uma relação da energia do sistema com a espontaneidade da reação. As reações ocorrem espontaneamente para que os reagentes alcancem um estado de menor energia e maior estabilidade, e nesse grupo de recortes há uma relativa aproximação desta ideia simplificada do conceito. Cabe ressaltar o caso dos participantes A08 e A12, como já discutido anteriormente e retratado na Tabela 1, ambos os sujeitos são alunos já graduados (Bacharel em Química).

A quarta categoria (D) agrupou todos os recortes que trouxeram aspectos relacionados à eletroquímica de alguma forma. Recortes que trataram de energia elétrica ou corrente elétrica ou que envolveram esses conceitos foram agrupados nesta categoria. Apresenta-se, portanto, alguns dos recortes que exemplificam a categoria a contento:

A05: (...) *reações que somente ocorrem, por exemplo, pela passagem de corrente elétrica (energia), são consideradas não-espontânea.*

A06: *Uma reação espontânea é aquela que não precisa que se aplique energia (...).*

A20: *Uma reação espontânea é aquela que ocorre sem a necessidade de fornecer uma corrente (energia).*

Percebe-se nesta categoria (D) uma influência forte dos conceitos e conhecimentos que permeiam a eletroquímica, na maioria dos casos esta foi a única ideia destacada. Com isso pode-se concluir que estes participantes não entendem a espontaneidade de reações químicas como um todo, mas conhece o tema em uma

área específica da química e usam esta influência em suas respostas.

Na quinta e última categoria da Q01 (E) os participantes usam de propriedades físicas do sistema para explicar a espontaneidade das reações. Em alguns casos apenas citam propriedades e em outros deixam a entender que ao manipular estas propriedades a espontaneidade da reação pode mudar.

A02: Uma reação é espontânea quando ela ocorre sem (...) variações de temperatura ou pressão.

A14: Quando ela ocorre apenas com o contato entre duas ou mais substâncias, sem variação de temperatura ou pressão atmosférica.

As respostas agrupadas na categoria E são aquelas onde os alunos afirmam que uma reação espontânea é aquela que ocorre sem que se precise alterar as condições de pressão e temperatura dos reagentes ou meio reacional (sistema). Uma reação espontânea seria então a que ocorre em temperatura e pressão ambientes. Consequentemente, as reações não espontâneas precisam que tais variáveis sejam modificadas para que possam ocorrer.

Pode-se estabelecer um paralelo entre este pensamento e aquele expresso nas respostas classificadas na categoria B (Natural), onde reação espontânea é a que ocorre naturalmente sem nenhuma ação sobre o sistema. No entanto, neste caso ao relacionar as variáveis pressão e temperatura o aluno reconhece que tais variáveis são importantes na descrição de uma reação química e que alterações nas mesmas podem levar a uma reação. Pode também haver nestes casos uma confusão com aspectos de cinética química onde tais propriedades podem afetar a velocidade com que uma reação espontânea irá ocorrer. Ressalta-se a resposta do A03 onde ele apenas cita as propriedades, mas entre elas aparece 'catalisador', o que reforça esta ideia de influência destas variáveis na cinética de uma reação. Certamente, tais alunos não fazem ainda, e não se esperava isto neste momento, distinção entre aspectos cinéticos e termodinâmicos envolvidos em uma reação química.

Do mesmo modo se deu a organização dos dados da segunda questão do Teste Inicial (Q02). Assim como questão anterior, foram feitos recortes de trechos relevantes do discurso dos alunos nas respostas à Q02. Partindo das 23 respostas à Q02 foram feitos 30 recortes importantes. O grupo de recortes, por sua vez,

apresentou alguns aspectos similares e algumas ideias equivalentes. Assim, agrupados de acordo com a semelhança no discurso, surgiram 7 aspectos distintos. Ao revalidar a classificação dos recortes pode-se notar um padrão importante entre dois aspectos, o que os tornou uma única categoria. Os dados foram tratados e organizados na forma de tabela para facilitar o entendimento, portanto, as cinco categorias emergentes da Q02 do T1 são contempladas e melhor delineadas na Tabela 3.

Se na Q01 buscou-se saber como os sujeitos entendiam a espontaneidade de uma reação química de um modo geral, na Q02 o objetivo foi levantar os critérios que estes estudantes utilizam para definir se uma reação é classificada como espontânea ou não. Assim, na Q02 pediu-se: ***Que critérios ou dados químicos podem ser utilizados para saber se uma reação química é ou não espontânea?***

Tabela 3: Classificação das respostas à Questão 2 do Teste Inicial em categorias significativas.

CATEGORIA (Identificação)	PRINCIPAIS ASPECTOS OBSERVADOS NAS RESPOSTAS	Recortes
Eletroquímica (F)	Utiliza como critérios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencial de oxidação; ▪ Potencial (padrão ou não) de redução; ▪ Diferença de potencial (variação de potencial, ddp, fem, ΔE, etc.); ▪ Contextualiza na Eletroquímica. 	9
Propriedades (G)	Nas respostas percebe-se que: <ul style="list-style-type: none"> ▪ O participante usa propriedades físicas do sistema como critério para classificar a reação como espontânea ou não; ▪ Ocorre confusão conceitual ou entre conceitos relacionados a propriedades; ▪ O sujeito usa propriedades moleculares como critério de avaliação da reação. 	7
Observação (H)	A partir de constatações baseadas em observações feitas sobre o sistema o sujeito se entende capaz de classificar a reação. Dos tipos de observação tem-se: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Variações no sistema ao longo do tempo; ▪ Concentração dos reagentes; ▪ Velocidade da reação; ▪ Análise da variação de propriedades físicas; ▪ Constatação de evidências macroscópicas de transformação. 	4
Termodinâmica (I)	A resposta faz uso ou apresenta: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso (rudimentar ou não) da termodinâmica; ▪ Uso de ΔG, entalpia, entropia... (podendo estar certo ou errado). 	4
Uso de Corrente Elétrica (J_1) ou Energia (J_2)	As respostas fazem uso coerente ou equivocado dos conceitos de eletroquímica: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia elétrica / Corrente elétrica / Energia. 	2
Confusão conceitual (A)	Nas respostas percebe-se que o participante não sabe ou apresenta tal alegação, não entendeu a pergunta, a resposta está inconclusiva ou o aluno não respondeu.	4

A primeira categoria (F) apresentada na Tabela 3 traz recortes que fazem parte do contexto da eletroquímica, percebe-se que nestes casos os sujeitos utilizam de conceitos específicos de um ramo da química como critérios para avaliar a espontaneidade de um modo geral. Para ilustrar a categoria e facilitar o entendimento da mesma são apresentados alguns recortes nela agrupados:

A05: Podem ser utilizados como critérios, dados relacionados aos potenciais de redução e oxidação (...)

A09: Analisando os potenciais de redução é possível dizer se a reação é ou não espontânea. Ex: é uma reação espontânea o cobre oxidar o zinco, porém, não é uma reação espontânea o zinco, que tem menor potencial de redução, oxidar o cobre. (Resposta inteira)

Os recortes desta categoria (F) retratam a compreensão que os sujeitos tem de espontaneidade no que se refere às reações de oxirredução e quando se trata de reações químicas de um modo geral eles estendem este entendimento, ou seja, agem de um modo generalista sem se preocuparem com a viabilidade e aplicabilidade do conhecimento pontual para explicar o todo.

A segunda categoria (G) agrupa os recortes que tratam de propriedades físicas ou moleculares do sistema como critérios para identificar a espontaneidade de uma reação. Nestes recortes as propriedades são apresentadas como critérios sem especificar de que modo seriam utilizadas ou analisadas para determinar a espontaneidade da reação. Apresentam-se então alguns recortes que foram classificados nesta categoria:

A03: Alguns critérios são afinidade química, polaridade das ligações, entalpia de ligação, fatores externos a ela como temperatura, pressão exercida pelo sistema uso de agentes indutores em geral.

A07: Podem ser utilizados os parâmetros como: temperatura, pressão, alteração do estado (...).

A14: Se não houver qualquer interferência no ambiente (de temperatura ou pressão atmosférica) (...).

Os recortes da categoria (G) dão a ideia de que quando o sujeito conhece tais propriedades ele é capaz de prever a ocorrência da reação, baseando-se apenas

nestas informações. Vale ressaltar que os recortes não dão ideia de uso destas propriedades como evidências que podem indicar se a reação ocorrerá, mas sim como critérios não justificados.

A terceira categoria (H) desta questão agrupa recortes onde há constatações e deduções baseadas na observação do sistema onde acontece a reação. Assim como na categoria (G) estes casos utilizam propriedades do sistema, mas nesta categoria (H) estão os recortes onde os sujeitos dão a ideia de analisar as variações destas propriedades e baseando-se nisso determinar a espontaneidade da reação. Com intuito de ilustrar estas observações são apresentados alguns dos recortes classificados nesta categoria:

A02: Pode-se utilizar o tempo de reação, a velocidade da reação, a quantidade de reagentes e de produtos ao longo do tempo, etc.

A07: Podem ser utilizados os parâmetros como: (...) formação/transformação dos compostos/substâncias.

Percebe-se nesta categoria (H) uma forte influência do discurso da cinética química e relação com rapidez na ocorrência das reações, isso baseado no que trazem como sendo análise da variação das propriedades microscópicas, e em alguns casos macroscópicas, ao longo do tempo.

A quarta categoria (I) de recortes agrupados traz ideias e influências da termodinâmica e dos conceitos desse ramo da química. Os sujeitos fazem uso de conceitos como entalpia, entropia e o conceito de sistema está presente no discurso. A seguir estão dois recortes que retratam a ideia geral da categoria:

A08: Entalpia, entropia do sistema (...).

A12: (...) Quando $\Delta G < 0$.

O discurso presente nos recortes desta categoria (I) são discursos mais maduros e coerentes se comparados aos recortes das demais categorias. Vale ressaltar neste caso que os sujeitos já eram graduados, conforme aponta a Tabela 1.

A quinta categoria (J) desta questão contempla dois dos aspectos observados nos recortes, ambos estão inseridos, de certo modo, no contexto da

eletroquímica. Estes recortes trazem no discurso conceitos como energia elétrica e corrente elétrica, em alguns casos apenas o conceito de energia que foi entendido como energia elétrica pelo contexto em que a resposta estava inserida. Alguns recortes desta categoria são apresentados para facilitar o entendimento da mesma:

A05: (...) a passagem de corrente elétrica também pode ser utilizada como critério.

A06: A aplicação de energia por exemplo, já que reações espontâneas não precisam de uma aplicação de energia para que ela aconteça.

A20: A reação química é dita espontânea ou não a partir da energia (potencial) de oxidação (...)

A quinta categoria (J) reafirma a ideia da quarta categoria (D) da questão anterior. Novamente há uma forte influencia do discurso da eletroquímica nos recortes o que reforça a ideia de que, ao entender a espontaneidade das reações químicas em um contexto específico, neste caso das reações de oxirredução, os sujeitos não percebem que estão estendendo este comportamento para as reações químicas de um modo geral sem preocuparem-se com a aplicabilidade e possibilidade de generalização.

A sexta e ultima categoria (A) desta questão é idêntica à categoria (A) da questão anterior, por isso não será necessário reproduzir outra vez os recortes. Novamente as respostas indecodificáveis, em branco, do tipo não sei ou que não foram compreendidas no processo de análise foram classificadas nesta categoria.

Entre os recortes e aspectos observados e categorizados há que se destacar a grande influencia de áreas específicas e conceitos pontuais que foram generalizados, para suprir a necessidade dos sujeitos de explicar um determinado fenômeno que lhes foi pedido, neste caso a espontaneidade das reações químicas como um todo e os critérios adotados para prever a ocorrência das reações. Enquanto as questões Q01 e Q02 trataram de espontaneidade de reação de um modo bastante generalista sem nenhum contexto específico. Partindo de uma visão ampla e abrangente para aspectos pontuais, a terceira (Q03) e quarta (Q04) questões do TI conduziram as respostas para o âmbito da eletroquímica. Tal direcionamento foi iniciado com a Q03 que pede: **Defina da maneira mais completa possível o que é uma reação de oxirredução. Dê exemplos.** Assim, foi possível reunir informações sobre o modo como os participantes compreendem as

reações de oxirredução e sua capacidade de exemplificá-las.

Assim como nas questões anteriores, foram feitos recortes de trechos considerados importantes dentro do discurso escrito pelo estudante ao responder a Q03. Os recortes foram classificados e organizados de acordo com a similaridade das considerações explicitadas e foram ordenados nas quatro categorias descritas na Tabela 4. No total foram 36 recortes oriundos das respostas dos 23 participantes à questão. A Tabela 4 apresenta ainda os principais aspectos, observados nas respostas, que compõem cada categoria emergente.

A primeira categoria (K) traz recortes em que os sujeitos descrevem as reações de oxirredução como sendo aquelas onde ocorre transferência eletrônica ou troca de elétrons. Estes recortes trazem a ideia de que sem transferência eletrônica não ocorre reação de oxirredução, de que esta é a premissa para que aconteçam. São apresentados alguns recortes desta categoria:

A03: Reação de oxidorredução é considerada uma reação de transferência de elétrons de um metal para um “ametal” (...).

A05: Uma reação de oxido-redução ocorre quando há transferência de elétrons entre os átomos (...).

A09: Uma reação de oxirredução é aquela que ocorre por causa da troca de elétrons entre os compostos envolvidos (...).

A ideia de que a transferência eletrônica é uma característica que define as reações de oxirredução é de grande coerência. Entre outros este é um dos fatos que está envolvido nesse tipo de reação. Entre as principais dificuldades encontradas no aprendizado de oxirredução, uma das dificuldades conceituais já levantadas está a identificação do processo de transferência de elétrons. (TREAGUST e JONG, 2002) Os recortes que foram transcritos são de grande importância e se destacaram entre os demais, o primeiro, do A03 apresenta a ideia de transferência eletrônica associada a uma confusão conceitual. As relações entre metal e ametal são largamente discutidas no contexto das ligações químicas, e não foi possível entender com clareza a colocação do sujeito, principalmente quando utilizou a palavra ametal entre aspas, ficou a impressão de uma confusão com o modo como o conceito de ligação iônica é apresentado em livros didáticos. Vale ressaltar que o sujeito em questão já era graduado em Química no momento em que respondeu ao

teste, conforme Tabela 1. Os outros dois recortes transcritos não deixam claro o modo como ocorre a transferência eletrônica, apenas destaca que isso ocorre entre átomos em um dos casos, e entre compostos no outro. Em geral, quando os livros didáticos apresentam as reações de oxirredução como aquelas em que há transferência eletrônica o termo usado para identificar quem está trocando os elétrons é “espécies”, de modo a generalizar a definição.

A segunda categoria (L) agrupa dois aspectos de recortes diferentes. O primeiro aspecto é de recortes onde a ideia central é de que reações de oxirredução podem ser definidas como aquelas onde há um reagente que recebe e/ou um que doa elétrons. O segundo aspecto une os recortes onde existe a ideia de que reações de oxirredução são aquelas onde algum reagente sofre oxidação e/ou um reagente sofre redução. Para ambos os aspectos foram encontrados recortes em que se falou apenas de um reagente sofrendo oxidação, redução, ganho ou perda de elétrons. Estes últimos casos não mostram a existência de um par redox. Outra vez são apresentados recortes que ilustram a categoria:

A02: Uma reação de oxirredução é uma reação em que uma espécie química sofre oxidação, ou seja, perde elétrons, e outra espécie sofre redução, ou seja, ganha elétrons.

A10: Uma reação de oxirredução é aquela em que um elemento doa ou recebe elétrons de acordo com sua “tendência natural”.

A23: Reação de oxirredução é aquela que o oxigênio de uma determinada substância se reduz ou se oxida.

Estes recortes podem ser alocados no contexto das partículas que compõe a matéria como dito por Treagust e Jong (2002), e as dificuldades encontradas se classificam como conceituais para os casos onde é perceptível que o sujeito não entende a dependência mutua das reações de oxidação e redução. O primeiro recorte mostra a compartimentalização destes processos, o sujeito traz dois fatos e os apresenta de modo distinto, ou seja, fala que existem oxidação e redução e não deixa claro se entende ambos os processos como mútuos e interdependentes. Essa ideia de que o processo ocorre individualmente é ainda mais evidente no segundo recorte transcrito quando o sujeito deixa claro que apenas um dos processos acontece. E o ultimo recorte se insere no contexto fenomenológico onde a ideia de

oxirredução está associada ao elemento oxigênio.

A terceira categoria (M) reuniu dois aspectos distintos, o primeiro agrupou os recortes onde a variação de NOX ou de número de oxidação de um ou mais reagentes são usados para definir uma reação como de oxirredução, enquanto o segundo sugere que uma reação de oxirredução é aquela onde um ou mais reagentes sofrem variação de carga no processo. Assim como na categoria (L) anterior, em alguns casos os sujeitos não deixaram claro se é necessária a existência de um par redox. São apresentados alguns recortes que retratam a categoria:

A06: (...) É uma transferência de elétrons onde ocorre alteração nas cargas dos elementos químicos (...).

A11: Reação de oxirredução é aquela em que ocorre alteração do numero de oxidação.

A30: Uma reação de oxirredução é aquela onde ocorre uma variação de carga (ou carga parcial) dos elementos que estão reagindo (variação do estado de oxidação) (...).

As respostas desta categoria são condizentes com dois contextos onde os conceitos de eletroquímica adquirem significado. No contexto de cálculos quando se trata de aumento ou diminuição do numero de oxidação e/ou variação de carga, e no contexto das partículas quando os sujeitos associam tais variações à variação eletrônica. Além disso, faz parte da lista de dificuldades conceituais a significação e determinação dos números de oxidação. (TREAGUST e JONG, 2002)

Por fim, a quarta categoria (A) pode ser igualmente descrita como nas questões anteriores. Desta vez apenas uma resposta foi classificada nesta categoria e o recorte é apresentado a seguir:

A11: Não sei/lembro

Foi possível perceber um aumento no nível de coerência nas respostas desta questão (Q03) a compará-las às respostas das questões anteriores. Os participantes encontram menor dificuldade quando tratam de reações químicas em um contexto específico. Utilizam aspectos aceitáveis ao descrever as reações de oxirredução,

mesmo que de modo incompleto ou com pouca coerência, a maior parte dos participantes foi capaz de responder no contexto pedido. O direcionamento da reflexão proposta pelo TI para a esfera da eletroquímica continuou com a Q04 onde foi pedido: ***Como podemos saber se uma reação de oxirredução é ou não espontânea? Há critérios específicos para este caso? Quais?*** Esta questão trata dos mesmos conceitos avaliados na Q01 e Q02 mas desta vez de modo pontual, no contexto da eletroquímica. A organização dos dados desta questão foi feita do mesmo modo que nas anteriores, a leitura e classificação das respostas originaram 24 recortes que foram destacados em busca de similaridades e de padrões expressivos. Isso possibilitou a criação de quatro categorias pertinentes, as quais são apresentadas na Tabela 5.

A primeira categoria (N) agrupou recortes onde estava presente a ideia de que para se conhecer a espontaneidade das reações de oxirredução se faz necessário conhecer os potenciais das semi-reações e compará-los entre si, determinar a diferença de potencial (ddp, força eletromotriz, fem, variação de potencial, ΔE) e basear-se nestes fatores para determinar a ocorrência da reação. A seguir é apresentada a transcrição de alguns recortes:

A02: (...) Se a *diferença de potencial na reação for positiva, a reação é espontânea, se for menor que zero, não é espontânea.*

A12: *Podemos saber se uma reação de oxirredução será ou não espontânea observando a variação do potencial resultante da diferença entre os E°_{red} das substancias que ganham e perdem e^{-} . Se $\Delta E > 0$, a reação será espontânea.*

A18: *Para sabermos se a reação de oxirredução é ou não espontânea observamos a diferença de potencial dos metais escolhidos.*

A segunda categoria (O) desta questão traz recortes de respostas que utilizaram o potencial de redução e/ou o potencial de oxidação como critérios. Alguns dos recortes agrupados nesta categoria falaram sobre o uso da tabela de potenciais como critério ou ainda análise do potencial dos participantes da reação. Para retratar melhor a categoria são apresentados alguns dos recortes nela agrupados:

A05: *Medindo-se os potenciais de redução e oxidação.*

A08: (...) *na oxirredução, pode-se antes analisar o potencial de redução das*

espécies na reação.

A22: Podemos saber através dos valores de potencias de redução de cada reação (...).

Estes recortes trouxeram ideias mais superficiais e sem qualquer domínio das ferramentas que utilizaram como critério. Nestes casos não há evidências de que os sujeitos sabem usar as informações citadas em suas respostas. Ficou a impressão de que associam tais ferramentas a este tipo de reação, que em alguma situação as utilizaram neste contexto, mas que no momento do teste estavam inseguros e incertos sobre como elas poderiam ser aplicadas. Destaca-se a resposta rasa dada pelo A08, já graduado, como pode ser contemplado na Tabela 1 já discutida anteriormente.

A terceira categoria (P) traz recortes onde os sujeitos fazem observações ou análises do sistema como critérios para determinar a espontaneidade da reação. Usam da observação do processo em si ou análise dos participantes da reação e do comportamento das propriedades físicas e das variáveis do sistema para fazer as predições. Outra vez se faz necessário apresentar alguns recortes contemplados na categoria:

A03: Podemos saber através do contato entre elas verificando através de um voltímetro sua transferência de elétrons, não havendo tal transferência podemos verificar se após o uso de um agente externo a ela, começa-se a observar a transferência de elétrons, tal como aumento de concentração de pressão ou temperatura, uso de catalisador indução de uma segura quantidade de eletricidade.

A06: A partir da análise do agente redutor e do agente oxidante.

A17: A reação será espontânea se ela ocorrer sem a necessidade de influências externas, como a temperatura ou a pressão.

Esta categoria (P) é bastante semelhante à categoria (H) da Q02, onde os sujeitos disseram ser necessários observar o meio reacional ao longo do tempo e as possíveis variações de propriedades para prever a ocorrência da reação de um modo espontâneo. Este tipo de observação e análise é comum no contexto da cinética química e quando se faz necessário determinar a rapidez da reação ou como tais fatores a afetam. Novamente vê-se a necessidade de destacar a resposta

imatura do A03, já graduado, conforme apresentado na Tabela 1.

A quarta categoria (A) é idêntica às categorias de mesma legenda apresentadas anteriormente. Desta vez houve seis recortes/respostas classificados nesta categoria.

Tabela 4: Classificação das respostas à Questão 3 do Teste Inicial em categorias significativas.

CATEGORIA (Identificação)	PRINCIPAIS ASPECTOS OBSERVADOS NAS RESPOSTAS	Recortes
Transferência (K)	Os participantes definem a reação de oxirredução como aquelas em que há transferência de elétrons ou troca de elétrons.	10
Ganhar/Perder (L_1) ou Oxidar/Reduzir (L_2)	Define reação de oxirredução de acordo com o comportamento dos reagentes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Algum reagente ganha/recebe/capta/consome elétrons; ▪ Algum reagente perde/doa/libera/envia elétrons; ▪ Algum reagente oxida ou se comporta como agente redutor; ▪ Algum reagente reduz ou se comporta como agente oxidante. 	15
Variação de NOX (M_1) ou Variação de carga (M_2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trata a reação de oxirredução como aquela onde um ou mais reagentes sofrem variação de NOX ou número de oxidação. ▪ As respostas mostram a variação de carga de um ou mais reagentes como critério para classificar a reação como de oxirredução. 	10
Confusão conceitual (A)	Nas respostas percebe-se que o participante não sabe ou apresenta tal alegação, não entendeu a pergunta, a resposta está inconclusiva ou o aluno não respondeu.	1

Tabela 5: Classificação das respostas à Questão 4 do Teste Inicial em categorias significativas.

CATEGORIA (Identificação)	PRINCIPAIS ASPECTOS OBSERVADOS NAS RESPOSTAS	Recortes
Diferença de Potencial (N)	As respostas mostram um entendimento mais consistente e tratam de: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Comparar potenciais; ▪ Diferença de potencial (ddp), força eletromotriz (fem) ou variação de potencial (ΔE). 	8
Potencial (O)	As respostas sempre apresentam critérios como: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencial (às vezes padrão) de redução, potencial de oxidação; ▪ Uso da tabela de potenciais e/ou análise do potencial dos reagentes/participantes. 	5
Observação ou Análise Experimental (P)	Usa da observação de um processo, análise dos participantes da reação e do comportamento das propriedades físicas e variáveis do sistema para fazer previsões.	5
Confusão conceitual (A)	Nas respostas percebe-se que o participante não sabe ou apresenta tal alegação, não entendeu a pergunta, a resposta está inconclusiva ou o aluno não respondeu.	6

3.1.1.2. QUESTÃO DISSERTATIVA COM USO DE IMAGEM

A grande maioria dos livros didáticos, ao tratar os conceitos de célula galvânica e célula eletrolítica, faz uso de imagens que representam os processos eletroquímicos envolvidos. Não só os materiais didáticos usam este artifício, professores também o fazem em uma tentativa de ilustrar ou representar um processo rico em detalhes. Os principais aspectos envolvidos nos processos eletroquímicos são de nível microscópico, ou seja, mesmo que seja construída uma célula para a discussão dos conceitos, visualmente, não é possível contemplar tudo o que está envolvido.

Na quinta questão do teste inicial (Q05) fez-se uma tentativa de coletar informações sobre como os sujeitos entendem os aspectos microscópicos das células eletroquímicas. Foram apresentadas imagens que ilustram os processos de Figura 3a uma célula eletrolítica e Figura 3b uma célula galvânica e foi pedido: ***Nas figuras abaixo são representados dois processos eletroquímicos, uma célula galvânica (pilha) e uma célula eletrolítica. Para cada uma das figuras escreva um pequeno texto descrevendo tudo que ocorre no processo em questão.*** A Figura 3 é uma reprodução das imagens que seguiram esta questão.

Figura 3: Imagens que acompanharam a Q05 do Teste Inicial

A organização dos dados desta questão iniciou com repetidas leituras das respostas. Ao longo dessas leituras ideias de organização surgiram lentamente até que se perceberam duas formas claras de se expressar utilizadas pelos sujeitos, foram percebidos basicamente dois tipos de proposições inseridas nas respostas: proposições que reproduziam e outras que extrapolavam as imagens. Então cada um destes tipos de proposição foi entendido em um nível. Surgiram assim os níveis de *Reprodução* e de *Extrapolação*.

É importante que se esclareça a diferença entre os níveis presentes nas respostas. As proposições do nível *Reprodução* são entendidas como leitura literal de informações presentes na Figura apresentada na questão, assim, trata-se de uma descrição da imagem. Estas proposições são uma tradução da imagem gráfica para oração escrita. Já as proposições do nível *Extrapolação* trazem informações que vão além da imagem, são interpretações que o sujeito dá àquilo que vê na Figura.

Pensando melhor sobre os níveis de proposição e sobre como poderiam ser organizadas as respostas foi decidido fazer um levantamento de todas as proposições e separá-las nos dois níveis: *Reprodução* e *Extrapolação*. Percebeu-se então a previsibilidade das proposições do nível *Reprodução*, afinal tratava-se de descrições e traduções da imagem apresentada. Partindo desta percepção foi criada uma lista com as proposições entendidas como possíveis para descrever a Figura apresentada na questão, esta lista foi usada posteriormente como ferramenta para a análise das respostas dos participantes. O desenvolvimento desta lista de proposições de *Reprodução* se deu através da transcrição das informações visuais, presentes na Figura, para a forma escrita. A transcrição originou a lista de proposições em que cada uma está focada em um detalhe ou informação diferente. Esta lista não é influenciada pelas respostas dos sujeitos, pois, entende-se que, independente de tê-las visto ou descrito, as informações estavam presentes e à disposição na forma de imagem. Esta lista foi classificada como sendo de *Reprodução*, pois trata de uma transcrição de informações, antes escrita em uma linguagem e agora traduzida para outra.

Enquanto as proposições do nível *Reprodução* eram previsíveis e puderam ser elencadas a priori, as do nível *Extrapolação* são proposições emergentes levantadas da leitura das respostas dadas pelos sujeitos. Além do processo já descrito, fizeram-se exaustivas leituras das descrições dadas pelos sujeitos e, a

partir destas leituras, foi levantada uma segunda lista de proposições. Esta lista consiste de proposições que contemplam características das células eletroquímicas que não foram abrangidas visualmente na Figura. Trata-se de proposições que vão além da imagem, são interpretações e conclusões sobre a mesma, assim, pode-se dizer que esta é uma lista de *Extrapolação*.

Na organização dos dados coletados na Q05 as respostas foram divididas em duas partes, a descrição do processo envolvido na célula eletrolítica (Figura 3a) constitui a primeira enquanto a segunda se refere ao processo envolvido na célula galvânica (Figura 3b). Para ambos os casos o processo de análise foi independente, mas idêntico. Será apresentado a seguir a organização dada para as informações coletadas e o tratamento dos dados, iniciando pela célula eletrolítica e seguindo com a célula galvânica.

CÉLULA ELETROLÍTICA

A organização dos dados referentes à célula eletrolítica iniciou com a elaboração das listas de proposições. Inicialmente fez-se a lista de *Reprodução* referente à Figura 3a, em seguida, depois de repetidas leituras foi feito um levantamento das proposições que extrapolavam as informações presentes na imagem, estas proposições deram origem à lista de *Extrapolação*. Estas listas, utilizadas posteriormente para orientar o tratamento dos dados coletados, são apresentadas na Tabela 6.

Como já dito, as listas de proposições foram criadas com base nas respostas de todo o grupo de participantes, estas listas foram reservadas e outra vez voltou-se para as respostas dos sujeitos. Desta vez foi feito o levantamento de proposições de cada sujeito individualmente, o que deu origem a 23 listas de proposições distintas. Vale ressaltar que as listas se distinguiram das mais diversas formas, entre elas a quantidade de proposições listadas e a tendência de discurso. Com a lista geral de proposições em mãos (Tabela 6), foi feita uma comparação com a lista de cada sujeito, um a um, para separar as proposições dos sujeitos nos níveis de *Reprodução* e *Extrapolação*, a fim de que fossem classificadas na dimensão

adequada. Com isso foi possível perceber as tendências de cada participante individualmente, essas listas individuais, com as proposições já dimensionadas deu origem à Figura 4, que independe do número de proposições apresentadas por cada sujeito.

Tabela 6: Lista de proposições que descrevem o processo ocorrido em uma Célula Eletrolítica

Reprodução	(01) Ânodo é o polo positivo
	(02) Cátodo é o polo negativo
	(03) Ânodo sofre oxidação
	(04) Cátodo sofre redução
	(05) Cátions migram para o ânodo
	(06) Ânions migram para o cátodo
	(07) Usa fonte de corrente
	(08) Elétrons vão do ânodo para o cátodo
	(09) Magnésio sólido é depositado no cátodo
	(10) Cloro gasoso se desprende no ânodo
	(11) Os eletrodos são imersos em um eletrólito
Extrapolação	(12) A passagem de corrente possibilita a reação
	(13) Diferença de potencial menor que zero
	(14) A reação que ocorre na célula ou o processo em si não é espontâneo
	(15) Ânodo é o agente redutor
	(16) Cátodo é o agente oxidante
	(17) Usam-se eletrodos inertes
	(18) É o processo contrario a pilha
	(19) $2\text{Cl}^-(aq) + \text{Mg}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Cl}_2(g) + \text{Mg}(s)$ é a reação global
	(20) Oxidação perde/doa/fornece elétrons
	(21) Redução ganha/recebe/consome elétrons
	(22) Na célula eletrolítica ocorre eletrólise

Através da análise das respostas de cada participante, individualmente, foi possível calcular quanto de sua resposta foi *Reprodução* e quanto foi *Extrapolação*. Considerando-se, portanto, o total de proposições de cada sujeito como 100% de sua resposta e comparando os números de proposições de *Reprodução* a este total, é possível conhecer a tendência percentual de *Reprodução* deste indivíduo. O mesmo pode ser feito em relação à tendência de *Extrapolação*. Feito isso para cada participante foi possível construir uma régua de tendências de cada indivíduo. Estas régua, todas de tamanho idêntico, são apresentadas na Figura 4. Olhando para a Figura 4 é perceptível que algumas régua estão mais deslocadas para a esquerda,

o que significa que o sujeito apresentou uma tendência reprodutiva maior, para aqueles que se deslocaram mais à direita a tendência é extrapolativa.

Figura 4: Tendência de *Reprodução* e *Extrapolação* nas descrições da Célula Eletrolítica

As linhas da Figura 4 ilustram a divisão das respostas dentro das dimensões de *Reprodução* e *Extrapolação* de cada um dos sujeitos. No caso dos participantes A15 e A19 não há barra representando suas respostas na Figura 4, pois, em um dos casos não houve resposta e no outro a resposta foi classificada como incoerente.

Como contemplado na Figura 4, pode-se perceber uma forte tendência de *Reprodução* nas descrições que os sujeitos fizeram da célula eletrolítica. É impossível calcular a quantidade de proposições possíveis para descrever o processo de uma célula eletrolítica que poderiam ser alocadas dentro da dimensão de *Extrapolação*. Este fato em muito se difere no que se refere às possibilidades de proposição de *Reprodução*. Como as proposições reprodutivas são limitadas é possível dizer que um sujeito fez 100% da descrição da Figura caso ele apresente todas as proposições de *Reprodução* possíveis. Baseando-se nesta possibilidade foi justificável calcular o quanto cada participante foi capaz de reproduzir a imagem apresentada. Para isso foi comparado o número total de proposições de *Reprodução* existentes (Tabela 6) ao número de proposições desta dimensão presentes na lista de cada sujeito individualmente, assim foi criada uma escala de

Reprodução apresentada na Figura 5.

Figura 5: Escala de *Reprodução* da célula eletrolítica pelos participantes do estudo.t

Na escala de reprodução apresentada na Figura 5 cada um dos diversos pontos espalhados representa um dos sujeitos participantes da pesquisa. É nítida uma concentração maior de pontos abaixo dos 50% de *Reprodução*. Tal fato pode estar associado à dificuldade dos sujeitos de fazer a leitura de imagens e/ou transcrição das informações que nela são apresentadas. Outro fato que pode ter contribuído para este resultado é a desatenção dos sujeitos aos detalhes da figura e o que eles significam dentro do processo ilustrado. A seguir é apresentado o tratamento do restante dos dados coletados nesta questão, agora os referentes à Figura 3b, célula galvânica.

CÉLULA GALVÂNICA

Para ambas as células eletroquímicas apresentadas na Q05 foi adotado o mesmo método de organização e análise das informações coletadas. Logo, o

processo descrito anteriormente para a célula eletrolítica (Figura 3a) se repetiu na análise dos dados referentes à célula galvânica (Figura 3b). Ou seja, inicialmente foram elencadas as proposições de cada sujeito para depois compara-las à lista geral elaborada a partir da *Reprodução* da imagem e da totalidade de proposições de *Extrapolação* encontradas. A lista geral de proposições para a célula galvânica é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7: Lista de proposições que descrevem o processo ocorrido em uma Célula Galvânica

Reprodução	(01) Ânodo sofre oxidação
	(02) Cátodo sofre redução
	(03) Uma ponte salina é usada para conectar as soluções
	(04) Uma ponte salina é usada para fechar o circuito
	(05) Elétrons vão do ânodo para o cátodo
	(06) Metal no ânodo sofre corrosão
	(07) Metal no cátodo sofre deposição
	(08) Cátions metálicos são formados na semicélula do ânodo
	(09) Cátions metálicos são consumidos na semicélula do cátodo
	(10) É usado um resistor para medir a diferença de potencial da pilha
	(11) Metal sólido está imerso em solução de seu íon correspondente
	(12) Cada barra metálica está imersa em uma solução diferente
Extrapolação	(13) Gera-se uma corrente elétrica e/ou energia
	(14) Ocorre um desequilíbrio de cargas nos eletrólitos
	(15) A ponte salina reestabelece o equilíbrio de carga dos eletrólitos
	(16) A reação que ocorre na célula ou o processo em si é espontâneo
	(17) A ponte salina contém solução salina, geralmente KCl
	(18) Existe uma diferença de potencial positiva
	(19) Cátodo tem maior potencial de redução que ânodo
	(20) Cátions migram para o cátodo
	(21) Cátions se desprendem do ânodo
	(22) Metal do ânodo perde massa
	(23) Metal do cátodo aumenta massa
	(24) Oxidação perde/doa/fornece elétrons
	(25) Redução ganha/recebe/consome elétrons
	(26) Cátodo é o polo positivo da célula
	(27) Ânodo é o polo negativo da célula
	(28) Cátodo é o agente oxidante
	(29) Ânodo é o agente redutor
	(30) O Resistor mede a intensidade de corrente

Assim como feito para os dados referentes às células eletrolíticas, para as células galvânicas também foi feita uma lista de proposições para cada indivíduo e contabilizadas as proposições de *Reprodução* e de *Extrapolção* foi possível delinear o perfil de cada indivíduo diante destas dimensões possibilitando a visualização de suas tendências. A Figura 6 mostra os perfis dos sujeitos no âmbito das dimensões de *Reprodução* e *Extrapolção*. No caso dos alunos A06, A11 e A22 não foram encontradas ideias que se assemelhassem às proposições da Tabela 7, os sujeitos não souberam responder, deixaram em branco ou apresentaram respostas indecodificáveis, ou ainda, trouxeram ideias incoerentes com o que foi solicitado pela questão, impossibilitando esta fase de tratamento dos dados.

Figura 6: Tendência de Reprodução e Extrapolção nas descrições da Célula Galvânica

Os sujeitos passaram entre as dimensões de *Reprodução* e *Extrapolção* ao longo de seus discursos. Cada ideia associada a uma das proposições da Tabela 7 foi contabilizada para ilustrar as tendências apresentadas pelos sujeitos. Conforme a Figura 6 ilustra, não há predominância de uma dimensão específica na descrição dos participantes. Mas há que se destacar o quão infinitas são as possibilidades de *Extrapolção* ao compará-las às de *Reprodução*. Como as respostas reprodutivas poderiam contemplar até 12 aspectos, listados na forma de proposição na Tabela 7,

foi possível criar uma escala de *Reprodução* ilustrada na Figura 7. De acordo com a escala, em que cada aluno participante é representado por um ponto, quanto mais alto estiver maior sua eficiência na transcrição das informações sobre o fenômeno, do contrário, menos informações disponíveis foram aproveitadas no discurso.

Figura 7: Escala de Reprodução da célula galvânica pelos participantes do estudo.

No caso das células galvânicas se repete o fato observado nas células eletrolíticas de um modo ainda mais evidente agora. A Figura 7 mostra que todos os sujeitos estão em uma faixa de *Reprodução* abaixo dos 50%, reafirmando uma dificuldade em transcrever as informações da imagem para a forma escrita.

3.1.2. TESTE FINAL

Transcorrido todo o método e a abordagem descritos no Capítulo 2, em um momento posterior ao quarto encontro, foi aplicado o teste final (Apêndice E). O TF consistiu de uma série de quatro questões onde se pretendeu avaliar as habilidades desenvolvidas pelos sujeitos no que se referem à eletrólise, células eletrolíticas e

suas aplicações. As questões foram precedidas de um pequeno texto introdutório onde a intenção era situar o sujeito em um novo contexto de aplicação dos conceitos que o caso abordava. Segue o texto: ***Uma indústria pretende produzir peças plásticas revestidas com camadas metálicas. Sabe-se que a indústria possui eletrodos de platina, utilizados nos processos de galvanoplastia como eletrodo inerte. O projeto das novas peças diz que o revestimento será composto de três camadas de diferentes metais, sendo eles: Ag, Ni e Zn.***

Dados:

QUESTÃO 01

A primeira questão do TF (Q01TF); que, na sequência do teste, foi apresentada logo depois do texto introdutório; buscava saber se os participantes eram capazes de efetuar os cálculos de diferença de potencial de um par eletrolítico. Mesmo sendo uma atividade mecanicista, é interessante saber o nível alcançado pelo sujeito ao fim da intervenção. Esta habilidade pode ser entendida como o primeiro degrau de uma escada, para subir é necessário passar por ele de qualquer modo. Portanto, a questão foi feita do seguinte modo: ***Sabendo que cada camada de revestimento se forma a partir de uma reação de oxirredução entre um par eletrolítico. Calcule a diferença de potencial para cada par eletrolítico presente no projeto da nova peça.***

Os diferentes tipos de resposta para esta questão puderam ser divididos em cinco grupos, a saber:

Cálculos coerentes (12 respostas): A Figura 8 mostra dois exemplos de respostas que estão incluídas neste grupo. Encaixaram-se aqui os sujeitos que conseguiram efetuar os cálculos solicitados na questão, e que em alguns casos, extrapolaram o que foi pedido e fizeram o correto balanceamento e

representação da reação global de oxirredução.

Figura 8: Respostas dos participantes A02 e A13 para a Q01TF

Sobre as respostas desta categoria, vale ressaltar o caso do A08, que como já descrito na Tabela 1, trata-se de um sujeito já graduado na área. As respostas desta categoria mostram que os sujeitos conseguiram desenvolver a habilidade requerida pela questão e se mostraram capazes de efetuar de um modo satisfatório

os cálculos solicitados.

Cálculos incoerentes (06 respostas): No caso deste grupo de respostas os sujeitos não souberam aplicar corretamente os conceitos, envolvidos no caso investigativo, para efetuar de maneira eficiente os cálculos e determinar a diferença de potencial dos pares eletrolíticos propostos. Todas as respostas trouxeram uma tentativa que se mostrou falha ou incoerente. A Figura 9 mostra uma das respostas classificadas neste grupo.

Figura 9: Resposta do participante A16 para a Q01TF

A resposta do A16, usada para ilustrar a categoria, mostra que ele foi capaz de identificar os pares corretos, mas não foi capaz de identificar quem sofre oxidação e quem sofre redução, ou mesmo que tenha sido capaz de reconhecer tal informação se mostrou incapaz de utilizar esta informação corretamente no momento em que respondeu ao teste.

Pares eletrolíticos equivocados (04 respostas): Aqui os sujeitos apresentaram dificuldade no entendimento da questão, não houve uma interpretação

acertada dos aspectos que estavam sendo pedidos. Os sujeitos fizeram pares eletrolíticos diferentes dos propostos na questão, houve dois tipos de situação: Formação de pares entre os metais (02 respostas) e formação de pares eletrolíticos que foram entendidos como aleatórios (02 respostas). A Figura 10 apresentada a seguir traz um exemplo de resposta para esta categoria onde o sujeito formou pares metálicos.

Figura 10: Resposta do participante A22 para a Q01TF

O exemplo apresentado na Figura 10 demonstra uma das confusões conceituais que mais se repetiram ao longo do estudo. O sujeito deixa a impressão de que somente entre pares metálicos se faz possível a ocorrência de uma reação de oxirredução. Isso demonstra uma dificuldade de compreensão que pode estar relacionada ao fato de acreditarem que apenas metais são capazes de efetuar trocas eletrônicas. Sobre os sujeitos que formaram pares aleatórios, não foi possível identificar a concepção dos sujeitos a respeito de como entendem a ocorrência das reações.

Confusão com grandeza extrínseca (01 resposta): Um caso especial de

resposta chamou muita atenção, o aluno fez uma grande confusão conceitual. O A07 efetuou o balanceamento de cargas das semi-reações para compor a reação global de oxirredução, com isso, foi necessário multiplicar proporcionalmente os coeficientes estequiométricos, e, com uma provável influencia de habilidades mecânicas relacionadas às reações termoquímicas e à Lei de Hess, fez as mesmas multiplicações com os valores de potencial padrão de redução. Diferentemente de entalpia, que é uma grandeza extensiva, o sujeito desconhecia a natureza intensiva do potencial eletroquímico. A Figura 11 mostra os cálculos apresentados na resposta do sujeito.

A07

$$E_1 = 0,799 \cdot 4 - 1,229 = 1,967 \text{ V} \quad (\text{Ag})$$

$$E_2 = -0,257 \cdot 2 - 1,229 = -2,743 \text{ V} \quad (\text{Ni})$$

$$E_3 = -0,763 \cdot 2 - 1,229 = -2,755 \text{ V} \quad (\text{Zn})$$

Figura 11: Resposta do participante A07 para a Q01TF

Não sabe ou não respondeu (01 resposta): Houve ainda um sujeito que não apresentou resposta para a questão, é importante salientar que os alunos foram orientados a responder a todas as questões do modo mais completo possível e caso não soubessem toda a resposta, que apresentassem o raciocínio até onde conseguissem.

QUESTÃO 02

A segunda questão do TF, diferente da primeira que testou uma habilidade mecânica, buscou saber se os participantes sabiam interpretar os cálculos efetuados na primeira questão, este seria o segundo degrau da escada. A questão foi

apresentada do seguinte modo: ***As reações de oxirredução envolvidas no processo de revestimento são espontâneas? Qual o potencial que deve ser aplicado para que ocorra o revestimento de Ag na peça caso a reação não seja espontânea? E de Ni? E de Zn? Justifique sua resposta.*** Esta foi uma questão composta que não visava apenas a interpretação dos cálculos para predizer a ocorrência da reação, uma habilidade bastante importante no âmbito da eletroquímica, mas também a capacidade de pré-estabelecer o potencial a ser aplicado para possibilitar a ocorrência da reação.

A análise desta questão foi feita em duas etapas. A primeira etapa consistiu em separar as respostas em duas classes: uma daquelas que descreveram as reações envolvidas no processo de revestimento como sendo espontâneas, e outra dos que entenderam como não espontâneas. Na segunda etapa, para cada uma das classes de resposta, se fez um tratamento mais detalhado dos dados. As respostas foram subdivididas de acordo com a semelhança de ideias apresentadas.

Para aqueles que classificaram as reações do processo como não espontâneas (15 participantes) foram constatadas três categorias de respostas. A primeira categoria (A) compreende os participantes que não só entenderam que, realmente, o processo não é espontâneo, mas ainda foram capazes de dizer que para possibilitar a ocorrência da reação é necessário aplicar uma corrente com potencial superior ao calculado anteriormente. Assim, percebem que não basta aplicar um potencial igual, pois nada ocorreria, o potencial deve superar o calculado para que inicie a reação e a deposição. A Figura 12 mostra uma das respostas como forma de retratar a categoria.

Figura 12: Resposta do participante A01 para a Q02TF

A segunda categoria (B) compreende as respostas onde os sujeitos também entenderam os processos como não espontâneos, porém, ao se referir à ocorrência da reação, não mostraram completo domínio dos conceitos ao dizer que é necessário que seja aplicado um potencial *igual* ao calculado. Ao não perceber a necessidade de se superar o potencial calculado para a ocorrência da reação, o aluno mostra não entender que é possível se estabelecer um equilíbrio no processo em questão. Com o potencial igual ao calculado aplicado à reação nada acontece no sistema, pois, ainda não há energia necessária para superar a força contrária à reação. A Figura 13 mostra uma resposta que foi classificada nesta categoria com intuito de ilustrá-la e facilitar o entendimento da mesma.

Figura 13: Resposta do participante A17 para a Q02TF

E a terceira categoria (C) de respostas é composta pelos sujeitos que se limitaram a entender que o processo não é espontâneo e justificaram suas escolhas com base na diferença de potencial negativa ou em uma maior tendência de oxidação dos metais frente a possibilidade de redução. A quantidade de respostas compreendidas por cada categoria está representada na Tabela 8, bem como a Figura 14 apresenta uma das respostas classificadas nesta categoria.

A06

As reações de oxidação não são espontâneas pois há uma diferença de potencial negativa no processo de revestimento. A diferença de potencial dos metais são as seguintes: $E^{\circ} = -2,1028$ para Ag, $E^{\circ} = -1,486$ para Ni e $E^{\circ} = -1,992$ para Zn.

Figura 14: Resposta do participante A06 para a Q02TF

Aqueles que, de uma maneira equivocada, entenderam as reações envolvidas no processo como espontâneas foram classificados e agrupados de acordo com semelhança de concepções e ideias formando duas categorias distintas de respostas (08 participantes). Na primeira (D), estão compreendidos os sujeitos que mostraram ter sido induzido ao erro por ter feito os cálculos de um modo equivocado na Q01 do TF, ou seja, interpretaram corretamente cálculos incoerentes. A Figura 15 mostra a resposta de um dos sujeitos para as questões Q01 e Q02 do TF, de modo que possibilita a visualização da interferência dos cálculos equivocados da primeira na resposta da segunda.

A04

Q01

DDp: $E_{\text{oxida}} - E_{\text{reduz}}$

J- $DDp = E_{\text{oxida}} - E_{\text{reduz}}$

Reduz Oxida ~~Reduz Oxida~~

Zinco e H_2O $DDp = 1,229 - (-0,763) = +1,992V$

Níquel e H_2O $DDp = 1,229 - (-0,257) = +1,486V$

Ag⁺ e H_2O $DDp = 1,229 - (0,799V) = +0,430V$

Q02

Z- Sim, todas são espontâneas. Caso a reação não seja espontânea deve-se aplicar uma ~~DDp~~ nova DDp calcular a diferença entre os Potenciais de Oxidação e Redução dos elementos e aplicar uma DDp um pouco maior da calculada, o mesmo segue para os 3 elementos

Figura 15: Resposta do participante A04 para as questões 01 e 02 do TF

A segunda categoria (E) compreendeu os sujeitos que mostraram não entender o enunciado do teste e ou mesmo a própria questão, aqueles que foram incapazes de interpretar o problema ou não responderam o que foi pedido, uma das respostas é apresentada na Figura 16 para facilitar o entendimento da categoria. A Tabela 8 traz essas informações já descritas de uma maneira simplificada, bem como a quantidade de resposta que se encaixa em cada categoria discutida no texto.

Figura 16: Resposta do participante A10 para a Q02TF

Tabela 8: Classificação das respostas à Questão 2 do Teste Final em categorias significativas.

Não espontânea	(A)	Potencial superior ao calculado	08
	(B)	Potencial igual ao calculado	04
	(C)	Limitou-se a dizer que não é espontânea	03
Espontânea	(D)	Induzidos ao erro	04
	(E)	Não corresponde ao que foi pedido	04

QUESTÃO 03

Dentre os objetivos do uso de casos investigativos no ensino está a oportunidade de resolver um problema real, trata-se de uma forma de desenvolver habilidades úteis que possam ser transpostas e aproveitadas em outras situações do cotidiano. Visando verificar a capacidade dos sujeitos de transpor o conhecimento e usar aprendizados anteriores em situações novas foi elaborada a terceira questão do TF. Esta questão traz um problema novo onde, assim como no EC, os participantes do estudo deveriam estabelecer a ordem de descarga dos íons metálicos comparando os potenciais de redução dos metais em questão. Para isso

perguntou-se: ***Em um banho onde íons Ni^{2+} , Zn^{2+} e Ag^+ estão misturados, na presença de um ânodo de platina, onde a peça atua como cátodo, se for aplicado um potencial de 2,0V qual a ordem de redução dos metais. Justifique sua resposta.*** Se voltar à analogia da escada tem-se aqui o terceiro degrau, nesta questão tem-se novamente um banho com íons metálicos que precisam ser removidos da solução. A situação é idêntica à apresentada pelo caso, porém mudam-se agora os metais, ou seja, o mesmo problema com uma variável diferente.

No texto introdutório do teste foram apresentadas as semi-reações de redução dos três metais, bem como, os respectivos potenciais padrões de redução. Essas informações são suficientes para que os sujeitos comparem os metais entre si e estabeleça qual tem maior tendência de sofrer redução e em que ordem isso acontece à medida que se aumenta o potencial aplicado.

Pode-se perceber nas respostas desta questão uma homogeneidade maior do discurso se comparada às anteriores. Novamente, após uma leitura exaustiva das respostas foi possível classifica-las de acordo com a similaridade de ideias e tendências no discurso organizando-as em três categorias distintas.

A primeira categoria é composta por discursos coerentes onde os sujeitos foram capazes de estabelecer a ordem correta em que os metais sofrem redução. Os 12 sujeitos que tiveram suas respostas classificadas nesta categoria justificaram a ordem de dois modos distintos, a saber:

Justificativa 01 (10 sujeitos): Definiu a ordem de descarga dos íons metálicos baseando-se na grandeza do potencial padrão de redução.

Justificativa 02 (02 sujeitos): Definiu a ordem de descarga baseando-se nos cálculos de diferença de potencial efetuados na questão 01 do mesmo teste.

Figura 17: Respostas dos participantes A05 e A23 para a Q03TF

A Figura 17 traz duas respostas que se enquadram nesta categoria, elas ilustram perfeitamente os dois tipos de justificativas percebidas. Enquanto o A05 se encaixa no grupo que apresentou a *Justificativa 01*, o A23 tem resposta no estilo da *Justificativa 02*, usa a diferença de potencial (anteriormente calculada) para definir a ordem de deposição.

Não somente os participantes do estudo com as respostas que apresentaram a *Justificativa 02* foram influenciados pelos cálculos da Q01 do TF, a segunda categoria de respostas para esta questão traz outros 9 sujeitos que foram influenciados desse modo. Neste caso as respostas foram consideradas incoerentes, pois, os alunos não foram capazes de estabelecer a ordem correta em que os íons reduzem. Mas ao analisar outros aspectos destas respostas foi possível perceber que as respostas desta categoria foram influenciadas e consequentemente induzidas ao erro pela questão 01 onde, os sujeitos aqui agrupados, não efetuaram os cálculos de um modo eficiente e encontraram valores incorretos para a diferença de potencial.

A21

1) Usando a água como agente redutor, temos:

$\text{Ag} \rightarrow \Delta E = E_{\text{r}} - E_{\text{o}} \Rightarrow \Delta E = -1,229 - (-0,799) \Rightarrow \Delta E = -2,029 \text{ V}$

$\text{Ni} \rightarrow \Delta E = -1,299 - (-0,257) \Rightarrow \Delta E = -1,042 \text{ V}$

$\text{Zn} \rightarrow \Delta E = -1,299 - (-0,763) \Rightarrow \Delta E = -0,536 \text{ V}$

3) Como a peça vai estar atuando como cátodo, os íons da solução reduziriam e adeririam a essa peça.

Quando aplicado um potencial de 2V, os íons com menor potencial de redução reduziriam primeiro e com maior velocidade, pois estariam submetidos a uma tensão muito maior que a mínima necessária para que ocorra sua redução.

Portanto, a ordem de redução seria: Zn, Ni, Ag.

Figura 18: Respostas do A04 às questões 01 e 03 do TF

O aluno identificado como A21 traz uma resposta que representa perfeitamente esta categoria. Seu discurso e seus argumentos são completamente coerentes, então houve a necessidade de voltar às questões anteriores na busca de um motivo que justificasse a inabilidade de estabelecer a ordem correta de descarga, assim, foi possível estabelecer uma relação direta entre o erro conceitual da primeira questão com a resposta neste momento do teste. A Figura 18 mostra as respostas do sujeito para as questões 01 e 03 respectivamente.

Ainda, em se tratando de dificuldades conceituais, há o terceiro grupo de respostas. Nesta categoria estão classificadas as outras duas respostas restantes, onde os sujeitos demonstram em seu discurso confusão conceitual e uma aparente dificuldade de interpretação do texto introdutório do TF, bem como da questão em si. Aparentemente os sujeitos acreditam que a redução de um metal depende da oxidação de outro, imprescindivelmente, e que os processos eletrolíticos só ocorrem

com pares desta natureza, a Figura 19 mostra uma das respostas desta categoria. A Tabela 9 possibilita uma visão geral das respostas para esta questão.

Figura 19: Resposta do participante A06 para a Q03TF

Tabela 9: Classificação das respostas à Questão 3 do Teste Final em categorias significativas

Categoria	Descrição	Nº
Coerentes	Apresentam a ordem correta de redução dos metais e justificam de dois modos distintos: (1) Baseados no potencial de redução; (2) Baseados nos cálculos da Q01 do TF	12
Induzidas à incoerência	Foram induzidos ao erro pelos cálculos ineficientes efetuados na Q01 do TF	09
Incoerentes	Respostas incoerentes que apresentaram confusão conceitual	02

QUESTÃO 04

O topo da escada da analogia é alcançado quando há um novo problema, onde os conceitos são usados, as habilidades desenvolvidas são colocadas à prova. Com a quarta questão do TF muda-se dois aspectos do problema, o sujeito tem outra situação do cotidiano, ele tem que pensar para responder, ponderar as possibilidades. Não basta que o participante conheça a ordem de descarga, ele tem que pensar no processo industrial novamente, e agora a situação é diferente do que foi no caso investigativo. Dada a questão: **No projeto há uma ordem pré-definida**

para as camadas de metal na peça, sendo a primeira de níquel, a segunda de zinco e a última de prata. O que a empresa deve fazer para que esta ordem de deposição seja mantida no revestimento da peça? Descreva o processo do modo mais detalhado possível. A ordem de descarga dos íons é diferente da ordem de deposição das camadas de acordo com o problema. Mede-se agora a habilidade de imaginar o problema fora do papel, as viabilidades e uma solução plausível. Para alcançar este patamar na escada imagina-se que os sujeitos subiram todos os degraus anteriores.

Primeiramente foi esperado que os sujeitos se mostrassem capazes de perceber que a ordem de descarga dos metais é diferente da ordem de deposição proposta na questão. De acordo com os potenciais de redução dos íons metálicos o primeiro metal a ser depositado seria a Ag, seguida por Ni e Zn, nesta ordem, enquanto o exercício estabeleceu que o primeiro metal no recobrimento seria Ni, seguido de Zn e Ag. Com isso, os sujeitos deveriam propor um método que viabilizasse a deposição na sequência proposta, assim, vê-se a necessidade de separar o processo em, no mínimo, duas fases. A primeira fase deve consistir da deposição de Ni e Zn, que podem estar presentes em uma mesma solução e sua descarga pode ser controlada com a manipulação do potencial aplicado, nesta fase, a solução não deve conter metais que tenham potencial de redução superior ao do Ni ou com valores intermediários entre Ni e Zn para que não haja interferência no processo. A segunda fase precisa de uma solução com ausência de metais com potenciais de redução superiores ao de Ag, com isso, o potencial pode ser manipulado para a deposição da última camada metálica do processo formada de Ag, somente. Dentre os 23 participantes do estudo foram encontradas 04 respostas que corresponderam à estas expectativas. Acredita-se que nestes casos os sujeitos conseguiram desenvolver habilidades importantes com a solução do caso investigativo e foram capazes de transpor o conhecimento e tais habilidades adquiridas para uma nova situação. A Figura 20 mostra a resposta de um dos participantes que exemplifica satisfatoriamente a categoria, no caso desta resposta é válido salientar que o participante já era graduado em Química quando o estudo foi realizado.

Figura 20: Resposta do participante A08 para a Q04TF

Houve também quem percebeu que a ordem de descarga pedida neste problema era diferente da esperada, ou seja, aquela estabelecida na questão 03 anterior. Mas sem perceber que o único metal fora da ordem de redução é o Ag, e que assim apenas dois banhos seriam suficientes, três sujeitos previram a necessidade de se realizar o processo eletrolítico em três fases distintas com eletrólitos diferentes em cada uma delas, bem como, a corrente aplicada com diferente grandeza para cada momento. Assim os três alunos cumpriram o principal objetivo da questão, apresentando uma solução coerente para o problema, mesmo que haja solução mais viável. A Figura 21 traz uma das respostas que se enquadraram neste grupo. O sujeito usado neste exemplo entende que Ni e Zn podem estar em um mesmo banho, mas acredita ser mais simples e coerente realizar cada uma das eletrólises separadamente, isso pode estar relacionado tanto à insegurança com relação à manipulação do potencial quanto a um cuidado para que o processo seja feito de um modo satisfatório, cabem diferentes interpretações.

Figura 21: Resposta do participante A02 para a Q04TF

Alguns sujeitos demonstraram certa imaturidade conceitual, dentre estes há sete que se destacam. Estes sete participantes se mostraram capazes de perceber que cada metal necessita de uma intensidade de corrente diferente para sofrer redução, mas ao descrever um possível processo foram ingênuos ao dizer que manipulando a corrente, apenas, é possível depositar os metais na ordem proposta pelo problema. Conclui-se, com isso, que os sujeitos em questão não percebem a prioridade de um íon metálico se comparado a outro, quando ambos estão presentes em um mesmo eletrólito no decorrer do processo eletrolítico. A Figura 22 mostra um exemplo deste tipo de resposta, o A06 aparenta em seu discurso preocupar-se com a ordem de descarga, mas não demonstra domínio conceitual suficiente para entender que uma corrente aplicada em uma solução contendo os três íons, independente de qual for sua grandeza, reduz primeiro quem tiver o maior potencial de redução.

Figura 22: Resposta do participante A06 para a Q04TF

Uma ideia recorrente encontrada nos discursos forma um grupo distinto de respostas para esta questão, mesmo que dito de formas diferentes, há indícios de que quatro alunos acreditam na necessidade de pares metálicos para a ocorrência de uma reação de oxirredução, ou seja, um metal sofre redução enquanto outro sofre oxidação ocasionando a troca eletrônica. Tal processo não ocorreria em condições diferentes, independente de ser um processo espontâneo ou não. A Figura 23 mostra uma das respostas que foram classificadas neste grupo, o sujeito apresenta claramente os pares metálicos que acredita serem necessários para que o processo de deposição proposto ocorra. Os cinco alunos restante não souberam como proceder ou não responderam a questão.

Figura 23: Resposta do participante A23 para a Q04TF

3.1.3. QUESTÕES ORIENTADORAS

Como já descrito anteriormente no Capítulo 02, no tópico de Abordagem e Instrumentos, durante o segundo encontro os participantes receberam o caso investigativo e uma atividade que foi chamada aqui de Questões Orientadoras (QO) (Apêndice B). As três QOs, discutidas anteriormente, foram usadas para situar os grupos diante do caso. Descreve-se neste momento os dados coletados na resposta dos sete grupos de trabalho formados. Para facilitar este processo os grupos foram numerados de 01 a 07 e serão identificados com a letra G, assim tem-se o grupo 01 com a legenda G01, o mesmo é feito para os demais grupos. A composição dos grupos também já foi descrita anteriormente na Tabela 1.

QUESTÃO 01

A primeira QO versa sobre a identificação do problema abordado no caso e apresentado aos grupos. A entrega do caso e o confronto com o problema nele abordado faz parte do primeiro estágio de aplicação das estratégias fundamentadas

em PBL, de acordo com o modelo de PBL proposto pela Academia de Ciências e Matemática (ACM) de Illinois (*Academy of Sciences and Mathematics*). (DRAGHICESCU, PETRESCU, *et al.*, 2014)

Em um primeiro momento foram levantadas as ideias e problemas listados pelos grupos nas respostas desta questão na forma de proposições. Depois de repetidas leituras surgiu um grande número de proposições, onde cada uma foi entendida como um problema, ou aspecto importante de um. Ao analisar mais profundamente a lista de proposições levantadas pode-se perceber que elas versaram, basicamente, sobre três assuntos: a água, os metais e o processo.

Se o caso investigativo não precisasse ter seu problema interpretado pelos grupos de participantes e viesse acompanhado de uma pergunta-problema, imagina-se que seria a seguinte: *Considerando as viabilidades econômica e ambiental, como diminuir a concentração dos metais na água do banho de modo que, tanto os metais quanto a água, possam ser reaproveitados usando, sem a necessidade de mudanças drásticas no processo, uma abordagem eletroquímica?* Se essa pergunta for “destrinchada” é possível que se encontrem os três assuntos problematizados encontrados na lista de proposições. Um banho com concentração menor de poluentes e que possa ser reaproveitado (a água), bem como a remoção dos metais do banho de modo que possam ser reutilizados (os metais), e, por fim, as viabilidades e abordagem (o processo). A definição da situação problema é uma fase importante durante o processo e é entendida como parte do primeiro estágio proposto pela ACM. (DRAGHICESCU, PETRESCU, *et al.*, 2014)

Relacionado ao assunto água os problemas listados na forma de proposições versaram basicamente sobre economia, tratamento e presença dos metais na água. Quanto ao assunto rotulado como metais, as proposições trouxeram os mesmos como principal foco do problema, e por fim, em relação ao processo houve dois tipos de proposição, as que trataram de viabilidades e as relativas à galvanoplastia de um modo geral. A Tabela 10 traz uma visão geral das proposições levantadas visando um melhor entendimento do modo como os grupos viram os problemas que o caso abordou.

Tabela 10: Visão geral dos problemas levantados na primeira QO

Assunto	Categorias	Proposições
Água	Economia (A)	- Elevado consumo de água - Reutilizar a água - Uso de um único banho ao invés de três
	Descontaminação (B)	- Água contaminada - Água de descarte sem poluentes
	Íons Metálicos em Solução (C)	- Diminuir a concentração dos metais na água - Há excesso de metais na água de lavagem
Metais	Metais (D)	- Desperdício dos metais - Remover os íons metálicos da solução - Reutilizar os metais
Processo	Viabilidades (E)	- Economicamente viável - Não causar impactos ambientais
	Galvanoplastia (F)	- Otimização do processo de galvanoplastia - Uso de galvanoplastia no recobrimento de peças

Acredita-se que uma boa solução para o caso deveria considerar os três assuntos pautados na pergunta-problema e que também puderam ser identificados no discurso da turma de um modo geral. Para que os três assuntos surjam na solução eles devem fazer parte do problema, por isso buscou-se identificar, neste momento, se tais aspectos foram abordados por cada um dos sete grupos.

Como já dito, as proposições surgiram das repostas que os grupos deram à questão, assim cada grupo gerou sua própria lista de proposições. As listas dos grupos foram reorganizadas e agrupadas de acordo com padrões e tendências, formando as categorias listadas na Tabela 10. Deste modo, um mesmo grupo pode apresentar resposta condizente com mais de uma categoria, o que as torna não excludentes.

Idealizando, como já foi explicitada a importância da presença dos três assuntos na resposta e na pergunta-problema, busca-se agora identificar as categorias nas quais as respostas se encaixam e, por fim, a presença dos três assuntos no modo de entender o problema que cada grupo teve. A Tabela 11 mostra uma visão geral do modo como as respostas de cada grupo foram classificadas nas categorias da Tabela 10.

Tabela 11: Classificação das respostas dos grupos à primeira QO

Grupos	Categorias	Assunto		
		Água	Metais	Processo
G01	(A) (D) (F)	X	X	X
G02	(A) (B) (C) (E)	X		X
G03	(A) (D)	X	X	
G04	(C)	X		
G05	(A) (B) (C) (E) (F)	X		X
G06	(A) (B) (C) (D)	X	X	
G07	(D)		X	

A Tabela 11 mostra não somente os assuntos abordados na resposta de cada um dos grupos mas também as categorias da Tabela 10 em que suas proposições foram classificadas. Como contemplado na Tabela 11, o G01 foi o único grupo que contemplou os três temas ao problematizar o caso, enquanto os demais abordaram dois ou um assunto. Os grupos G02 e G05 abordaram água e o processo; os grupos G03 e G06 água e metais; enquanto o G04 abordou apenas água e o G07 somente metais. Com isso é possível perceber quais são as prioridades de cada grupo e o que consideram importante no momento da resolução do problema do caso investigativo.

QUESTÃO 02

A segunda questão versa sobre os conceitos e conhecimentos envolvidos no caso e necessários para uma solução plena do problema em foco. A identificação dos conhecimentos que possam ser necessários para abordar o problema, sejam eles novos ou prévios, é um momento importante dentro de estratégias baseadas em PBL. (DRAGHICESCU, PETRESCU, *et al.*, 2014) Ao questionar um sujeito sobre o que ele deve saber para resolver um determinado problema, nem sempre sua resposta terá apenas aspectos e assuntos de seu pleno domínio, com isso, espera-se que o próprio sujeito perceba suas deficiências e precariedades conceituais e tome as rédeas na busca de suprir essas faltas e resolver o problema plena e satisfatoriamente. A Tabela 12 apresenta a lista de conceitos que foi levantada das

respostas dadas pelos grupos para esta QO ressaltando quais conceitos surgiram na resposta de cada grupo. É importante salientar que a lista é bastante variada e traz conceitos muito amplos.

Tabela 12: Conceitos emergentes das respostas da segunda QO

Conceito	G01	G02	G03	G04	G05	G06	G07
Eletroquímica	X	X	X		X		
Reações Químicas	X						
Reações de Oxirredução	X	X		X	X	X	X
Metal de Sacrifício	X						
Potencial de Redução	X	X					X
Potencial de Oxidação		X					X
Química Analítica			X				
Precipitação				X			
Concentração				X			
Eletrólise				X	X	X	X
Galvanoplastia					X		
Reatividade dos Metais					X		
Solubilidade						X	X
Células Galvânicas							X

Usando as informações fornecidas pela Tabela 12 é possível constatar que o conceito de Reações de Oxirredução está presente em seis dos sete grupos, com isso é possível perceber que a grande maioria dos participantes pôde constatar a importância desse tipo de reação para a solução do problema. Cabe ainda destacar que mais da metade dos grupos percebeu também a importância da Eletrólise e da Eletroquímica de um modo geral.

QUESTÃO 03

A garantia do sucesso na solução de um problema tem forte relação com a fase de planejamento da execução da atividade. Listar as atividades e tarefas que serão executadas se faz necessário, para isso parte-se das informações conhecidas sobre o problema e da ciência das informações que devem ser levantadas.

(DRAGHICESCU, PETRESCU, *et al.*, 2014) A terceira e última QO tratou das informações que os sujeitos precisariam levantar para a solução do caso investigativo. Não somente conceitos químicos envolveram o caso, por isso, informações sobre empresas que realizam processos semelhantes ao do caso e sobre o processo industrial e a infinidade de outros aspectos relacionados à história relatada poderiam ser utilizadas e úteis no desenvolvimento da solução do problema do caso. Esta questão buscou levantar que outras informações os sujeitos consideraram importantes para seu trabalho. Cada grupo apresentou uma lista de informações diferente, porém, algumas das informações se repetiu em mais de um grupo. O uso de casos investigativos como estratégia de ensino é uma abordagem centrada no aluno que usa firmemente enredos que auxiliam os alunos a demonstrar e desenvolver sua capacidade de identificar quais as informações necessárias para a solução do problema abordado (CARDER, WILLINGHAM e BIBB, 2001). A Tabela 13 foi criada com intuito de organizar essas informações.

Tabela 13: Informações consideradas necessárias para a solução do caso

GRUPO	INFORMAÇÕES
G01	<ul style="list-style-type: none"> • Viabilidade ambiental das propostas • Viabilidade econômica das propostas • Viabilidade técnica das propostas
G02	<ul style="list-style-type: none"> • Diferença de potencial • Disponibilidade de reagentes • Disponibilidade de processos
G03	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento dos possíveis efluentes • Potencial dos metais • Conhecimentos sobre o processo de galvanização
G04	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de oxidação dos metais em solução • Estequiometria das possíveis reações redox • Constante de Faraday, intensidade de corrente e tempo
G05	<ul style="list-style-type: none"> • Valores de potencial dos metais em questão • Reatividade dos cátions
G06	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de redução dos metais • Técnicas de separação de íons
G07	<ul style="list-style-type: none"> • Eletrólise • Potencial de redução e de oxidação dos metais

A Tabela 13 mostra que a maior parte dos grupos se preocupou em conhecer os potenciais dos metais envolvidos no caso entre outras informações que consideraram importantes. Como dito anteriormente no Capítulo 2, era esperado

com esta questão que os grupos se preocupassem em buscar informações sobre empresas com processos industriais semelhantes ou problemas parecidos com o do caso na literatura, assim mesmo a lista de informações que apresentaram se mostrou válida, pois, todas as informações levantadas tem relação direta com o problema que o caso aborda.

3.1.4. SOLUÇÃO DO CASO

Todos os grupos participantes da pesquisa apresentaram ao final da abordagem um relatório final com suas propostas de solução do caso. A intensão deste relatório foi levantar as ideias e soluções que os grupos elaboraram ao longo do estudo.

A solução do caso apresentada pelo G01 consiste do uso de três células eletrolíticas distintas. Em um sistema de cascata água do banho passa por três tanques distintos onde os íons metálicos são retirados da solução através de eletrólise. No primeiro tanque a reação é destinada à remoção dos íons cobre utilizando um cátodo do mesmo metal, um ânodo inerte e corrente aplicada suficiente para a redução do íon metálico em questão. O segundo tanque recebe a água livre de íons cobre e o processo se repete, desta vez o cátodo é de níquel metálico e a corrente aplicada se destina à redução dos íons níquel em solução, o ânodo da célula formada é inerte. O terceiro tanque recebe a água restante do tanque anterior, agora livre de íons cobre e níquel e o processo se repete igualmente, mudando apenas o cátodo que neste tanque é de zinco. Ao final do processo a água estará livre dos íons metálicos que agora reduzidos podem ser reutilizados bem como a água do banho.

A proposta apresentada pelos grupos G02 e G07 também consistiram do uso de eletrólise para a redução dos três íons metálicos presentes na água utilizando a oxidação da mesma como contrapartida. O processo em si não foi descrito detalhadamente por nenhum dos grupos em seu relatório, os participantes deixaram

claro apenas a necessidade de remover um metal por vez, o que deu a impressão de que entendem que cada um deles necessita de um potencial diferente, ademais, demonstraram saber que se trata de reações não espontâneas.

Assim como os grupos G01, G02 e G07, o G03 também apresentou uma proposta que faz uso do processo eletrolítico como estratégia para a remoção dos íons metálicos da solução formada pela água do banho. Este grupo propõe a redução dos íons da solução para a forma metálica respeitando a ordem de descarga dos mesmos, primeiro os íons cobre seguido de níquel e, por fim, zinco. A diferença entre a solução do G03 para os anteriores está na forma de entender o funcionamento da célula eletrolítica, os grupos anteriores deixaram a impressão de que compreendem que os íons, ao sofrerem redução, se depositam no eletrodo formando uma camada de metal na forma sólida, enquanto o G03 propõe que, ao final da reação, após a redução do primeiro metal, a solução deve ser filtrada para remover o metal sólido antes que a próxima reação ocorra e a corrente necessária aplicada. Entende-se deste discurso que os sujeitos que compõem o grupo acreditam que o metal precipita após a redução, formando um corpo de fundo que pode ser separado da solução através de filtração.

A proposta do quarto grupo G04 se difere das anteriores em alguns aspectos. Os sujeitos propõem que se inicie o processo de remoção dos íons da água borbulhando gás hidrogênio, em um meio com presença de hidróxido de sódio, para uma reação entre este e os íons cobre. É nítida a ingenuidade do grupo que desconhece a necessidade de um eletrodo de hidrogênio e de um cátodo para a deposição do cobre, que ao longo do relatório deixam claro que acreditam que este pode ser removido da solução através de filtração após a sua redução para a forma sólida. O próximo passo apresentado na proposta consiste da remoção dos íons níquel que se daria com a adição de zinco sólido à solução, novamente os sujeitos usaram as semi-reações para prever a formação de uma pilha sem pensar no funcionamento da mesma e na célula galvânica que deveria ser construída para possibilitar a reação tal como propõe. No final desta etapa o níquel reduzido seria filtrado e removido da solução, pois, seria encontrado na forma de um sólido precipitado. E por fim, para a remoção dos íons zinco restantes oriundos do banho e da segunda etapa do processo, a proposta foi de construir uma célula eletrolítica com dois eletrodos inertes e adicionar cloreto de sódio à solução, com isso o cloreto seria oxidado a gás cloro enquanto o zinco sofreria redução sendo depositado no

cátodo. O problema neste ultimo caso é a falta de atenção à preferencia da água diante do cloreto em uma possível oxidação, bem como a possibilidade de redução da água.

A solução apresentada pelos grupos G05 e G06 consistiu de mergulhar no tanque uma barra de níquel, justificando a ação com a ocorrência de uma reação de redução do cobre para a forma sólida. O próximo passo consistiria em mergulhar uma barra de zinco, causando a redução dos íons níquel presente na solução para a forma de um sólido. A solução do grupo G05 não discute o modo como os íons zinco restantes, enquanto o G06 propõe o tratamento destes íons com ácido carbônico. Neste ultimo caso a reação não é apresentada e o grupo não discute qual seria o produto formado na reação entre zinco e ácido carbônico. Nenhum dos grupos discute como os metais sólidos ou outros produtos formados seriam retirados da solução.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos
não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

Madre Teresa de Calcuta

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos conceitos evidenciados no caso investigativo e no TI deste estudo é a espontaneidade das reações, as respostas às questões 01, 02 e 04 do TI dão uma ideia do modo como este conceito é entendido pelos participantes da pesquisa. O trabalho de Albarrán-Zavala (2008) apresenta uma discussão sobre o entendimento da espontaneidade das reações químicas de um modo geral e no contexto específico da eletroquímica, de acordo com o autor a condição de espontaneidade para um fenômeno físico é dada pela transferência de energia entre o sistema de estudo e sua vizinhança. Para um processo espontâneo o sistema deve, necessariamente, passar de um estado de maior energia para outro de menor energia. Em outras palavras, um processo espontâneo sempre libera energia para sua vizinhança, enquanto o não espontâneo necessita que esta lhe forneça energia. Neste contexto, se destaca a grande quantidade de recortes classificados na categoria “Confusão conceitual (A)” das referidas questões do TI. Este resultado converge com uma das conclusões de Albarrán-Zavala (2008) que identificou como uma das deficiências dos alunos na análise das reações o fato de que desconhecem o conceito de espontaneidade.

Evidencia-se ainda a existência de 16 recortes (Categoria B - Tabela 2) onde as reações espontâneas são ditas como processos naturais que ocorrem sob quaisquer circunstâncias sendo necessário apenas o contato entre os reagentes. Esta é uma concepção alternativa bastante evidente neste trabalho, o modo ingênuo de perceber a espontaneidade de um processo pode estar associado à uma interpretação da palavra “espontaneidade”, tal como é utilizada em outros contextos ou mesmo ao fato de que desconhecem o conceito como dito por Albarrán-Zavala (2008).

O caso investigativo utilizado neste estudo impôs a necessidade de ocorrência de processos não espontâneos, por isso, após a abordagem, foi analisada capacidade dos sujeitos de pré-estabelecer um potencial a ser aplicado em situações similares à do estudo de caso. Pode-se concluir que a maior parte dos participantes que efetuaram corretamente os cálculos de diferença de potencial (63%) entenderam que o potencial aplicado deve ser maior que o calculado para que haja energia suficiente para superar a força contrária à reação, força esta que a torna não espontânea. Mesmo em uma situação similar à apresentada no caso investigativo, onde os participantes puderam ter contato com os conceitos que permeiam a eletrólise e a galvanoplastia, alguns participantes não foram capazes de

identificar um processo não espontâneo e se deixaram influenciar por cálculos incoerentes na tomada de decisão, tal fato é evidenciado na análise da segunda questão TF, categorias (D) e (E).

Outra capacidade testada após a abordagem foi a de, ao comparar diferentes espécies com seus respectivos potenciais de redução, identificar aquelas que apresentam maior facilidade ou tendência de reduzir ou oxidar, ou seja, identificar entre pares qual é o melhor agente oxidante ou redutor. A análise da terceira questão do TF permite concluir que a maior parte dos participantes consegue fazer tais comparações de modo adequado e eficiente. Porém ao apresentar para estes sujeitos uma situação onde há mais de um íon metálico em solução, mesmo sendo capaz de predizer qual possui maior tendência de sofrer redução e sabendo que cada íon metálico necessita de uma intensidade de corrente diferente para tanto, alguns apresentaram o que foi entendido como uma gravelacuna. Demonstraram acreditar que manipulando o potencial aplicado, apenas, é possível reduzir metais na ordem desejada, mesmo que tal ordem seja diferente da esperada ao comparar os potenciais de redução.

Entre outras práticas observadas, evidenciadas no TI, estão a generalização de conceitos específicos e a compartimentalização dos processos de oxidação e redução. Sobre a primeira, em muitos momentos os sujeitos explicaram um conceito generalizando o comportamento observado em uma situação pontual de uma área específica, entretanto quando questionados em um contexto delineado e especificado apresentaram um aumento no nível de coerência das respostas. Quanto à compartimentalização, é evidente em alguns casos que o sujeito não entende a dependência mútua dos processos, neste caso, os autores Treagust e Jong (2002) encontraram resultados similares em seu trabalho.

A capacidade de efetuar a transcrição de informações visuais, ou traduzir uma imagem para a linguagem escrita, foi medida com as questões que fizeram uso de imagens no TI. Os participantes, de um modo geral, apresentaram certa dificuldade e se mostraram pouco reprodutivos conforme foi observado nas Figura 5 e Figura 7. Entretanto, se a capacidade de reproduzir está limitada às informações contempladas na imagem, não há como determinar os limites de extrapolação. As respostas à quinta questão do TI mostram as tendências de cada sujeito quanto à sua descrição das células eletroquímicas. As Figura 4 e Figura 6 mostraram as tendências de reprodução e de extrapolação de cada participante, baseando-se

nestes resultados pode-se concluir que há maior reprodução da célula eletrolítica frente à célula galvânica, portanto para os sujeitos deste estudo a célula eletrolítica possui tendência de reprodução. Ao que se refere à tendência da célula galvânica não foi identificada uma tendência, não houve predominância de uma dimensão específica na descrição dos participantes.

Ao tratar de reações de oxirredução e de eletroquímica de um modo geral, em sala de aula e nos livros didáticos, é bastante comum o uso de pares metálicos para exemplificar e trabalhar os conceitos e os processos. Uma das confusões conceituais que mais se repetiu no discurso dos sujeitos ao longo deste estudo pode ser explicada ou ter relação com tal modo de abordagem. Por muitas vezes foi possível identificar a concepção de que somente quando um metal sofre redução e outro a oxidação se tem uma reação de oxirredução. Estes participantes deixaram a impressão de que acreditam que há troca eletrônica somente entre espécies metálicas ignorando a existência de reações deste tipo com outra variedade de espécies.

Outra conclusão possível a partir das análises e do resultado deste estudo é de que alguns participantes acreditam que durante uma reação de oxirredução, onde um íon metálico em solução sofre redução, o metal sólido formado se precipita no fundo do recipiente reacional, sendo possível separá-lo com um processo de filtração. A abstração da reação de oxirredução que ocorre dentro de uma célula eletroquímica é tamanha, que os participantes em questão chegam a estas conclusões considerando apenas o nível simbólico do processo, ou seja, a forma escrita da reação, onde são representados os estados físicos das espécies. Isso mostrou que a obviedade da deposição do metal no cátodo, não é tão óbvia assim para os participantes que pouco conheciam dos processos apresentados no caso. É importante, em abordagens semelhantes, utilizar experimentos ou vídeos que mostrem o processo tal como ele ocorre, para que os participantes visualizem a reação macroscopicamente.

É nítida a mudança de discurso dos participantes se comparados os testes inicial e final do estudo. Após a aplicação percebe-se uma apropriação maior do vocabulário e dos conceitos relacionados ao tema abordado no caso. Ao perguntar sobre a espontaneidade das reações de oxirredução, no final do estudo os alunos apresentam argumentos melhor fundamentados baseados não somente em evidências visuais ou discursos de senso comum.

Apesar de haver uma grande evolução no discurso dos sujeitos há ainda evidências de grandes dificuldades conceituais mesmo no final do estudo. Foi evidente a participação efetiva dos alunos na busca de uma resposta e na resolução como um todo do problema do caso comprovando a participação dos mesmos como protagonistas no processo de aprendizado, mesmo que, esta única abordagem não tenha se mostrado suficiente para a aprendizagem efetiva de todos os conceitos envolvidos.

É importante salientar que a metodologia foi bem aceita pelos participantes do estudo, a grande maioria destacou a importância do uso de métodos alternativos como o uso de caso Investigativos para promover uma maior participação dos alunos em práticas de sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBARRÁN-ZAVALA, E. El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 2, p. 336-345, 2008. ISSN 3.

BACAS, P. Detección de las ideas del profesorado acerca de los conceptos de calor y temperatura. **ALAMBIQUE. Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 13, p. 109-116, 1997.

BEHRENS, M. A. Metodologia de Aprendizagem Baseadas em Problemas. In: VEIGA, M. P. A. **Técnicas de Ensino Novos Tempos, Novas Configurações**. São Paulo: Papyrus Editora, 2006. p. 163-163.

CACHINHO, H. Criando experiências de aprendizagem significativa: do potencial da Aprendizagem Baseada em Problemas. **El Hombre y la Máquina**, v. 40, 2012.

CARDER, L.; WILLINGHAM, P.; BIBB, D. Case-based, problem-based learning: Information literacy for the real world. **Research Strategies**, v. 18, p. 181-190, 2001.

CHALLEN, P. R.; BRAZDIL, L. C. Case Studies as a Basic for Discussion Method Teaching in Introductory Chemistry Courses. **The Chemical Educator**, 1996.

COSTA-BEBER, L. B.; MALDANER, O. A. Níveis de significação de conceitos e conteúdos escolares químicos no Ensino Médio: Compreensões sobre Ligações Químicas. **VIDYA**, p. 97-114, 2009.

DE FREITAS FILHO, J. R. Mapas conceituais: estratégia pedagógica para construção de conceitos na disciplina química orgânica. **Ciências e Cognição/Science and Cognition**, v. 12, 2007.

DOYMUS, K.; KARACOP, A.; SIMSEK, U. Effects of jigsaw and animation techniques on students' understanding of concepts and subjects in electrochemistry. **Educational technology research and development**, v. 58, p. 671–691, 2010.

DRAGHICESCU, L. M. et al. Application of Problem-based Learning Strategy in Science Lessons – Examples of Good Practice. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 149, p. 297-301, 2014.

EBENEZER, J. V. A hypermedia environment to explore and negotiate students conceptions animation of the solution process of table salt. **Journal of Science Education and Technology**, v. 10, p. 73–92, 2001. ISSN 1.

ERENO, D. Revista Pesquisa Fapesp, dez. 2007. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2007/12/01/menos-residuos/>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

ESPÍNDOLA, K.; MOREIRA, M. A. Relato de uma experiência didática: ensinar física com os projetos didáticos na EJA, estudo de um caso.. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 55-66, 2006.

FINLEY, N. F.; STEWARD, J.; YARROCH, W. L. Teachers' perceptions of important and difficult science concepts. **Science Education**, v. 66, p. 531–538, 1982. ISSN 4.

GARCÍA, J. J. G.; PALACIOS, F. J. P. ¿ Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, p. 247-256, 2006. ISSN 2.

HERREID, C. F. What Makes a Good Case? **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 3, 1998.

JONG, O. D.; ACAMPO, J.; VERDONK, A. Problems in Teaching the Topic of Redox Reactions: Actions and Conceptions of Chemistry Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, p. 1097–1110, 1995. ISSN 10.

LANTZ, J.; WALCZAK, M. The elements of a chemistry case: Teaching chemistry using the case discussion method. **The Chemical Educator**, v. 1, n. 6, 1996.

LEMOES, E. D. S. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, v. 21, p. 53-66, 2006.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Editora Loyola, 2007.

MENEZES, H. C.; FARIA, A. G. D. Utilizando o monitoramento ambiental para o ensino da química: pedagogia de projeto. **Química Nova**, v. 26, p. 287-290, 2003. ISSN 02.

MESSA, W. C. Utilização de Ambientes Virtuais de Aprendizagem-AVAS: A Busca por uma Aprendizagem Significativa. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v. 1, p. 01-49, 2010.

MINAYO, M. C. D. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em**

saúde. São Paulo: Editora Hucitec, 2004.

MINAYO, M. C. D. S.; ASSIS, S. G. D.; SOUZA, E. R. D. **Avaliação por triangulação de métodos**: abordagem de programas sociais. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005.

MORAES, R.; RAMOS, M. G.; GALIAZZI, M. C. Aprender Química: Promovendo Excursões em Discursos da Química. In: ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. **Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil**. Ijuí: Unijuí, 2007. p. 191-209.

MORTIMER, E. F. As chamas e os cristais revisitados: estabelecendo diálogos entre a língua científica e a linguagem cotidiana no ensino das ciências da natureza. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 181-207.

ÖZKAYA, A. R. Conceptual difficulties experienced by prospective teachers in electrochemistry: Half-cell potential, cell potential, and chemical and electrochemical equilibrium in Galvanic cells. **Journal of Chemical Education**, p. 735-738, 2002.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências**: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A. Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético. **Revista CTS**, p. 173-194, 2005.

RIBEIRO, L. R. D. C. **PBL**: Uma experiência no ensino superior. São Carlos : EDUFSCar, 2010.

ROQUE, N. F. Química por meio de Teatro. **Química Nova na Escola** , v. 25, p. 27-29, 2007.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de Caso em Química. **Química Nova**, p. 731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de Casos no Ensino de Química**. Campinas: Átomo, 2009.

SILVA, A. M. D. Proposta para tornar o ensino de química mais atraente. **RQI - REVISTA DE QUÍMICA INDUSTRIAL**, n. 731, p. 7-12, 2011.

TREAGUST, D. F.; JONG, O. D. The Teaching and Learning of Electrochemistry. In: GILBERT, J. K., et al. **Chemical Education: Towards Research-based Practice**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 317-338.

TREAGUST, D. F.; REINDERS, D.; NIESWANDT, M. Sources of Students'

Difficulties in Learning Chemistry. **Educación Química**, p. 228-235, 2000.

VELLOSO, A. M. S. et al. Argumentos elaborados sobre o tema "corrosão" por estudantes de um curso superior de Química. **Revista Eletrônica Enseñanza de las Ciencias**, p. 595, 2009.

WATERMAN, M. A.; STANLEY, E. D. Investigative Cases and Case-Based Learning in Biology. **Bioscene - The Journal of College Biology Teaching**, 2002.

ZANELLA, L. **Aprendizagem**: uma introdução. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

- 5) Nas figuras abaixo são representados dois processos eletroquímicos, uma célula galvânica (pilha) e uma célula eletrolítica. Para cada uma das figuras escreva um pequeno texto descrevendo tudo o que ocorre no processo em questão.

6) Pense no significado das seguintes palavras:

<i>Agente oxidante</i>	<i>Diferença de potencial (ΔE)</i>	<i>Oxidação</i>
<i>Agente redutor</i>	<i>Eletrólise</i>	<i>Reação de oxirredução</i>
<i>Ânodo</i>	<i>Elétrons</i>	<i>Reagentes</i>
<i>Cátodo</i>	<i>Espontaneidade</i>	<i>Redução</i>
<i>Corrente elétrica</i>	<i>Número de oxidação (NOX)</i>	

Utilizando as palavras (todas, ou apenas algumas delas, ou palavras derivadas destas, ou outras que julgue necessário) O que você entende por eletrólise? Cite um exemplo de aplicação do processo, e se possível as reações envolvidas.

APÊNDICE B – Questões Orientadoras

Grupo: _____

Orientações para o trabalho de 24/10/12

Responda as questões a seguir. Esta folha deverá se entregue ao final da aula.

- 1) Qual é o problema apresentado (aspectos técnicos, econômicos, ambientais e outros)?
- 2) Quais os conceitos e conhecimentos químicos necessários para a solução do problema?
- 3) Quais as informações necessárias para a solução do problema? Onde busca-las?

APÊNDICE C – Relatório Parcial

Grupo: _____

Relatório parcial do trabalho em 24/10/12

Faça um breve relato do que foi realizado pelo grupo na aula de hoje. Para isto tenha como base as seguintes questões:

- 1) Quais foram as possíveis soluções aventadas pelos grupos?
- 2) Quais destas ideias foram descartadas e por quê?
- 3) Quais as decisões finais tomadas no dia de hoje?
- 4) Quais as próximas etapas traçadas pelo grupo? (descreva o que o grupo decidiu fazer, que informações pretende buscar, se houve divisão de tarefas, etc.)

APÊNDICE D – Relatório Final

Grupo: _____

RELATÓRIO FINAL DO CASO

Responda as questões a seguir. Esta folha deverá se entregue ao final da aula.

1) No espaço abaixo e no verso da folha, apresente a sua proposta para a solução do problema da empresa MetalicSurface.

Descreva claramente o processo e apresente as reações químicas envolvidas. Inclua um fluxograma do processo e apresente um esboço dos possíveis equipamentos necessários.

2) Enumere quais foram os critérios que o levou a decidir pela proposta.

3) Avalie sua proposta do ponto de vista:

- a) econômico;
- b) ambiental;
- c) técnico.

APÊNDICE E – Teste Final

Nome: _____

07/11/12

Uma indústria pretende produzir peças plásticas revestidas com camadas metálicas. Sabe-se que a indústria possui eletrodos de platina, utilizados nos processos de galvanoplastia como eletrodo inerte. O projeto das novas peças diz que o revestimento será composto de três camadas de diferentes metais, sendo eles: Ag, Ni e Zn.

Dados:

1. Sabendo que cada camada de revestimento se forma a partir de uma reação de oxirredução entre um par eletrolítico. Calcule a diferença de potencial para cada par eletrolítico presente no projeto da nova peça.
2. As reações de oxirredução envolvidas no processo de revestimento são espontâneas? Qual o potencial que deve ser aplicado para que ocorra o revestimento de Ag na peça caso a reação não seja espontânea? E de Ni? E de Zn? Justifique sua resposta.
3. Em um banho onde íons Ni^{2+} , Zn^{2+} e Ag^+ estão misturados, na presença de um ânodo de platina, onde a peça atua como cátodo, se for aplicado um potencial de 2,0V qual a ordem de redução dos metais. Justifique sua resposta.
4. No projeto há uma ordem pré-definida para as camadas de metal na peça, sendo a primeira de níquel, a segunda de zinco e a última de prata. O que a empresa deve fazer para que esta ordem de deposição seja mantida no revestimento da peça? Descreva o processo do modo mais detalhado possível.

ANEXOS

ANEXO A –Artigo que inspirou a construção do Caso Investigativo

ENGENHARIA QUÍMICA

Menos resíduos

Cobre e níquel descartados no recobrimento de peças metálicas são recuperados

Um equipamento projetado e desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) para recuperação de metais encontrados na água utilizada nos processos de galvanoplastia – um sistema de recobrimento metálico de peças de automóveis e de bijuterias, por exemplo – resultou em menor quantidade do resíduo final, em forma de lodo, nessa água. Além disso, houve substancial economia da água utilizada nos banhos de limpeza. “Um processo eletroquímico transforma os resíduos metálicos novamente em metais”, diz Christiane de Arruda Rodrigues, professora da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), *campus* de Diadema, e coordenadora do projeto financiado pela FAPESP na modalidade Programa Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (Pipe). O desenvolvimento do equipamento ocorreu na Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da Unicamp, em parceria com a empresa Super Zinco, de Campinas.

O projeto teve início a partir de uma consulta da empresa, em 1999, que procurou a universidade para saber se havia alguma tecnologia para remover os metais das águas utilizadas nos banhos. “Como desde 1997 o professor Rodnei Bertazzoli, da FEM, estava desenvolvendo um projeto nesse sentido e eu também estava envolvida na construção de um equipamento em escala piloto, resolvemos entrar com o Pipe para avaliar se o processo era viável dentro das condições da indústria”, relata Christiane. Os resultados mostraram que sim. Na época a empresa tinha níveis muito

Metais ficam retidos em uma esponja de carbono poroso

altos de metais pesados, chegava a até 1 grama por litro. Após alterações feitas no processo industrial, a concentração de metais foi reduzida para em torno de 100 miligramas por litro. “Com essa quantidade, o processo tornou-se viável para a tecnologia que tínhamos desenvolvido”, relata a pesquisadora.

Inicialmente foi feito o teste com o equipamento na água de lavagem do cobre, mais fácil de ser monitorada. Nu-

ma segunda fase os pesquisadores concluíram que seria necessário instalar quatro equipamentos, um para cada metal depositado nas peças durante o processo de recobrimento metálico. Os processos de eletrodeposição iniciam como níquel. Em seguida, a peça passa pela água para retirar o excesso de metal. A próxima etapa é o recobrimento com cobre, e novo banho. A seguir ela é recoberta com níquel, e nova lavagem é feita. Por último acontece a cromação.

No processo tradicional, a água corrente entra limpa e sai contaminada com os metais. No final do processo sobra um caldo que, quando o volume é reduzido, vira lodo. “O equipamento projetado funciona como um filtro, que retém o metal”, explica Christiane. Ele possui basicamente anodos e catodos, que são eletrodos de carga elétrica positiva e negativa que fazem, por exemplo, uma bateria funcionar, além de uma membrana polimérica, que ajuda na otimização do processo.

Os anodos são placas de titânio revestidas com óxidos metálicos nobres e os catodos são esponjas de carbono poroso, que apresentam excelente condutividade elétrica. “A esponja de carbono vítreo funciona como uma superfície carregada negativamente para atrair os íons (elementos com perda de elétrons) de cobre e níquel e retê-los”, diz Christiane. Conforme a água passa dentro dessa esponja, o metal fica aderido a ela. “Com o tratamento eletroquímico, houve economia de 46 mil litros de água limpa em apenas um dos tanques de lavagem das peças.” ■

DINORAH ERENO

O PROJETO

Produção de equipamentos para remoção eletroquímica de íons metálicos de efluentes aquosos

MODALIDADE

Programa Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (Pipe)

COORDENADORA

CHRISTIANE DE ARRUDA RODRIGUES - Unicamp/Super Zinco

INVESTIMENTO

R\$ 342.999,98 (FAPESP)