

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Sabrina Gabriela Klein

**POLUIÇÃO COMO TEMÁTICA PARA CONSTRUÇÃO DO
CONHECIMENTO DE REAÇÕES REDOX SOB UMA PERSPECTIVA
CTSA**

Santa Maria, RS
2016

Sabrina Gabriela Klein

**POLUIÇÃO COMO TEMÁTICA PARA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE
REAÇÕES REDOX SOB UMA PERSPECTIVA CTSA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências**.

Orientadora: Professora Dra. Mara Elisa Fortes Braibante

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Klein, Sabrina Gabriela

Poluição como temática para a construção do conhecimento de reações redox sob uma perspectiva CTSA / Sabrina Gabriela Klein.-2016.

219 p. ; 30cm

Orientadora: Mara Elisa Fortes Braibante

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, RS, 2016

1. reações redox 2. ensino de química 3. poluição 4. CTSA I. Braibante, Mara Elisa Fortes II. Título.

Sabrina Gabriela Klein

**POLUIÇÃO COMO TEMÁTICA PARA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE
REAÇÕES REDOX SOB UMA PERSPECTIVA CTSA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências**.

Aprovado em 08 de janeiro de 2016:



Mara Elisa Fortes Braibante, Dra. (UFSM)
(Presidente/orientadora)



Miriam Inês Marchi, Dra. (UNIVATES)



Lenira Maria Nunes Sepel, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2016

Dedicatória

Aos meus pais, Dirce e Paulo Klein, pelo amor dedicado e sempre me apoiar e incentivar a seguir em frente lutando pelos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Talvez não existam palavras suficientes e significativas que me permitam agradecer aos meus pais, Dirce S. Klein e Paulo C. Klein, foi difícil estar longe, mas o carinho e apoio de vocês foram fundamentais para mais essa etapa. Certamente não há ninguém mais feliz nesse momento do que vocês e que bom poderemos compartilharmos juntos. Agradeço por me fazer acreditar que posso ser capaz, Amo-os demais.

Ao Cesar, agradeço por ser essa pessoa especial, por estar sempre levantando o meu astral, pelo seu sorriso, pelo apoio nas horas difíceis, por me ouvir quando eu mais precisava desabafar. Simplesmente... Muito Obrigada!

Dizer obrigada, às vezes, não é suficiente para agradecer as tão amáveis e gentis pessoa que nos momentos das nossas vidas, nos estende a mão amiga e nos oferece amparo. Assim, minhas queridas amigas, Alejandra S. Silva, Ana C. Sulzbach (principalmente pela ajuda na escolha do tema que gerou esse trabalho), Ângela M. Durand, Carline Welter, Greyce A. Storggatto, Lilian J. Lisner (mesmo longe), Michele T. Reis, Pamela Marques (principalmente por corrigir meus abstracts), e Valesca V. Vieira, montamos uma família – AS DIVAS-, e que bom foi poder contar com vocês durante este trabalho. Vocês foram essenciais para que mais este sonho se concretiza-se. A ajuda e o apoio de vocês a mim foram de valor inestimável, contudo o que me resta, é expressar através da limitação de meras palavras, e com elas lhe prestar esta humilde, mas sincera, homenagem.

Apoio familiar não me faltou, aos meus amados avós e as minhas primas e grandes amigas Carla V. Hacbart e Kéti M. Schmidt meu muito obrigada por sempre acreditar em mim, e por me acolher com bons abraços a cada visita para casa.

*Não posso deixar de citar o LAEQUI, o que dizer para este grupo...**MUITO OBRIGADA!** Alejandra S. Silva, Ângela R. Kraising, Arlete P. Calderan, Ana C. Miranda, Mauricúis S. Pazzinato, Thaís R. Rios, Greyce A. Storggatto, Valesca V. Vieira, Professor Hugo T. S. Braibante, e é claro o pilar do grupo Professora Mara E. F. Braibante, se hoje estou aqui foi com a ajuda de vocês. Mas do grupo gostaria de agradecer em especial as meninas Greyce e Ângela, pelo trio formado... uma ajudando a outra sempre, vocês foram essenciais. A Ana Carolina pela ajuda na escola para que pudesse aplicar a pesquisa. E ao professor Hugo, que sempre esteve disponível para ajudar.*

Reforço aqui o agradecimento a professora Mara, minha orientadora, obrigada pelo apoio, confiança, ajuda, paciência, enfim, por todas as orientações concedidas durante este tempo, meu muito obrigada de todo coração.

Agradeço a escola que abriu suas portas e foram muito receptivos e acolhedores, e é claro aos estudantes participantes da pesquisa, estes foram fundamentais para a realização deste trabalho. Foi muito bom aprender com vocês.

Meus sinceros agradecimento também a banca examinadora, Professora Miriam I. Marchi, Professora Lenira M. N. Sepel, e Professor Élgion L. da S. Loreto, pela disponibilidade e pelas contribuições.

Finalizo agradecendo a agência de fomento, FAPERGS, pela bolsa concedida e a Universidade Federal Santa Maria.

RESUMO

POLUIÇÃO COMO TEMÁTICA PARA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO DE REAÇÕES REDOX SOB UMA PERSPECTIVA CTSA

AUTORA: SABRINA GABRIELA KLEIN
ORIENTADOR: MARA ELISA FORTES BRAIBANTE

Na busca de um ensino de química diferenciado, com significado para vida social e produtiva de jovens estudantes do nível médio, a presente pesquisa investiga como a temática “Poluição” pode favorecer a construção do processo de ensino aprendizagem do conteúdo de reações redox para estudantes de nível médio sob um enfoque CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente). Para isso, primeiramente, buscamos referenciais teóricos a respeito da parte conceitual das reações redox e a temática “Poluição”. Em seguida, realizamos uma análise dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola, com a intenção de investigar como as reações redox estão sendo exploradas, suas diferentes abordagens e sua repercussão no ensino de Química. A partir disso, desenvolvemos uma proposta para abordar as reações redox em sala de aula, que foi avaliada através de intervenções realizadas com estudantes da segunda série do nível médio de um colégio estadual de Santa Maria, RS. As intervenções em sala de aula foram realizadas em duas etapas, ambas baseadas na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos. A primeira desenvolveu o conteúdo inorgânico de oxirredução associado à poluição do solo, enquanto que a segunda envolveu algumas reações orgânicas de oxirredução através da poluição da água, especificamente o tratamento de efluentes. A pesquisa é de caráter predominantemente qualitativo. Para a coleta de dados, utilizamos de questionários e produções textuais, analisados de acordo com a Análise Textual Discursiva. Os resultados encontrados nos permitiram concluir que o desenvolvimento das reações redox associadas a temática “Poluição” por um perspectiva CTSA favoreceram o ensino e a aprendizagem de Química, visto que observamos um avanço na construção do conhecimento dos estudantes.

Palavras-chave: Ensino de Química. Oxidação-redução. Poluição. Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente.

ABSTRACT

POLLUTION AS A THEME FOR CONSTRUCTION OF CHEMICAL KNOWLEDGE OF REDOX REACTIONS UNDER A PERSPECTIVE STSE

**AUTHOR: SABRINA GABRIELA KLEIN
ADVISOR: MARA ELISA FORTES BRAIBANTE**

In search of a distinctive chemical education, with meaning for social and productive life of young high school students, the present study investigates how the theme "pollution" may facilitate the construction of the teaching and learning process of redox reactions content of high school students under a STSE (Science-Technology-Society-Environment) approach. For this, firstly, we sought theoretical references about the conceptual part of redox reactions and the theme "pollution". Then, we conducted an analysis of papers published in the journal "Chemistry at the New School", with the intention of investigating how the redox reactions have been explored, their different approaches and their impact on the teaching of chemistry. From this, we developed a proposal to approach the redox reactions in the classroom, which was assessed through interventions with the second year high school students from a public school of Santa Maria, RS. Interventions in the classroom were carried out in two steps, both based on the methodology of the three pedagogical moments. The first developed inorganic redox content associated with the pollution of soil, whereas the second involved some organic redox reactions through the water pollution, specifically the treatment of effluents. This is a qualitative research. To collect data, we use questionnaires and textual productions, they were analyzed according to the Discursive Textual Analysis. The results allowed us to conclude that the development of redox reactions associated with the theme "pollution" by a STSE perspective favored teaching and learning of chemistry, as we observe an improvement in the construction of students' knowledge.

Keywords: Chemistry Teaching. Oxidation-reduction. Pollution. Science-Technology-Society-Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de como serão abordadas as reações redox	22
Figura 2 - Reação de oxi-redução entre magnésio e oxigênio.....	27
Figura 3 - Reação de oxi-redução entre ferro e monóxido de carbono	27
Figura 4 - Reação de oxi-redução entre sódio e bromo.....	27
Figura 5 - Reação de oxi-redução entre alumínio e oxigênio.....	28
Figura 6 - Oxidação do álcool	28
Figura 7 - Redução da dupla.....	29
Figura 8 - Reação de redução do metal ativo	29
Figura 9 - Reação de conversão de alcano a álcool.....	30
Figura 10 - Reação de epóxidação.....	30
Figura 11 - Exemplo de NOX de compostos orgânicos	31
Figura 12 - Determinação do NOX médio	32
Figura 13 - Rearranjo Pinacol.....	38
Figura 14 - Obtenção de ácido benzóico	38
Figura 15 - Série eletroquímica	39
Figura 16 - Inter-relações CTS	42
Figura 17 - Educação CTS	43
Figura 18 - Pilha de Daniell.....	49
Figura 19 - Semi-reação de oxidação	50
Figura 20 - Semi-reação de redução	50
Figura 21 - Reação global da pilha de Daniell	50
Figura 22 - Quantidade de água do planeta	56
Figura 23 - Estação de tratamento de esgoto (ETE).....	58
Figura 24 - Reação geral do metabolismo aeróbico de compostos orgânicos.....	59
Figura 25 - Reação com a molécula de glicose	60
Figura 26 - Reação geral do metabolismo anaeróbico de compostos orgânicos.....	60
Figura 27 - Reação com a molécula de glicose	60
Figura 28 - Relação DQO/QBO	61
Figura 29 - Oxidação completa da matéria orgânica (MO).....	62
Figura 30 - Reações envolvidas no processo de eletrofloculação	63
Figura 31 - Etapas da pesquisa	65

Figura 32 - a) modelo atômico 3D b) modelo atômico planificado	77
Figura 33 - Reação demonstrada pelo modelo atômico confeccionado	77
Figura 34 - a) retirada dos dois elétrons do Mg b) transferência dos elétrons c) Elétrons sendo recebidos pelos hidrogênios	77
Figura 35 - Alunos desenvolvendo e apresentando a atividade de resolução de problemas sobre pilhas e baterias	78
Figura 36 - Reações de identificação dos metais no solo	80
Figura 37 - Reações de identificação de metais pesados.....	81
Figura 38 - A) Kits experimentais (B) Alunos realizando a atividade	82
Figura 39 - Esquema representando o desenvolvimento da parte 1 da etapa 4.....	83
Figura 40 - Alunos realizando o desafio.....	86
Figura 41 - (a) Exemplo de montagem do sistema para eletrofloculação; (b) Alunos realizando a atividade.....	88
Figura 42 - Reações envolvidas no processo de eletrofloculação	88
Figura 43 - Mapa conceitual referente à parte 2 da aplicação na escola	90
Figura 44 - Mapa conceitual construído com os estudantes.....	91
Figura 45 - Representação percentual do critério Abordagem	95
Figura 46 - Representação percentual do critério Sub área	96
Figura 47 - Representação percentual do critério Contexto	97
Figura 48 - Representação percentual do critério Reações redox	101
Figura 49 - Átomo de Zn^0	106
Figura 50 - Átomo de Zn^{+2}	106
Figura 51 - Semi reação do Cobre	107
Figura 52 - Reação global entre Zn e Cu.....	107
Figura 53 - Reação de oxidação de um álcool apresentada no livro de ensino médio	108
Figura 54 - a) Densidade eletrônica da ligação entre H-Cl b) densidade eletrônica da molécula de CO_2	108
Figura 55 - Oxidação de álcool a aldeído, determinação de NOX	109
Figura 56 - Reação envolvida no tratamento aeróbico de efluentes e o NOX	109
Figura 57 - Gráfico sobre as expectativas dos estudantes para o futuro.....	112
Figura 58 - Gráfico das disciplinas preferidas dos estudantes.....	112
Figura 59 - Gráfico com as respostas fornecidas pelos estudantes quando aos cuidados praticados pelo meio ambiente	113
Figura 60 - Gráfico referente a identificação de uma reação redox	125

Figura 61 - Resposta do E15 no questionário Q2.....	126
Figura 62 - Resposta do E15 no questionário final	126
Figura 63 - Resposta do E7 no questionário final	126
Figura 64 - Gráfico referente a dependência das reações	127
Figura 65 - Gráfico da representação atômica.....	129
Figura 66 - Representações corretas	132
Figura 67 - Evolução conceitual do estudante E14	132
Figura 68 - Relação entre número de alunos e acertos da questão sobre pilhas.....	133
Figura 69 - Relação entre número de alunos e acertos da questão sobre pilhas.....	134
Figura 70 - Resposta do E15 para questionário final	134
Figura 71 - Resposta do E17 no questionário final	134
Figura 72 - Respostas dos alunos quanto a composição das pilhas.....	135
Figura 73 - Categorização das resposta quanto as causas do descarte incorreto de pilha e baterias	136
Figura 74 - Opinião dos estudantes quanto as aulas desenvolvidas	139
Figura 75 - Número e Opinião dos alunos quanto as afirmações.....	141
Figura 76 - Resposta fornecida pelo GA	143
Figura 77 - Resposta fornecida pelo GB	144
Figura 78 - Resposta fornecida pelo GC	145
Figura 79 - Alunos demonstrando a reação	146
Figura 80 - Número de estudantes que respondeu correta ou incorretamente a questão sobre as reações orgânicas redox.....	149
Figura 81 - Resposta fornecida pelo E4 no questionário final	150
Figura 82 - Resposta fornecida pelo E5 no questionário final	150
Figura 83 - Resposta fornecida pelo E13 no questionário final	151
Figura 84 - Resposta fornecida pelo E15 no questionário inicial.....	151
Figura 85 - Resposta fornecida pelo E15 no questionário final	151
Figura 86 - Tratamento de efluentes: respostas iniciais e finais.....	152
Figura 87 - Importância da água para os estudantes.....	154
Figura 88 - Consequências da poluição da água na visão dos estudantes	155
Figura 89 - Tipos de poluentes citados pelos estudantes no início e no fim dos questionários	156
Figura 90 - Opinião dos estudantes quanto a proposta desenvolvida.....	157
Figura 91 - Número e Opinião dos alunos quanto as afirmações.....	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Diferentes definições das reações de oxi-redução.....	25
Quadro 2 - Modelos de oxidação-redução.....	26
Quadro 3- Organização das regras de número de oxidação	33
Quadro 4 - Regras para determinação do NOX.....	34
Quadro 5 - Níveis de oxidação	36
Quadro 6 - Aspectos CTS.....	44
Quadro 7 - Tipos de pilhas e baterias e suas reações de oxirredução.....	51
Quadro 8 - Origem dos metais no solo	54
Quadro 9 - Descrição das intervenções na escola.....	71
Quadro 10 - Tarefa para realização da atividade de problematização inicial.....	73
Quadro 11 - Quadro norteador da tarefa de problematização inicial	74
Quadro 12 - Algumas Imagens e questões utilizadas na problematização	74
Quadro 13 - Desafio inicial para construção do conhecimento.....	76
Quadro 14 - Exemplo de problemas sobre pilhas e baterias.....	78
Quadro 15 - Materiais e reagentes para atividade experimental de Identificação de metais pesados em amostra de solo contaminado	79
Quadro 16 - Descrição do procedimento de identificação dos metais pesados.....	80
Quadro 17 - Exemplo de problema para resolução da atividade experimental	81
Quadro 18 - Problematização inicial	84
Quadro 19 - Desafio inicial para construção do conhecimento sobre tratamento de efluentes	85
Quadro 20 - Desafio para atividade experimental de eletrofloculação	86
Quadro 21 - Reagentes e materiais para atividade experimental de eletrofloculação	87
Quadro 22 - Desafio da aplicação do conhecimento	89
Quadro 23 - Classificação dos contextos.....	93
Quadro 24 - Trechos destacados para análise de contexto	97
Quadro 25 - Conceituação das reações redox pelos artigos	99
Quadro 26 - Trechos de artigos que não conceituaram as reações redox.....	100
Quadro 27 - Termos utilizados nos artigos analisados	101
Quadro 28 - Desafio e resposta do grupo G1	115
Quadro 29 - Desafio e resposta do grupo G2	116
Quadro 30 - Desafio e resposta do grupo G3	118
Quadro 31 - Desafio e resposta do grupo G4	119

Quadro 32 - Desafio e resposta do grupo G5	120
Quadro 33 - Desafio e resposta do grupo G6	121
Quadro 34 - Resolução dos problemas pelos estudantes	122
Quadro 35 - Categorias e exemplos.....	129
Quadro 36 - Categorias e exemplos Q2.....	130
Quadro 37 - Desafio e respostas fornecidas pelos grupos	147
Quadro 38 - Exemplos de relações insatisfatórias.....	160
Quadro 39 - Exemplo de relações satisfatórias	160

LISTA DE ABREVIATURAS

ATD	Análise Textual Discursiva
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTSA	Ciência-Tecnologia-Sociedade- Ambiente
ddp	Diferença de potencial padrão
GEPEQ	Grupo de pesquisa em educação química
GIEQ	Grupo de investigação no Ensino de ciências
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (União internacional de Química Pura Aplicada)
LAEQUI	Laboratório de ensino de Química
NOX	Número de oxidação
PCN	Parâmetros curriculares nacionais
PCNEM	Parâmetros curriculares nacionais do Ensino Médio
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USP	Universidade de São Paulo

Sumário

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	19
CAPÍTULO 1 - AS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO: EXPLORANDO O CONCEITO	24
1.1. AS REAÇÕES REDOX	24
1.1.1. Explorado o conceito	24
1.1.2. Número de oxidação, estado de oxidação e níveis de oxidação	32
1.1.3. Série eletroquímica	38
CAPÍTULO 2- POLUIÇÃO COMO TEMÁTICA PARA O ENSINO DAS REAÇÕES REDOX NA PERSPECTIVA CTSA	41
2.1. A PERSPECTIVA CTS	42
2.1.1. A Perspectiva CTS e a Educação ambiental.....	45
2.2. A TEMÁTICA “POLUIÇÃO”	46
2.3. POLUIÇÃO DO SOLO POR PILHAS E BATERIAS	47
2.3.1. As pilhas e baterias e suas reações redox	49
2.3.1. Impacto ambiental e a saúde humana	53
2.3.2. Os metais pesados e contaminação do solo	53
2.4. POLUIÇÃO DA ÁGUA E OS TRATAMENTOS DE EFLUENTES	55
2.4.1. O tratamento de efluentes	57
2.4.2. O tratamento de efluentes e a oxidação química	58
CAPÍTULO 3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	64
3.1. ANÁLISE DOS ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA QNESC	66
3.2. INTERVENÇÕES EM SALA DE AULA	66
3.2.1. Metodologias de ensino	66
3.2.2. Contexto e sujeitos das intervenções	70
3.2.3. Descrição das intervenções.....	70
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	91
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	93

4.1.	ANÁLISE DOS ARTIGOS DA REVISTA QNEsc.....	93
4.1.1.	Quanto a abordagem.....	94
4.1.2.	Quanto ao foco em subáreas da química.....	95
4.1.3.	Quanto aos contextos de estudo.....	96
4.1.4.	Quanto as reações redox.....	98
4.1.5.	Quanto a temática ou assuntos utilizados.....	102
4.1.6.	Algumas considerações.....	103
4.2.	PROPOSTA PARA ABORDAR AS REAÇÕES REDOX.....	104
4.3.	ANÁLISE E DISCUSSÕES DAS INTERVENÇÃO.....	110
4.3.1.	Características dos sujeitos.....	110
4.3.2.	Poluição do solo.....	114
4.3.3.	Poluição da água.....	142
4.3.4.	Análise e discussões da atividade de produção textual final.....	159
4.3.5.	Evolução a respeito das relações CTSA por parte dos estudantes.....	161
	CAPÍTULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	164
5.1.	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	167
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
	APÊNDICES.....	179
	APÊNDICE A- Questionário investigativo sobre perfil dos sujeitos.....	180
	APÊNDICE B- Questionário inicial (Q1).....	181
	APÊNDICE C- Desafios.....	182
	APÊNDICE D- Material de apoio aos estudantes (Parte 1).....	184
	APÊNDICE E- Questionário (Q2).....	198
	APÊNDICE F- Questionário final (Q3).....	200
	APÊNDICE G- Questionário Inicial da parte 2 (Q4).....	201
	APÊNDICE H- Tarefa de problematização inicial.....	202
	APÊNDICE I- Material de apoio para os estudantes (Parte 2).....	203

APÊNDICE J- Questionário final parte 2 (Q5)	209
APÊNDICE K- Quadro com a análise dos artigos da QNEsc	211

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Dentre muitas situações cotidianas que envolvem o tema proposto nesta pesquisa, queremos aqui destacar três. Uma é a corrosão, visivelmente identificada por aquela coloração alaranjada em pregos ou palhas de aço, adquirida após contato com a água e o ar. Para se ter uma ideia, apenas nos Estados Unidos, mais de 10 bilhões de dólares são perdidos a cada ano pela corrosão (JOESTEN; WOOD, 1996). A corrosão é a oxidação indesejada de um metal, que diminui a vida útil de produtos de aço, como pontes e automóveis (ATKINS; JONES, 2006).

Outra situação, aparentemente bem diferente da citada anteriormente, tem a ver com gases no sangue. A pressão arterial de O_2 mede a oxigenação no sangue e a pressão arterial de CO_2 mede capacidade do corpo de excretar o CO_2 . Como a solubilidade de O_2 em água é baixa, o sangue precisa conter uma substância que transporta o gás para os tecidos. Quem realiza essa função é a hemoglobina, que possui em seu centro o íon ferro responsável por fazer ligação com o O_2 . Como o nível de O_2 no sangue é muito importante diversos dispositivos foram criados para possibilitar sua medição, entre eles está uma minúscula célula eletroquímica (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2009).

Por fim, discutiremos rapidamente sobre automóveis. Estes, na maioria das vezes, são movidos por uma bateria de chumbo. Mas em virtude dos padrões necessários para um ar limpo muitos fabricantes têm projetado carros elétricos. Existe também as células a combustível com base em hidrogênio-oxigênio que tem a maioria das exigências para o seu uso em automóveis, mas seu custo é muito elevado. Parece que a solução surge com os carros híbridos, que combinam um dispositivo movido a gasolina com um motor elétrico e baterias para armazenar energia elétrica (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2009).

O que as situações descritas acima tem em comum? Aparentemente pode não parecer tão fácil encontrar semelhanças, mas se pensarmos em nível molecular percebemos que elas fazem parte do mesmo processo, são **reações de oxirredução**. Mesmo sendo muito presente em situações cotidianas este é um conteúdo considerado difícil de ensinar e aprender. De Jong, Acampo e Verdonk (1995) descrevem que os professores percebem as reações redox como um dos temas mais difíceis de ensinar, e os alunos tem dificuldade de conceituar esse tipo de reações. Em 2015, o sentimento dos professores parece ser o mesmo. Um dos problemas apontados é como explicar a transferência de elétrons de modo a permitir que os estudantes adotem o modelo de elétrons corretamente.

Uma das questões levantadas por este mesmo artigo são as diferentes formas de se trabalhar esse conteúdo quando mudamos de domínio dentro da própria química, ou seja, quando trabalhamos com a Química Inorgânica, Orgânica e Bioquímica. Cada uma explica as reações de oxirredução de uma forma diferente, o que acaba causando confusões no seu entendimento. Outro estudo (MENDONÇA; CAMPUS; JÓFILI, 2004) apresenta uma pesquisa feita com livros de Química orgânica e conclui que o conceito de oxirredução vem sendo explorada de forma pouco adequada nessa área de conhecimento.

O entendimento de reações redox pode ajudar na promoção de habilidades como a capacidade de pensar, refletir, compreender e agir sobre as determinações da vida social e produtiva, tornando-se um facilitador da leitura do mundo (CHASSOT, 1990). Isso por que, como já mencionado, esse tipo de reação se faz presente em diversas situações cotidianas. O ensino de química é um meio que ajuda a promover essas habilidades nos estudantes do Ensino Médio. Entretanto, não basta apenas desenvolver o conteúdo puramente científico, é importante contextualizar e relacionar com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais. Uma alternativa que surge para realizar um ensino dessa forma é o uso de temáticas.

Assim, essa pesquisa surge como uma proposta diferenciada no ensino e a aprendizagem do conteúdo de reações redox, utilizando-se, para isso, da temática “Poluição”. O uso de temas no ensino de química é uma forte ferramenta pois os temas são extraídos do contexto dos sujeitos e seu desenvolvimento permite a problematização do conteúdo a ser ministrado (VOGEL; MARI, 2014).

Com a escolha deste tema buscaremos interconexões entre o movimento CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) e a Educação Ambiental, por isso, optamos pelo uso da sigla CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente). A temática “Poluição” será explorada sob dois enfoques, a poluição do solo explorando o conteúdo de oxirredução através das reações de pilhas e baterias e a poluição da água explorada pelas reações referentes ao tratamento de esgoto.

Portanto, busca-se um ensino de Química diferenciado do atual para explorar as reações redox, de forma com que estudante atue como agente participativo capaz de tomar decisões com sabedoria e conhecimento. De encontro com essa perspectiva, o movimento CTS busca formar cidadãos conscientes de seus direitos e obrigações, de pensar por si mesmo e ter uma visão crítica da sociedade em que vivem (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009). Pois, como mencionado por Chassot,

a nossa responsabilidade maior no ensinar Ciências é procurar que nossos alunos e alunas se transformem, com o ensino que fazemos, em homens e mulheres mais críticos. Sonhamos que, como o nosso fazer educação, os estudantes possam tornar-se agentes de transformação - para melhor - do mundo em que vivemos (CHASSOT, 2010, p. 55).

Nesta perspectiva, essa pesquisa busca responder o seguinte questionamento: **Como a temática “Poluição”, considerada em duas perspectivas - poluição do solo e poluição da água- sob um enfoque CTSA, pode favorecer o processo de ensino aprendizagem do conteúdo de reações redox para estudantes de nível médio?**

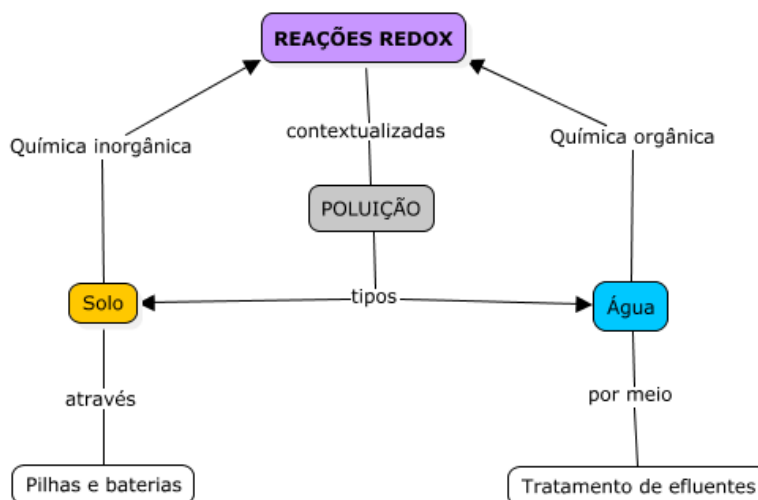
Para responder a esse questionamento, o objetivo geral desta pesquisa é favorecer o processo de ensino e aprendizagem de estudantes de nível médio, do conteúdo de reações redox sob um enfoque CTSA, utilizando a temática “Poluição” em duas perspectivas, poluição do solo e poluição da água.

Para atingir ao objetivo principal, temos como objetivos específicos:

- Diferenciar os significados atribuídos aos termos envolvidos nas reações redox;
- Verificar como as reações redox estão sendo abordadas no ambiente escolar;
- Realizar um levantamento bibliográfico e analisar as publicações da revista QNEsc;
- Desenvolver e avaliar uma maneira simples e eficaz para abordar as reações de oxirredução tanto na química inorgânica como na química orgânica em nível médio;
- Utilizar diferentes metodologias e estratégias didáticas contextualizadas com a temática “Poluição” com viés para poluição do solo e da água;
- Contribuir para o ensino e aprendizagem da reações redox.

Na Figura 1, apresentamos um esquema geral de como as reações redox serão exploradas nesta pesquisa.

Figura 1 - Esquema de como serão abordadas as reações redox



Fonte: Autores

Durante o trabalho usaremos o termo construção do conhecimento, pois seguimos a linha de pensamento construtivista da qual Piaget é o pioneiro. Para ele o sujeito constrói seu conhecimento e conhece o mundo cientificamente. Uma das implicações da teoria de Piaget para o ensino é a de que se deve respeitar o nível de desenvolvimento cognitivo do aprendiz (MOREIRA, 2009). Outro autor construtivista é Vygotsky. Para esse autor nas palavras de Moreira,

o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural no qual ocorre. Os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento volitivo) do indivíduo têm origem em processos sociais. O desenvolvimento desses processos no ser humano é mediado por instrumentos e signos construídos social, histórica e culturalmente no meio social em que ele está situado (MOREIRA, 2009, p. 19)

Essa dissertação está organizada em cinco capítulos. O primeiro, denominado *Reações de oxirredução: explorando o conceito*, apresenta um referencial teórico sobre as reações redox explorando de várias maneiras o conteúdo, base fundamental desta investigação.

Em seguida, no capítulo 2, *Poluição como temática para o ensino das reações redox sob uma perspectiva CTSA*, desenvolvemos de forma sucinta aspectos gerais da temática “Poluição” e da sua ligação com o enfoque CTSA, apresentando algumas características desse

ponto de vista. Após, relaciona-se a temática poluição do solo com as reações inorgânicas através do estudo de pilhas e baterias, bem como os danos que estes materiais podem causar no solo. Ainda, apresentamos a temática poluição da água associada às reações orgânicas de oxirredução envolvidas no tratamento de efluentes.

Elencados os princípios teóricos norteadores, passamos para o capítulo 3, *Procedimentos metodológicos da pesquisa*, onde descrevemos em detalhes como a pesquisa foi realizada, desde o tipo de pesquisa até as metodologias de ensino utilizadas e metodologia de análise dos dados obtidos.

Em seguida, apresentamos a *Análise dos resultados*, momento em que os dados obtidos serão analisados e discutidos, buscando responder o nosso problema de pesquisa.

Finalizando, no capítulo 5, *Considerações finais*, esclarecemos como no nosso entendimento essa pesquisa pode contribuir para a construção do conhecimento químico a respeito das reações redox, respondendo o problema de pesquisa.

CAPÍTULO 1 - AS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO-REDUÇÃO: EXPLORANDO O CONCEITO

Os processos de oxidação e redução fazem parte de uma das principais classes de reações químicas, sendo bastante comuns no nosso cotidiano, pois, assim como Joesten e Wood (1996) descrevem, nós vivemos em uma atmosfera oxidante. Ao ingerirmos um alimento, seus nutrientes sofrem diversas reações oxidativas pela ação do oxigênio. Além disso, as reações de oxidação-redução estão presentes em diversas situações fundamentais para o processo evolutivo da tecnologia e indispensáveis para a vida, como a produção de energia elétrica. Segundo Atkins e Jones (2006) as reações redox,

São extraordinariamente versáteis. Muitas reações comuns, como a combustão, a corrosão, a fotossíntese, o metabolismo dos alimentos e a extração de metais de minério, parecem completamente diferentes, mas ao examinarmos essas reações a nível molecular, sob a óptica de um químico, pode-se ver que elas são exemplos de um único tipo de processo (ATKINS; JONES, 2006, p. 92)

Neste capítulo exploraremos as reações redox, as diferentes abordagens conceituais descritas na literatura por diferentes autores, bem como a diversidade de modelos que são utilizados para explicar esse tipo de reação, devido sua aplicação tanto para a química inorgânica, quanto orgânica e bioquímica. Também analisaremos os diferentes termos que são utilizados para entendimento das reações redox, tais como, número, estado e nível de oxidação. E por fim, veremos de forma breve o potencial padrão de redução de algumas substâncias.

1.1. AS REAÇÕES REDOX

1.1.1. Explorando o conceito

Muitas denominações são empregadas como, reações redox, ou reações de oxidação-redução, ou reações de oxi-redução ou ainda reações de oxirredução, e diversos enfoques para explicá-las. Atualmente, a IUPAC (2014, p. 1048) descreve a oxidação, para a química da atmosfera, como sendo: 1) remoção completa de um ou mais elétrons da estrutura molecular; 2) aumento no número de oxidação de qualquer átomo em qualquer substrato; 3) Ganho de oxigênio ou perda de hidrogênio de qualquer substrato orgânico. Todas as reações de oxidação cumprem os critérios 1 e 2, e muitas se encontram no critério 3, porém isso nem sempre é de fácil demonstração.

Os termos oxidação e redução surgiram pela primeira vez no final do século XVIII, como sendo um sentido literal da reação que ocorre com o elemento oxigênio e sua conversão. Após alguns estudos descobriu-se que haviam reações sem o oxigênio. Assim, em 1884, o químico Muir ampliou o conceito original aplicando-o as mudanças químicas que resultam em uma adição de uma carga negativa ou decréscimo de carga positiva (JENSEN, 2007).

Vinte anos depois, os químicos Caven e Lader tentaram racionalizar o conceito de processos equivalentes descrevendo a oxidação com a conversão de um menor para um maior estágio de combinação com oxigênio, por meio da adição de qualquer oxigênio ou um átomo eletronegativo, ou pela remoção de um átomo de hidrogênio. O processo de redução é o inverso (JENSEN, 2007).

Enquanto isso, na área da eletroquímica, Ostwald em 1893, observou que processos de oxidação e redução nos eletrólitos consistem na aquisição ou na liberação de cargas iônicas e oxidantes são substâncias que adquirem carga negativa ou liberam carga positiva e redutores são aqueles em que o oposto ocorre (JENSEN, 2007).

Ainda de acordo com Jensen (2007), em 1915, Fry, concluiu que o desenvolvimento de uma valência positiva por um átomo, pela perda de elétrons corresponde a oxidação, e quando um átomo desenvolve uma valência negativa, através do ganho de elétrons é reduzido.

Assim, aparecem na literatura várias formas de descrever os processos de oxidação-redução, muitos de acordo com os critérios da IUPAC, como por exemplo, os autores Joesten e Wood (1996) que definem as reações redox como: (1) oxidação é a reação com o oxigênio, na qual um ou mais produtos da reação e os produtos de oxidação, ganharam oxigênio; (2) oxidação é a perda de hidrogênios por um reagente, e (3) oxidação é a perda de elétrons de valência por um átomo, íon. A redução é o oposto (

Quadro 1).

Quadro 1- Diferentes definições das reações de oxi-redução

Oxidação	
Definição	Usado para
Oxidação é o ganho de oxigênio	Reações que envolvem oxigênio
Oxidação é a perda de átomos de hidrogênio	Reações que envolvem hidrogênio
Oxidação é a perda de elétrons	A maioria dos tipos de reações
Redução	
Redução é a perda de oxigênio	Reações que envolvem oxigênio

Redução é o ganho de átomos de hidrogênio	Reações que envolvem hidrogênio
Redução é o ganho de elétrons	A maioria dos tipos de reações

Fonte: Adaptação de (JOESTEN; WOOD; 1996)

Já para Ringnes (1995 apud OSTERLUND; EKBORG, 2009), existem quatro modelos (Quadro 2), para explicar as reações redox. Porém, ao analisarmos esses modelos, estes estão de acordo com três critérios da IUPAC, onde o modelo de oxigênio e o modelo do hidrogênio encaixam-se no critério 3, o modelo de elétrons no critério 1 e modelo do número de oxidação no critério 2.

Quadro 2 - Modelos de oxidação-redução

Modelo	Redução	Oxidação
Modelo do Oxigênio	Perda de oxigênio	Ganho de oxigênio
Modelo de Hidrogênio	Ganho de hidrogênio	Perda de hidrogênio
Modelo de Elétrons	Ganho de elétrons	Perda de elétrons
Modelo do número de oxidação	Diminuição do número de oxidação	Aumento do número de oxidação

Fonte: Adaptação de Ringnes (1995 apud OSTERLUND; EKBORG, 2009)

Encontramos ainda uma definição que utiliza a oxidação como sendo uma diminuição da densidade eletrônica e a redução como um aumento. Isso foi proposto por Anselme (1997) e esta forma de definir não aparece, pelo menos de forma explícita, nas regras da IUPAC.

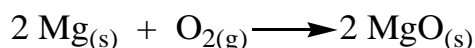
Dessa forma, partindo destas diferentes definições de uma reação redox, exploraremos cada uma delas, bem como estabeleceremos uma relação com os critérios instituídos pela IUPAC. Assim, quanto o critério 1 e 2 da IUPAC: 1) remoção completa de um ou mais elétrons de um entidade molecular; 2) aumento no número de oxidação de qualquer átomo em qualquer substrato; dizemos que uma espécie está oxidada quando esta perde elétrons e quando ganha elétrons estará reduzido (ATKINS; JONES, 2006).

De acordo com os mesmos autores, para reconhecer uma reação redox envolvendo metais precisamos descobrir se existe uma transferência de elétrons de uma espécie para outra. Uma maneira é através do número de oxidação (NOX). Isso porque, quando ocorre uma oxidação, há um aumento no número de oxidação, já em uma redução o número de oxidação diminui. Assim, uma reação redox envolvendo metais ocorre quando os números de oxidação se alteram. Chamamos de agente oxidante aquele que provoca a oxidação, sendo esta a espécie que reduz, e agente redutor aquele que provoca a redução, portanto se oxida. Os autores

Masterton, Slowinski e Stanitsky (2009); Baird (2006); e Harris (2005) estão de acordo com essa definição, que engloba tanto modelo de elétrons quanto o de número de oxidação.

Exemplificando essa forma de conceituação os autores Atkins e Jones apresentam a reação de oxidação-redução entre o magnésio e o oxigênio (Figura 2):

Figura 2 - Reação de oxi-redução entre magnésio e oxigênio

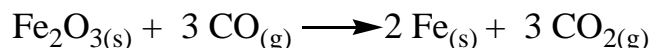


Fonte: (ATIKINS; JONES, 2006)

Durante essa reação os átomos de magnésio sólido perdem dois elétrons para formar íons Mg^{2+} e os átomos de oxigênio molecular ganham dois elétrons para formar o O^{2-} . Essa transferência de elétrons de uma espécie para outra é reconhecida como etapa essencial da oxidação.

Como exemplo de redução temos a reação entre o óxido de ferro III e monóxido de carbono (Figura 3):

Figura 3 - Reação de oxi-redução entre ferro e monóxido de carbono

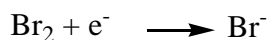
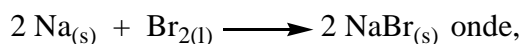


Fonte: (ATIKINS; JONES, 2006)

Nessa reação os íons Fe^{3+} do Fe_2O_3 são convertidos em átomos de Fe que ao ganhar elétrons fica com carga zero. Este é o padrão comum das reduções, um átomo ganha elétrons de uma espécie, e assim, sempre que a carga diminui dizemos que houve redução. Dessa forma, a oxidação é o processo de perda de elétrons e a redução de ganho, mas como os elétrons são partículas reais e não podem ser “perdidas”, sempre que uma espécie se oxida outra deverá se reduzir. Não é possível considerar a oxidação separadamente da redução, uma transferência precisa da outra para a reação acontecer (ATKINS; JONES, 2006).

Já para Joesten e Wood (2006) oxidação como perda de elétrons, é a definição mais geral, onde um átomo ou íon é dito oxidado quando perde elétrons. Quando um átomo neutro se transforma em um íon positivo, ele deve ter perdido elétrons e se oxidado. Como exemplo, apresentam a reação entre Sódio e Bromo (Figura 4).

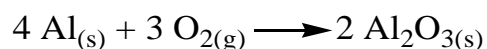
Figura 4 - Reação de oxi-redução entre sódio e bromo



Fonte: Adaptação de Joesten e Wood (2006)

Para o terceiro critério da IUPAC (Ganho de oxigênio ou perda de hidrogênio), mais especificamente para o modelo que utiliza a oxidação pelo ganho de oxigênio, Joesten e Wood (1996) explicam que isso ocorre quando oxigênio se combina com outro elemento ou composto. Como exemplo, vejamos a reação do metal alumínio, reagindo com o oxigênio (Figura 5). Neste caso dizendo que, em tal reação, o metal foi oxidado.

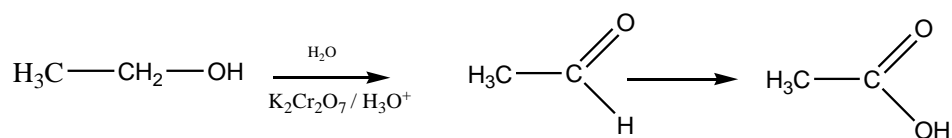
Figura 5 - Reação de oxi-redução entre alumínio e oxigênio



Fonte: (JOESTEN; WOOD, 2006)

Para elucidar a oxidação como perda de hidrogênio, os mesmos autores explicam que isso ocorre geralmente em reações orgânicas, sendo que a perda de hidrogênio não é a causa da oxidação, mas é uma forma de reconhecer quando a oxidação ocorre. Citando como exemplo, a oxidação do etanol (álcool) a etanal (aldeído) e posteriormente a ácido etanoico (ácido carboxílico) (Figura 6).

Figura 6 - Oxidação do álcool



Fonte: Adaptação de Joesten e Wood (2006)

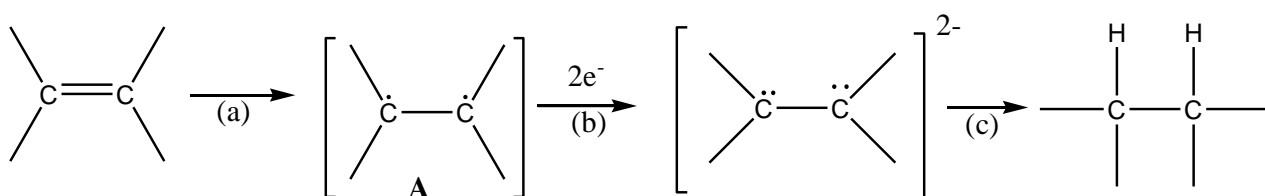
Os autores mencionam que a definição mais geral é a oxidação como perda de elétrons por um átomo ou íons. Assim, para cada uma das três definições de oxidação correspondem as definições de redução: (1) redução é a perda de oxigênio por um reagente; (2) redução é o ganho de hidrogênio por um reagente; (3) redução é o ganho de elétrons de valência por um átomo, molécula ou íon.

Analisando-se outros pontos de vista, o autor Anselme (1997), afirma que o domínio dos conceitos e definições de oxidação como perda de elétrons e redução como ganho de

elétrons é relativamente simples, porém a constatação de que a aplicação desse conhecimento não é intuitivamente transferível para a Química Orgânica. Em seu artigo, o autor apresenta algumas reações e explica cada uma delas em detalhes, demonstrando que não é tão simples utilizar a definição clássica em reações de oxidação-redução para a química orgânica.

Um das reações utilizadas pelo autor é a redução de uma ligação dupla, que por sua vez está de acordo com a definição usual de ganho e perda de elétrons. É possível desacoplar os dois elétrons que formam a ligação dupla (Figura 7) e dessa forma obter-se a espécie A (etapa A). O passo b é a redução onde cada carbono ganha um elétron (total de 2). O último passo (c) é a aquisição de dois prótons para neutralizar a dupla carga negativa adquirida no produto final.

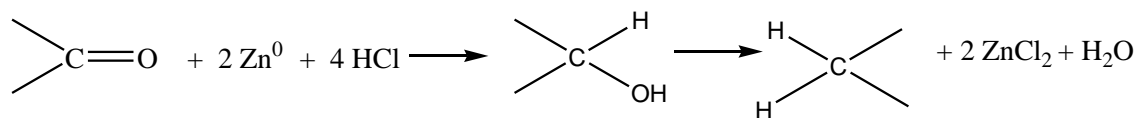
Figura 7 - Redução da dupla



Fonte: (ANSELME, 1997)

Usando a Figura 8, analisaremos uma redução via metal ativo.

Figura 8 - Reação de redução do metal ativo



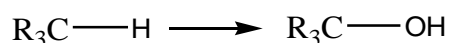
Fonte: (ANSELME, 1997)

Nessa reação o zinco metálico (estado de oxidação 0) fornece os dois elétrons que realizam a redução, oxidando-se a Cloreto de Zinco (estado de oxidação +2). O primeiro estágio é a conversão do grupo carbonila a álcool. O produto final é o grupo metileno (Figura 8). Assim a conversão do álcool intermediário a metileno é também uma redução. Essa reação é do tipo que pode ser expressa como a redução sendo uma combinação de perda de oxigênio e ganho de hidrogênio.

O autor evidencia que a definição clássica de ganho e perda de elétrons não se enquadra totalmente nas reações de oxidação-redução da química orgânica. Ele acredita que uma

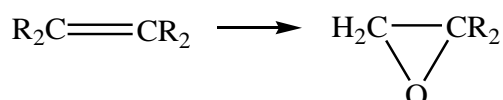
definição mais ampla e funcional pode ser considerada como sendo a oxidação uma diminuição da densidade eletrônica e a redução como aumento da densidade eletrônica ao redor do átomo envolvido, ao invés de considerar simplesmente a perda e o ganho de elétrons. Isso pode ser demonstrado pela conversão de alcano a álcool (Figura 9) e a epoxidação de um alceno (Figura 10).

Figura 9 - Reação de conversão de alcano a álcool



Fonte: (ANSELME, 1997)

Figura 10 - Reação de epoxidação



Fonte: (ANSELME, 1997)

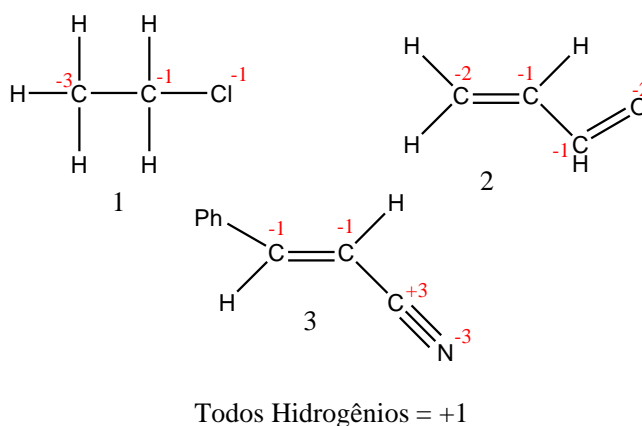
No primeiro caso, o carbono vai do compartilhamento do par de elétrons com o hidrogênio menos eletronegativo para compartilhá-lo com o oxigênio mais eletronegativo. A mesma perspectiva é aplicada para a epoxidação do alceno, onde cada carbono da dupla poderia possuir, de imediato, um elétron, mas quando ele é epoxidado, esses elétrons passam a ser compartilhados com o oxigênio mais eletronegativo. Em ambos os exemplos, a densidade eletrônica ao redor do carbono diminuiu, portanto, ele oxidou. Esta perspectiva surge como mais uma maneira para explicar uma reação redox.

Por fim, uma explicação utilizando os números de oxidação é proposta por Menzek (2002), sendo essa uma forma mais simples para explicar as reações redox da química orgânica. Não podemos esquecer que na química orgânica estamos trabalhando com compostos covalentes, enquanto na química inorgânica, compostos iônicos. Esse fato leva a uma diferença na hora de atribuir o número de oxidação aos compostos, pois deve-se levar em conta a eletronegatividades dos átomos ligados ao carbono, assim cada átomo da molécula adquire um carga parcial. A densidade eletrônica em torno do carbono diminui se este estiver ligado a átomos mais eletronegativos, como por exemplo, oxigênio e cloro, sendo assim possuem a tendência de polarizar a ligação covalente.

Menzek (2002) apresenta os seguintes exemplos de compostos orgânicos (Figura 11)

com seus números de oxidação:

Figura 11 - Exemplo de NOX de compostos orgânicos



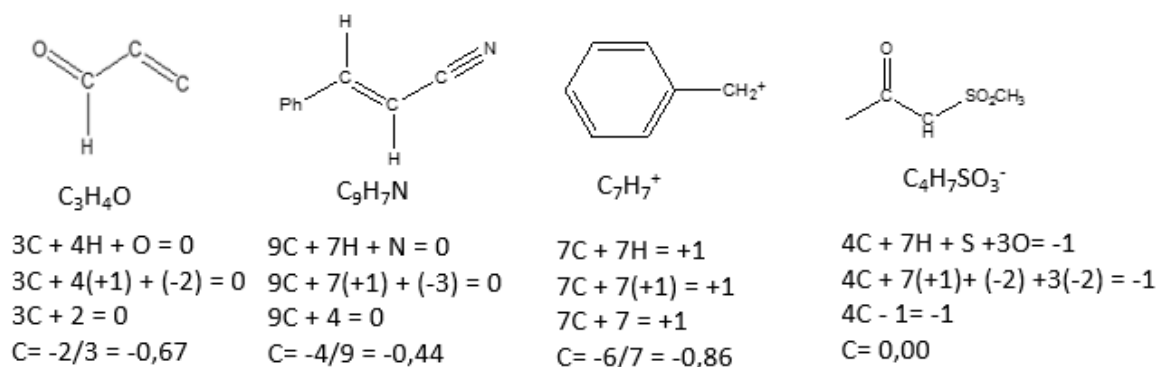
Fonte: (MENZEK, 2002)

Ele afirma, que essa forma de apresentação ajuda para a compreensão das reações de oxirredução, porém os número de oxidação desses átomos de carbono não são totalmente corretos, pois os efeitos indutivos (I) e mesoméricos (M) não foram considerados.

Dentro da definição utilizada na química orgânica, de perda de hidrogênio e adição de oxigênio, Menzek afirma que o átomo de carbono é mais eletronegativo que o hidrogênio, mas menos que o oxigênio. Dessa forma, um composto recebe elétrons se houver perda de oxigênio ou ganho de hidrogênio, e perde elétrons se houver perda de hidrogênio ou adição de oxigênio. O elemento que recebe ou perde elétrons é geralmente o carbono.

Para verificar se houve oxidação ou redução em compostos orgânicos, visto que estes possuem, na maioria das vezes, mais de um carbono em sua estrutura, e cada carbono pode possuir um número de oxidação diferente, dependendo a quem está ligado. Podemos ainda, de acordo com Menzek, considerar o número médio de oxidação. Se este número médio aumenta, houve oxidação e vice-versa. Esse cálculo do número de oxidação é demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Determinação do NOX médio



Fonte: (MENZEK, 2002).

Com isso, apresentamos as reações redox e suas diversas explicações, tanto para íons, radical livre e moléculas, visto a enorme diversidade de situações das quais essas reações fazem parte. Passamos agora a discutir a utilização dos termos estado de oxidação, número de oxidação e os níveis de oxidação, pois estes, são fundamentais para explicação da reações.

1.1.2. Número de oxidação, estado de oxidação e níveis de oxidação

Número de oxidação ou estado de oxidação? Em 1938 Latimer introduziu os termos “número de oxidação” ou “estado de oxidação”, juntamente com um termo paralelo “potencial de oxidação” (JENSEN, 2007). Hoje, de acordo com a IUPAC (p. 1049, 2014), o número de oxidação de um átomo central em uma esfera de coordenação é a “carga” que deveria suportar se todos os ligantes forem removidos juntamente com os pares de elétrons que foram compartilhadas com o átomo central, sendo representado por números romanos.

Já o estado de oxidação é uma medida do grau de oxidação de um átomo em uma substância. É definido de acordo com um conjunto de regras: (1) o estado de oxidação de uma molécula simples; (2) para um íon monoatômico, o estado de oxidação é igual à carga líquida; (3) hidrogénio tem um estado de oxidação de +1 e oxigénio tem um estado de oxidação de -2 na maioria dos compostos. (As exceções são: o hidrogénio tem um estado de oxidação de -1 em hidretos de metais ativos, ex. LiH, e oxigênio tem um estado de oxidação de -1 em peróxidos, por exemplo, H₂O₂); (4) a soma algébrica dos estados de oxidação de todos os átomos numa

molécula neutra deve ser igual a zero, enquanto que em íons a soma algébrica dos estados de oxidação do átomos constituintes deve ser igual à carga do íon. Quanto maior o estado de oxidação de um átomo, maior é o seu grau de oxidação; quanto menor for o estado de oxidação, maior é o seu grau de redução.

Quanto a utilização dessas regras, Holder, Johnson e Karol (2002) apresentam uma nova forma de utilizar o conjunto de regras para determinar o número de oxidação ou estado de oxidação (o autor trata os termos como sinônimos), visto a dificuldade que os estudantes tem em aprender a determinar esse número, principalmente pois requer conhecimento sob estrutura molecular e eletronegatividade.

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2), por exemplo, pode ser incluído em quatro das regras típicas: a que estabelece o hidrogênio com número de oxidação +1, outra que diz que o oxigênio deve ser -2, exceto em peróxidos, onde é atribuído -1, e a ainda a regra para compostos binários de não metais. Visto que existem apenas dois elementos e várias combinações de regras diferentes podem ser aplicadas para resolver o problema, os autores para facilitar essa atribuição, colocaram as regras de forma hierárquica, em apenas dois níveis de prioridade, apresentado no Quadro 3.

Quadro 3- Organização das regras de número de oxidação

Nome da regra	Regra
Primeira prioridade	
Elemento livre	O número de oxidação de átomos livre é igual a 0
Íon simples	O número de oxidação de íons monoatômicos é igual a carga do íon
Flúor	O número de oxidação do flúor é igual a -1
Hidrogênio	O número de oxidação de hidrogênio em combinação com não metais é igual a +1
Metais do grupo 1	O número de oxidação dos metais do grupo 1 em compostos é igual a +1
Metais do grupo 2	O número de oxidação dos metais do grupo 2 em compostos é igual a +2
Soma	A soma algébrica dos números de oxidação de todos os átomos da fórmula química é igual a sua carga líquida
Íons separados	Em compostos iônicos, o número de oxidação nos cátions e ânions é independente e pode ser atribuído separadamente
Segunda prioridade	
Oxigênio	O número de oxidação do oxigênio em compostos é igual a -2
Não metal	Em combinações binárias de não-metais, o elemento mais próximo de flúor na tabela periódica é dado um número de oxidação negativa, igual à carga no seu íons monoatômico.

Fonte: (HOLDER; JOHNSON; KAROL, 2002)

Então, para atribuir o NOX ao peróxido de hidrogênio (H_2O_2), utilizando a hierarquização proposta pelos autores, primeiramente atribuímos ao hidrogênio o valor +1 (pela regra do hidrogênio). Com isso, é atribuído ao oxigênio o valor de -1, utilizando-se a regra da soma, que é aplicável pela primeira prioridade.

Essa abordagem consiste em reconhecer que, se houver exceções, então a heurística como a regra de oxigênio deve, de fato, ser visto como de menos prioridade que a regra de adição, a qual é sempre obedecida (HOLDER; JOHNSON; KAROL, 2002). Dessa forma, além das próprias regras, deve-se também saber sua ordenação.

Já Atkins e Jones (2006) afirmam que o número de oxidação é um número fixado de acordo com regras (Quadro 4), e o estado de oxidação é a condição real de uma espécie com um dado número de oxidação. Os autores exemplificam utilizando o Mg^{2+} , sendo que este está no estado de oxidação +2 do magnésio e, neste estado, seu número de oxidação é +2.

Quadro 4 - Regras para determinação do NOX

Regras
1. O número de oxidação de um elemento não-combinado com outro elemento é zero.
2. A soma dos números de oxidação de todos os átomos em uma espécie é igual a sua carga total
Número de oxidação
Hidrogênio quando combinado a não-metais é +1; quando combinado a metais é -1.
Grupos 1 e 2 tem número de oxidação igual ao seu grupo
Halogênios tem NOX -1; exceto quando está combinado com oxigênio ou outro halogênio mais alto do grupo. O Flúor sempre será -1.
Oxigênio é -2 na maioria dos compostos. Exceto em compostos com flúor, peróxidos (O_2^{-2}), Superóxidos (O_2^-) e ozonídeos (O_3^-)

Fonte: Adaptação de Atkins; Jones, 2006.

Loock, apresenta as definição da IUPAC para estado de oxidação e número de oxidação e reforça que “o número de oxidação se refere apenas a um único átomo de um composto de coordenação, enquanto que o estado de oxidação pode, em princípio ser dado a todos os átomos incluindo os átomos ligantes.” (LOOCK, 2011, p. 282).

Porém, o autor em seu estudo propõem uma definição ampliada para estado de oxidação, levando em consideração a eletronegatividade, enquanto que a IUPAC os define através de

regras. Assim, a definição ampliada abrange mais compostos sendo próximo de uma medida da oxidação de um átomo numa substância,

O estado de oxidação de um átomo em um composto é dado por uma carga hipotética que corresponde ao íon atômico que é obtido pela clivagem heterolítica de tal forma que ao átomo com a eletronegatividade maior em uma ligação é atribuído todos elétrons nesse vínculo (LOOCK, 2011, p. 282).

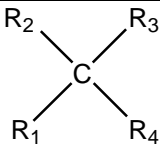
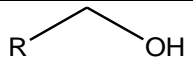
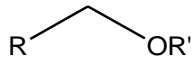
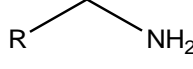
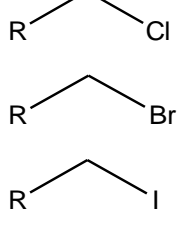
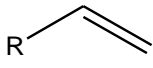
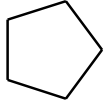
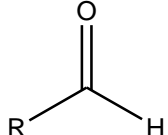
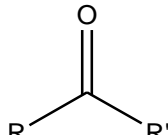
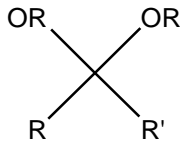
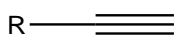
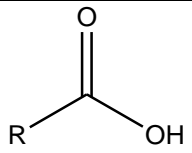
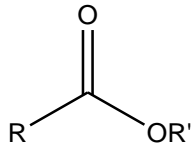
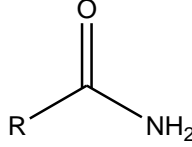
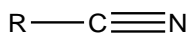
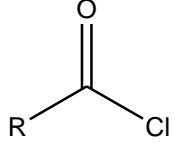
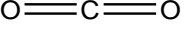
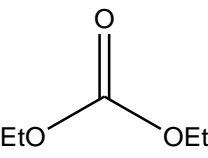
Jensen (2011) embasado no estudo de Loock, critica alguns pontos dizendo que ficou intrigado com a distinção da IUPAC entre estado de oxidação e número de oxidação. O autor afirma que quando originalmente introduzidos pelo químico Wendall Latimer em 1938, os termos estado de oxidação e número de oxidação eram sinônimos. Para ele, o número de oxidação refere-se ao valor numérico específico atribuído a uma entidade conhecida como estado de oxidação. Ainda afirma que as referências são unânimes em sua afirmação de que o estado de oxidação e o número de oxidação são sempre representados com algarismos romanos e nunca com algarismos arábicos, porém a maioria dos livros não adotam esta notação.

Assim, os termos número de oxidação e estado de oxidação, são para alguns autores sinônimos enquanto para outros apresentam diferenças. Torna-se então pertinente uma análise da abordagem descrita por Clayden et al. (2001), que classifica os compostos de carbono quanto aos grupos funcionais, atribuindo níveis de oxidação.

“Nível de oxidação” é uma abordagem relativamente simples que possibilita classificar oxidação e redução ao considerar o somatório do número total de heteroátomos, ligações π (tripla ligação considera duas) e o número de anéis em cada molécula orgânica usada como reagente e usar o mesmo critério para cada molécula orgânica do produto obtido na reação. Se o somatório obtido para o produto orgânico for maior que o somatório do reagente indica reação de oxidação, caso contrário significa reação de redução. Em outras palavras, houve troca do nível do grupo funcional considerado.

Um nível de oxidação considera para sua classificação as estruturas semelhantes através da soma do número de heteroátomos, o número de insaturações e anéis, sendo as estruturas similares constituintes do mesmo nível de oxidação (Quadro 5). Assim, do nível do alceno (nenhuma ligação com heteroátomo nem insaturação) até ao nível do dióxido de carbono (quatro ligações, sendo duas com heteroátomos e duas ligações duplas) ocorre uma gradual oxidação, passando pelos Níveis do álcool que se oxida ao composto Carbonílico e posteriormente ao ácido correspondente e finalmente a descarboxilação (CO_2).

Quadro 5 - Níveis de oxidação

Grupos funcionais e seus níveis de oxidação				
<i>Nível Oxidação = $\Sigma(\text{Heteroátomo} + \text{Ligação } \pi + \text{Ciclo})$</i>				
Zero ligações com heteroátomos Nível de oxidação do Alcano	Uma ligação com heteroátomos Nível de oxidação do Álcool	Duas ligações com heteroátomos Nível de oxidação do Aldeído	Três ligações com heteroátomos Nível de oxidação do Ácido carboxílico	Quatro ligações com heteroátomos Nível de oxidação do Dióxido de carbono
 Alcanos	 Álcool  Éter  Aminas  Haletos de alquila  Alcenos 	 Aldeído  Cetonas  Acetal  Alcino	 Ácidos carboxílicos  Ésteres  Amidas  Nitrilas  Cloreto de acila	 Dióxido de carbono  Carbonato de dietil

	Cicloalcano			
--	-------------	--	--	--

Fonte: (Clayden, Warren, Greeves, 2001)

Os Alcanos, que não tem ligação com heteroátomos, fazem parte nível de oxidação de Alcanos. Os Álcoois, éteres e haletos de alquila, tem átomos de carbono com apenas uma ligação simples com heteroátomos. A estes atribui-se o nível de oxidação do álcool, pois todos são facilmente produzidos a partir de álcoois sem oxidação ou redução. Alcenos não possuem ligações com heteroátomos, porém podem ser obtidos a partir de álcoois por desidratação, sem nenhuma oxidação ou redução, assim está incluído no nível de oxidação do álcool.

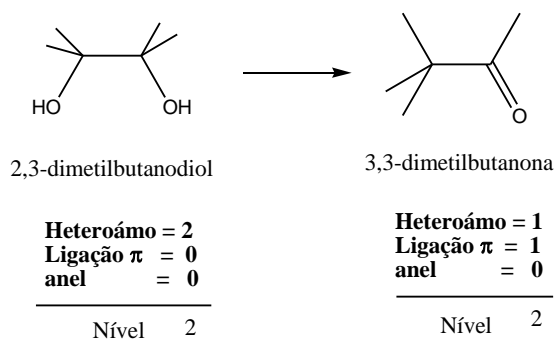
Aldeídos e cetonas possuem átomos de carbono com uma ligação com heteroátomo e uma instauração. Portanto, eles fazem parte do nível de oxidação do aldeído. Outro composto participante deste nível é o solvente diclorometano, que também contém duas ligações com heteroátomos. Os Alcinos, também se encaixam neste nível de oxidação, pois apresentam duas insaturações.

Um ácido carboxílico, um éster e uma amida possuem em cada caso o átomo de carbono ligado a dois heteroátomos, e uma das ligações é uma ligação dupla. Neste caso é chamado nível de oxidação do ácido carboxílico. Já a classe de compostos que possui um átomo de carbono com quatro ligações com heteroátomos está relacionada com o composto CO₂, sendo assim, esse nível é chamado de nível de oxidação do dióxido de carbono.

Dessa forma, teremos uma oxidação quando, por exemplo, um álcool transforma-se em aldeído pela ação de um oxidante, passando para um nível de oxidação diferente. Mas, por exemplo, quando um ácido carboxílico sofre uma esterificação, não teremos uma oxidação, pois o ácido carboxílico e o éster estão no mesmo nível.

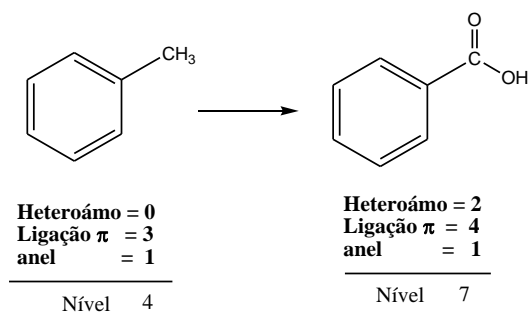
A abordagem utilizando os níveis de oxidação também é útil em reações (SHIBLEY JR. 2010) para avaliar se houve ou não oxi-redução. Um exemplo simples desta conversão é mostrado pelo rearranjo de pinacol (Figura 13), em que o produto está em um mesmo nível de oxidação que o reagente. A abordagem é também aplicável a uma situação mais complexa, na transformação de tolueno a ácido benzóico onde podemos avaliar que houve passagem de três níveis de oxidação (hidrocarboneto, álcool, aldeído e ácido) (Figura 14),

Figura 13 - Rearranjo Pinacol



Fonte: (SHIBLEY JR. 2010)

Figura 14 - Obtenção de ácido benzóico



Fonte: (SHIBLEY JR. 2010)

A utilização da abordagem dos níveis de oxidação ajuda a compreender a reatividade em química orgânica, auxilia na classificação de reagentes e na abordagem de reações na transformação de grupos funcionais no mesmo nível de oxidação para níveis diferentes.

Com isso, exploramos os termos número de oxidação, estado de oxidação e níveis de oxidação. Ainda há outro importante conceito envolvido para explicar as reações redox, a série eletroquímica, expressas em uma tabela de potencial padrão.

1.1.3. Série eletroquímica

Nem todos os agentes oxidantes e agentes redutores tem a mesma habilidade para causar a oxidação ou redução. Por exemplo, o hidrogênio pode reduzir o óxido de cobre a cobre metálico, mas não pode reduzir óxido de sódio a sódio metálico (JOESTEN; WOOD, 1996)

Uma maneira de prever quem oxida e quem reduz em uma reação, pode ser feita utilizando a série eletroquímica, que é uma tabela que apresenta a força eletromotriz, que são as forças relativas dos oxidantes e redutores, através do valores de potencial padrão, E° , responsável por medir o poder de atrair elétrons (ATKINS, JONES, 2006). A Figura 15 apresenta uma parte da série eletroquímica.

Figura 15 - Série eletroquímica

Agente oxidante	Agente redutor	E°_{red} (V)
$\text{Li}^+(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Li}(s)$	-3,05
$\text{K}^+(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{K}(s)$	-2,93
$\text{Ba}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Ba}(s)$	-2,90
$\text{Ca}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Ca}(s)$	-2,87
$\text{Na}^+(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Na}(s)$	-2,71
$\text{Mg}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Mg}(s)$	-2,37
$\text{Al}^{3+}(aq) + 3 e^-$	$\rightarrow \text{Al}(s)$	-1,66
$\text{Mn}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Mn}(s)$	-1,18
$\text{Zn}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Zn}(s)$	-0,76
$\text{Cr}^{3+}(aq) + 3 e^-$	$\rightarrow \text{Cr}(s)$	-0,74
$\text{Fe}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Fe}(s)$	-0,44
$\text{Cr}^{3+}(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Cr}^{2+}(aq)$	-0,41
$\text{Cd}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Cd}(s)$	-0,40
$\text{PbSO}_4(s) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Pb}(s) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$	-0,36
$\text{Tl}^+(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Tl}(s)$	-0,34
$\text{Co}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Co}(s)$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Ni}(s)$	-0,25
$\text{AgI}(s) + e^-$	$\rightarrow \text{Ag}(s) + \text{I}^-(aq)$	-0,15
$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Sn}(s)$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Pb}(s)$	-0,13
$2 \text{H}^+(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{H}_2(g)$	0,00
$\text{AgBr}(s) + e^-$	$\rightarrow \text{Ag}(s) + \text{Br}^-(aq)$	0,07
$\text{S}(s) + 2 \text{H}^+(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{H}_2\text{S}(aq)$	0,14
$\text{Sn}^{4+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Sn}^{2+}(aq)$	0,15
$\text{Cu}^{2+}(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Cu}^+(aq)$	0,15
$\text{SO}_4^{2-}(aq) + 4 \text{H}^+(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{SO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}$	0,20
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow \text{Cu}(s)$	0,34
$\text{Cu}^+(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Cu}(s)$	0,52
$\text{I}_2(s) + 2 e^-$	$\rightarrow 2 \text{I}^-(aq)$	0,53
$\text{Fe}^{3+}(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Fe}^{2+}(aq)$	0,77
$\text{Hg}_2^{2+}(aq) + 2 e^-$	$\rightarrow 2 \text{Hg}(l)$	0,79
$\text{Ag}^+(aq) + e^-$	$\rightarrow \text{Ag}(s)$	0,80

Fonte: (MASTERTON; SLOWINSKI; STANITSKI, 2009).

Essa tabela é bastante utilizada no estudo das pilhas, para determinação da voltagem e

também da tendência termodinâmica para a reação ocorrer espontaneamente. Todas as espécies listadas na esquerda da coluna na série eletroquímica são oxidantes. Dizemos que são fortes agentes oxidantes aquele que possui uma forte atração por elétrons, à medida que um agente oxidante fraco não ganha elétrons facilmente. Essa força eletromotriz está diretamente relacionada com os valores de E° . Quanto mais positivo é o valor E°_{red} mais forte é o agente oxidante. Assim, ao analisar a tabela, percebemos que a força oxidante cresce à medida que descemos pela tabela (MASTERTON; SLOWINSKI; STANITSKI; 2009).

Com este referencial procuramos abordar as reações de diferentes maneiras, em virtude da diversidade de reações redox existentes, o que leva as variadas propostas de explicações. Dessa forma, verificamos a dificuldade envolvida por trás deste conteúdo. Nossa proposta neste trabalho é, propor um abordagem diferenciada, baseada nesse referencial, para ser utilizada a nível médio, como forma de suprir as dificuldades, tornando mais simples e de fácil compreensão aos estudantes de nível médio. Isso será apresentado no capítulo 4.

CAPÍTULO 2- POLUIÇÃO COMO TEMÁTICA PARA O ENSINO DAS REAÇÕES REDOX NA PERSPECTIVA CTSA

A utilização de temática no ensino de Química é uma estratégia bastante explorada por pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Ensino de Química (LAEQUI) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como uma alternativa para contextualizar o ensino dessa disciplina. Trabalhos envolvendo as temáticas, Agrotóxicos (ZAPPE, 2011), Chás (SILVA, 2011), Estética Capilar (KÖHLER, 2011), Alimentos (PAZINATO, 2012), Saúde Bucal (TREVISAN, 2012), Atmosfera (WOLLMANN, 2013), Esporte (ROCHA, 2014), Lixo eletrônico (FRIEDRICH, 2014), Aromas (OLIVEIRA, 2014), Drogas (MIRANDA, 2015) e Minerais (DURAND, 2015), foram focos de pesquisa nos últimos cinco anos pelo grupo e demonstraram a importância dessa estratégia para a melhoria no ensino de Química. Como por exemplo, Durand (2015) constatou a evolução dos estudantes tanto nos conhecimentos químicos como sua relação com o cotidiano, através da utilização da temática “Minerais”, visto que os conhecimentos prévios dos estudantes participantes de sua pesquisa possuíam muitos equívocos e erros conceituais.

Utilizar temáticas “visa favorecer o processo de ensino e aprendizagem e contribuir para a formação do caráter cidadão dos alunos (BRAIBANTE; PAZINATO, 2014)” pois permite “ensinar conceitos da ciência ligados a vivência dos alunos” (SILVA; MARCONDES, 2014) procurando estreitar a relação entre conceitos e contextos.

A utilização de temas também é destacada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), onde “quanto as questões sociais relevantes, reafirma-se a necessidade de sua problematização e análise, incorporando-as como temas transversais. As questões sociais abordadas são: ética, saúde, meio ambiente, orientação sexual e pluralidade cultural. (BRASIL, 1997).” Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) defendem a utilização de temas sociais, não dissociados da teoria, como efetivas possibilidades de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes (BRASIL, 2006).

De encontro com essas perspectivas, encontra-se no ensino de ciências o enfoque CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), muitas vezes denominado de CTSA, com o propósito de destacar o compromisso da educação CTS com a perspectiva socioambiental (SANTOS, 2012).

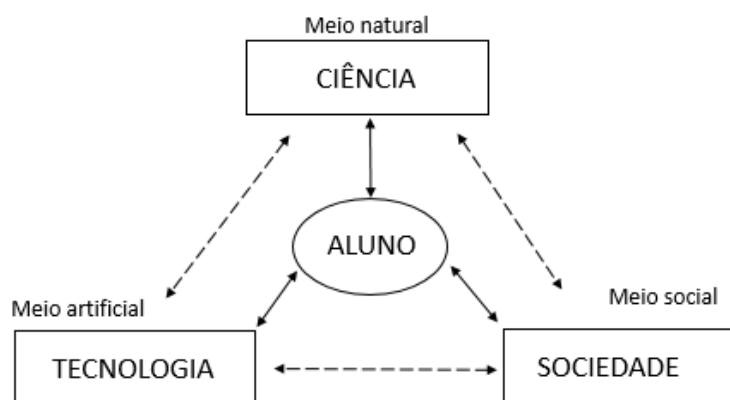
Baseados nesses enfoques temáticos, neste capítulo abordaremos as principais características da abordagem CTS, desdobrando para sua relação com a educação ambiental, pelo fato de nossa temática de trabalho ser “Poluição”. As questões que permeiam essa temática

serão estendidas para poluição do solo e poluição da água, com foco principal para as reações redox envolvidas em processos ambientais poluidores ou “despoluidores” do solo e água.

2.1. A PERSPECTIVA CTS

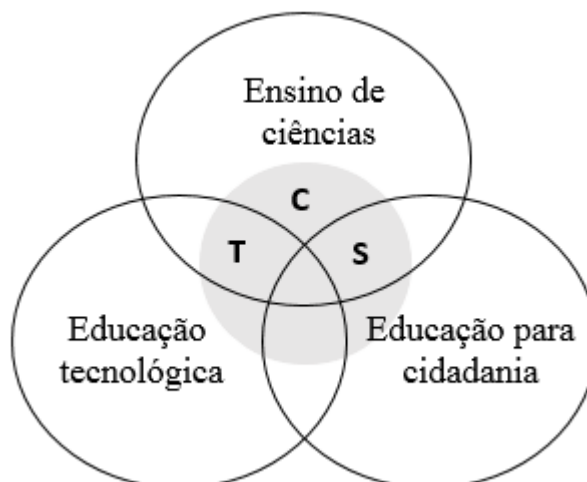
Os currículos com ênfase em CTS vêm sendo desenvolvidos desde a década de 60 (SANTOS; MORTIMER, 2002). O enfoque CTS no contexto educativo traz a necessidade de renovação na estrutura curricular, de forma com que a ciência e a tecnologia estejam vinculadas a contextos sociais (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Nessa mesma perspectiva Santos (2012) afirma que a educação CTS no ensino de ciências tem se caracterizado pelo foco nas inter-relações entre os três elementos da tríade (Figura 16) e pela interseção de intenções entre o ensino de ciências, a educação tecnológica e a educação para cidadania no sentido da participação na sociedade (Figura 17).

Figura 16 - Inter-relações CTS



Fonte: (HOFSTEIN, AIKENHEAD, RIQUEARTS 1988 apud SANTOS 2012).

Figura 17 - Educação CTS



Fonte: (Santos, 2012).

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), relatam que é comum considerarmos a ciência e a tecnologia motores do progresso, porém, ressaltam ser perigoso confiar excessivamente na ciência e na tecnologia, pois, com isso distancia-se de questões como a finalidade e os interesses sociais, político e econômicos. Acrescentam ainda, que muitos cidadãos tem dificuldade em perceber por que assuntos como, transgênicos, usinas nucleares e lixo, poderiam causar problemas. Desta forma, é importante formar cidadãos com condições de entender e avaliar assuntos como estes, capazes de participar da tomada de decisões. Nessa perspectiva, ressalta-se a importância do enfoque CTS na educação (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2009).

Auler (2007) destaca os principais objetivos da educação CTS como sendo:

- a) Promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais
- b) Discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência e da tecnologia (CT),
- c) Adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico
- d) Formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas
- e) Desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual

No Quadro 6 apresentamos alguns aspectos da abordagem CTS destacada por Santos e Mortimer (2002) baseados em Mckavanagh e Maher (1982).

Quadro 6 - Aspectos CTS

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia no estilo de vida desse grupo.
Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas podem influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: (SANTOS; MORTIMER, 2002)

Essa perspectiva CTS também é proposta pelos PCNs

No âmbito da pedagogia geral, as discussões sobre as relações entre educação e sociedade se associaram a tendências progressistas, que no Brasil se organizaram em correntes importantes que influenciaram o ensino de Ciências Naturais, em paralelo à CTS, enfatizando conteúdos socialmente relevantes e processos de discussão coletiva de temas e problemas de significado e importância reais. (BRASIL, 1998, p. 20).

Um currículo na perspectiva do enfoque CTS, trata das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico, solução de problemas e tomada de decisão sobre temas de importância social (SANTOS, 2007). Assim, abordagem por meio de temas/problemas de relevância social é apresentada como uma estratégia para um ensino com enfoque CTS (AULER, 2007). Existem dois caminhos para a abordagem no ensino por meio de temas. Um define o tema em primeiro lugar, e a partir dele selecionam-se os conteúdos e conhecimentos necessários para sua compreensão. No outro, o currículo está estabelecido e a escolha do tema, que contemple o conteúdo, aparece para dinamizar o desenvolvimento de currículos lineares e fragmentados. Baseados no segundo caminho, por meio do conteúdo de reações redox determinado, escolhemos como temática a “Poluição”.

2.1.1. A Perspectiva CTS e a Educação ambiental

“O modo de vida das pessoas, a superocupação do homem nos espaços físicos, a exploração dos recursos naturais, o consumismo exacerbado tem provocado grandes impactos ao meio ambiente (BRAIBANTE; WOLLMANN, 2013)”. Assim, a educação ambiental é responsável para desenvolvimento de hábitos e atitudes que possam levar a uma mudança de posicionamento dos cidadãos.

De acordo com Bordin (2013), a educação ambiental deve começar pela compreensão dos problemas socioambientais através das dimensões geográficas, históricas, biológicas e sociais, para somente depois, avançar nas ações educacionais. Desta forma, o professor deve realizar um trabalho de conscientização com os estudantes, possibilitando a transformação, para que o indivíduo possa ser mais responsável e preocupado com o meio ambiente.

A EA (Educação ambiental) teve um trajetórias muito próxima aos movimentos CTS

Do ponto de vista dos objetivos dos cursos com ênfase em CTS eles tiveram uma forte correlação com o movimento de Educação Ambiental, uma vez que a crítica que o movimento CTS fazia centrava-se ao modelo desenvolvimentista que estava agravando a crise ambiental e aumentando a exclusão social (SANTOS et al, 2013, p. 136).

De acordo com essas ideias, EA e CTS, encontra-se a chamada alfabetização científica que para Chassot (2010) vai além de considerar o conjunto de conhecimentos que facilitariam os seres humanos a fazer uma leitura do mundo em que vivem, pois uma alfabetizado cientificamente deve entender as necessidades de transformar o mundo em que vive, e transforma-lo para melhor. Neste mesmo livro, Chassot faz menção ao movimento CTS como uma proposta para a alfabetização científica e ainda apresenta um capítulo inteiro sobre a inserção da dimensão ambiental para educação, onde o autor propõe ações para um ensino menos apolítico, mostrando como os professores devem se envolver com a Educação Ambiental.

Os PCNs também enfatizam a utilização de temas no ensino, e entre eles encontra-se a preservação ambiental, como podemos observar no trecho destacado a seguir:

No contexto atual, a inserção no mundo do trabalho e do consumo, o cuidado com o próprio corpo e com a saúde, passando pela educação sexual, e a **preservação do meio ambiente** são temas que ganham um novo estatuto, num universo em que os referenciais tradicionais, a partir dos quais eram vistos como questões locais ou individuais, já não dão conta da dimensão nacional e até mesmo internacional que tais

temas assumem, justificando, portanto, sua consideração (BRASIL, 1997, p. 27, GRIFO NOSSO).

Dentro do contexto da utilização de temas visando uma Educação Ambiental sob uma perspectiva CTSA que leve em conta as orientações do PCN, optamos por trabalhar com a temática “Poluição”, visto que os seres humanos tem desenvolvido processos que produzem grandes quantidades de subprodutos ou resíduos em forma de matéria ou energia, e isso implica em significado econômico, político, social e sanitário, afetam a saúde, o conforto, a segurança, a riqueza e poder dos seres humanos (DERISIO, 2000).

Neste trabalho, procuramos desenvolver a temática “Poluição” com dois enfoques: a poluição do solo e a poluição da água, procurando inter-relacionar o conteúdo de reações redox com a perspectiva do ensino CTSA.

2.2. A TEMÁTICA “POLUIÇÃO”

O controle da poluição tem seguido duas abordagens, a tradicional que tenta concertar o mal “feito” tratando os efluentes gerados pelos esgotos domésticos, pela agricultura e a indústria, e a outra, que visa “evitar o mal” através da educação da sociedade pela conscientização para necessidade da diminuição do volume de lixo gerado, e a alteração de processos industriais minimizando os efeitos dos rejeitos (AZEVEDO, 1999). Neste caso, utilizamos a abordagem “evitar o mal” através da educação.

Segundo Guimarães (2011), “o que se chama de natureza ou meio ambiente é um conjunto de elementos vivos e não vivos que constituem o planeta terra. Todos esses elementos se relacionam influenciando e sofrendo influência ente si, em um equilíbrio dinâmico”. Mas, muitas vezes, o homem com sua ambição utiliza excessivamente os recursos naturais causando um desequilíbrio no ecossistema. Este autor esclarece que é preciso que o educador trabalhe intensamente na integração entre ser humano e ambiente e se conscientize de que o ser humano é natureza e não apenas parte dela. “Todo ser vivo reage com seu ambiente e produz resíduos, e a menos que o ambiente possa dispô-los convenientemente (autodepuração), eles poderão interferir no ciclo vital” (DERISIO, 2000).

A lei da conservação da matéria (na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma) diz que sempre produziremos poluentes, mas é possível gerar menos, pois podemos converter algumas substâncias químicas potencialmente prejudiciais em formas físicas e químicas menos nocivas (MILLER, 2007).

“A poluição ocorre quando há excesso de uma substância, gerado pela atividade humana, no sítio ambiental errado” (AZEVEDO, 1999). A pureza ambiental, segundo o mesmo autor, se refere ao ar ou a água que sejam agradáveis de consumir e que estejam livres de produtos químicos ou micro-organismos causadores de doenças. Para Rocha, Rosa e Cardoso (2009), a poluição é qualquer alteração de alguma qualidade ambiental a qual a comunidade exposta é incapaz de neutralizar seus efeitos negativos, já haverá contaminação, quando alguma substância estranha estiver presente ao meio.

A poluição ambiental é considerada também, para Derisio (2000), como a degradação do ambiente, resultado de atividades diretas ou indiretas, prejudiciais à saúde, segurança e bem estar. Ainda de acordo com este autor, a poluição ambiental ocorre devido à presença, lançamento ou liberação nas águas, no ar ou no solo de qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, quantidade, concentração ou características em desacordo com os padrões de qualidade ambiental por legislação. Os poluentes podem ser de diferentes formas: poluição física; química; físico-química; bioquímica e radiativa.

O controle da poluição é geralmente tratado em três categorias: Poluição das águas, dos solos e do ar. A mais preocupante, talvez, seja a da água, devido ao fato de ser uma necessidade dos seres vivos, também, por que lençóis subterrâneos, lagos e rios são o destino final de todo poluente solúvel em água que tenha sido lançado no solo ou no ar (AZEVEDO, 1999).

Neste trabalho, abordaremos duas das três categorias de poluição: a poluição do solo, pela abordagem da contaminação por pilhas e baterias, e a poluição da água com foco para o tratamento de efluentes.

2.3. POLUIÇÃO DO SOLO POR PILHAS E BATERIAS

O avanço da tecnologia tem aumentado muito o uso de pilhas e baterias. Ao ano cerca de três bilhões de unidades de pilhas e baterias são fabricados (KEMERICH et al., 2013) devido sua utilização em brinquedos, relógios, lanternas, barbeadores, câmeras fotográficas, filmadoras, computadores, instrumentos médicos, enfim, inúmeras são suas utilizações, tornando-se assim, essenciais na vida contemporânea. Consequentemente, existem no mercado diferentes tipos de pilhas e baterias para atender a essas diversas finalidades.

As pilhas e baterias são extremamente úteis, mas por outro lado causam impactos ambientais, conforme já destacado por Pinheiro et al.,

Nas últimas décadas, o desenvolvimento da indústria eletroeletrônica tem trazido muitos benefícios à humanidade, nos mais variados segmentos. Um exemplo é o conforto proporcionado pelo uso de aparelhos portáteis, movidos a pilhas ou baterias, tornando o uso prático e econômico... No entanto, esse avanço também traz efeitos colaterais, como a geração de resíduos de pilhas, baterias e lâmpadas de mercúrio. Alguns desses produtos possuem em sua constituição metais pesados que, ao serem descartados no lixo comum, podem provocar danos ao meio ambiente e à saúde pública (PINHEIRO et al, 2009, p. 6).

As pilhas e baterias funcionam devido as reações de oxirredução, porém conforme já apresentado por Bocchi (2000),

A compreensão dos princípios de funcionamento dessa grande variedade de pilhas e baterias é uma tarefa árdua e requer, muitas vezes, um conhecimento profundo e multidisciplinar, já que vários destes sistemas eletroquímicos empregam tecnologia avançada (BOCCHI, 2000, p. 3).

Desta forma, neste trabalho, busca-se relacionar o ensino do conteúdo de eletroquímica com a poluição do solo, visto que as pilhas e baterias disponíveis no mercado possuem em sua composição substâncias tóxicas.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na resolução N° 257 de 30 de junho de 1999, pilhas são geradores eletroquímicos de energia elétrica, enquanto que as baterias são um conjunto de pilhas recarregáveis interligadas. Esta lei surgiu devido aos impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usados. Esta resolução propõem que as pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, após seu esgotamento energético, sejam entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias. Estas devem, por sua vez repassar aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

Os limites estabelecidos para quantidade de componentes tóxicos, nesta mesma resolução, são:

I - com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

II - com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês;

III - com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês.

Além disso, a resolução apresenta proibições quanto ao descarte de pilhas e baterias, sendo estas: o lançamento "in natura" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais; queima a céu aberto ou em recipientes; lançamento em corpos d'água, terrenos baldios, poços, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, ou em áreas sujeitas à inundação.

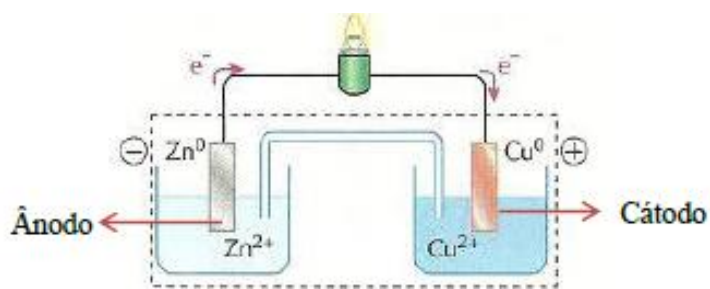
2.3.1. As pilhas e baterias e suas reações redox

Muitas são as reações redox espontâneas, e tais reações podem ser usadas para produzir energia elétrica se forem executadas em uma pilha galvânica, visto que este tipo de pilha converte energia química em energia elétrica (MASTERTON; SLOWINSKI; STANITSKI; 2009). Pilhas são dispositivos constituídos unicamente de dois eletrodos e um eletrólito, arranjado de maneira a produzir energia elétrica. O eletrólito deve ser um condutor iônico.

Quando os eletrodos são ligados a um aparelho elétrico uma corrente flui pelo circuito, pois o material de um dos eletrodos oxida-se espontaneamente liberando elétrons (chamamos esse de ânodo, eletrodo negativo) enquanto o material do outro eletrodo reduz-se usando esses elétrons (denominado cátodo, eletrodo positivo) (BOCCHI et al, 2000).

A forma mais simples e utilizada para explicação do funcionamento de uma pilha é a pilha de Daniell (Figura 18), que leva este nome por ter sido construída pelo britânico Jonh Daniell em 1836 (ATKIN; JONES, 2006).

Figura 18 - Pilha de Daniell

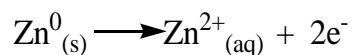


Fonte: Adaptação de <<http://quimicasemsegredos.com/eletroquimica-pilhas.php>>

Os átomos de zinco da barra metálica passam para a solução na forma de íons Zn^{2+} , e cada átomo deixa dois elétrons na barra. Isso faz com que a barra perca massa e a solução fique

mais concentrada em íons Zn^{2+} . Esse processo é uma semi-reação de oxidação expressa pela Figura 19:

Figura 19 - Semi-reação de oxidação

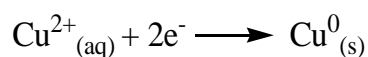


Fonte: Autores

Os elétrons da barra de zinco percorrem o circuito externo e chegam à barra de cobre. Esse fluxo de elétrons gera uma corrente elétrica e pode, por exemplo, fazer uma lâmpada acender.

Esses elétrons, chegando à barra de cobre, atraem os íons Cu^{2+} da solução, que, em contato com a barra de cobre, recebendo os elétrons e se convertem em átomos de cobre (Cu^0), depositando-se na barra. Assim a solução de cobre fica mais diluída e a massa da barra de cobre aumenta. Esse processo é a semi-reação de redução e é expresso pela Figura 20.

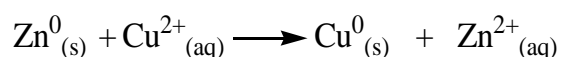
Figura 20 - Semi-reação de redução



Fonte: Autores

A reação global da pilha é (Figura 21):

Figura 21 - Reação global da pilha de Daniell



Fonte: Autores

À medida que o tempo passou, diferentes tecnologias foram sendo criadas devido às necessidades, e hoje existem diversos tipos de pilhas e baterias. Os sistemas eletroquímicos podem ser diferenciados uns dos outros, de acordo com a maneira como funcionam.

No Quadro 7 apresentamos as reações de oxirredução envolvidas em cada tipo de pilha ou bateria e abaixo fornecemos uma explicação sucinta de cada uma.

Quadro 7 - Tipos de pilhas e baterias e suas reações de oxirredução

Tipo de pilha ou bateria	Reação de oxirredução
Pilha de zinco/dióxido de manganês	$\overset{0}{\text{Zn}}_{(s)} + 2 \overset{+4}{\text{MnO}}_{2(s)} + 2 \text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} \longrightarrow \overset{+2}{\text{Zn}}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_{2(s)} + 2 \overset{+3}{\text{MnOOH}}$ <p>Oxidation: Zn (0) to Zn (+2) Reduction: MnO₂ (+4) to MnOOH (+3)</p>
Pilha de Zinco/ dióxido de manganês (Alcalina)	$\overset{0}{\text{Zn}}_{(s)} + 2 \overset{+4}{\text{MnO}}_{2(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \longrightarrow \overset{+2}{\text{Zn}}(\text{OH})_{2(s)} + 2 \overset{+3}{\text{MnOOH}}$ <p>Oxidation: Zn (0) to Zn (+2) Reduction: MnO₂ (+4) to MnOOH (+3)</p>
Pilha de Lítio/ Dióxido de manganês	$2 \overset{0}{\text{Li}} + \overset{+4}{\text{MnO}}_2 \longrightarrow 2 \overset{+2}{\text{LiO}} + \overset{0}{\text{Mn}}$ <p>Oxidation: Li (0) to LiO (+2) Reduction: MnO₂ (+4) to Mn (0)</p>
Bateria de chumbo/ácido	$\overset{0}{\text{Pb}}_{(s)} + \overset{+4}{\text{PbO}}_2 + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \longrightarrow 2 \overset{+2}{\text{PbSO}}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ <p>Oxidation: Pb (0) to PbSO₄ (+2) Reduction: PbO₂ (+4) to PbSO₄ (+2)</p>
Bateria de níquel/cádmio	$\overset{0}{\text{Cd}}_{(s)} + 2 \overset{+3}{\text{NiOOH}}_{(s)} + 4 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \overset{+2}{\text{Cd}}(\text{OH})_{2(s)} + 2 \overset{+2}{\text{Ni}}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ <p>Oxidation: Cd (0) to Cd (+2) Reduction: NiOOH (+3) to Ni(OH)₂ (+2)</p>

Fonte: Autores

O tipo de pilha mais comum é a pilha de zinco/dióxido de manganês (Leclanché), inventada em 1860 pelo químico francês George Leclanché. A versão utilizada hoje é muito parecida com a original. Este tipo de pilha é usado em lanternas, rádios, gravadores etc. O eletrólito é uma pasta formada pela mistura de cloreto de amônio e cloreto de zinco. O ânodo é o zinco metálico e o cátodo um bastão de grafite rodeado por uma mistura em pó de dióxido de manganês e grafite (BOCCHI et al, 2000).

Um problema observado neste tipo de pilha são as reações paralelas, que durante o período que permanecem em repouso entre distintas descargas, podem provocar vazamentos.

Para evitar esse fato, a maioria dos fabricantes adiciona pequenas quantidades de sais de mercúrio ao eletrólito da pilha, agentes tensoativos e quelantes, cromatos e dicromatos. Isso diminui a taxa de corrosão do zinco e desprendimento de gás hidrogênio no interior da pilha, minimizando a pressão interna e assim diminuindo os vazamentos (BOCCHI et al, 2000).

Outro tipo de pilha bastante comum é a de zinco/dióxido de manganês (alcalina), uma versão modificada da anterior. Utiliza-se os mesmos eletrodos, porém o eletrólito é uma solução aquosa de hidróxido de potássio (por isso se chama de alcalina) contendo uma certa quantidade de óxido de zinco (BOCCHI et al, 2000).

Esta reação é reversível, assim essa pilha pode ser também produzida como pilha recarregável. Do ponto de vista ambiental, as pilhas alcalinas representam menor risco por não apresentam metais tóxicos (BOCCHI et al, 2000). Além disso, são mais resistentes a altas temperaturas e oferecem maior segurança contra vazamentos, assim duram quatro vezes mais que as pilhas de zinco/dióxido de manganês, porém, devido a isso, seu custo é mais alto (KEMERICH et al, 2013).

Outro tipo de pilha é a de lítio/dióxido de manganês, usada como ânodo o lítio metálico e como cátodo três grupos de compostos: (i) sólidos com baixa solubilidade no eletrólito (cromato de prata, dióxido de manganês, óxido de cobre etc.); (ii) produtos solúveis no eletrólito (dióxido de enxofre) e (iii) líquidos (cloreto de sulfúrico e cloreto de fosfórico) (BOCCHI et al, 2000). Este tipo de pilha não apresenta reações paralelas e mostra excelente desempenho. O maior problema é o risco associado com o lítio metálico, que pode provocar chamas em contato com a umidade se a pilha não for bem vedada (BOCCHI et al, 2000).

Outro exemplo é a bateria de chumbo/ óxido de chumbo (chumbo/ácido), bastante conhecida por seu utilizada em automóveis. Esta foi criada pelo físico francês Raymond Planté em 1859. Essa bateria apresenta em ambos eletrodos o mesmo elemento químico, o chumbo. No cátodo, o dióxido de chumbo reage com ácido sulfúrico durante o processo de descarga, produzindo sulfato de chumbo e água. No anodo, o chumbo reage com íons sulfato de chumbo. O chumbo por ser um metal tóxico representa um sério risco ao meio ambiente. A bateria deve passar por um processo de recuperação de chumbo (BOCCHI et al, 2000).

As baterias de celular são normalmente baterias de cádmio/óxido de níquel (níquel/cádmio), proposta pelo sueco Waldemar Jungner em 1899, esta bateria consiste de um anodo formado por uma liga de cádmio e ferro e um cátodo de hidróxido de níquel (III) imersos em solução aquosa de hidróxido de potássio (BOCCHI et al, 2000).

Por possuir cádmio na composição, essa bateria é grande causadora de impacto ambiental. Devido a isso, existe uma tendência mundial em se substituir esse tipo de bateria pelas

baterias de hidreto metálico/óxido de níquel, cujas as características operacionais são muito semelhantes. A principal diferença é que as baterias de hidreto metálico/óxido de níquel usam como ânodo o hidrogênio absorvido na forma de hidreto metálico (BOCCHI et al, 2000).

2.3.1. Impacto ambiental e a saúde humana

A falta de informação da população quanto a identificação dos problemas causados pelo descarte inadequado de pilhas e baterias é um perigo ao meio ambiente e a saúde humana, pois existem diversos metais pesados presentes na composição de pilhas e baterias, tais como: chumbo, níquel, cádmio, mercúrio, cobre, zinco, manganês, prata, entre outros. Isso faz com que pilhas e baterias apresentem características de corrosividade, reatividade e toxicidade.

Devido ao fato de não serem modificados ou degradados, os metais mantêm-se como fonte contaminante, ocorrendo no solo, a acumulação progressiva e persistente do metal (BIONDI, 2010). Estes metais, no solo, podem estar de diferentes formas químicas e sujeitos a lixiviação (é a extração ou solubilização dos constituintes químicos de uma rocha, mineral, solo, depósito sedimentar etc. pela ação de um fluido percolante) (KEMERICH et al, 2013).

Com o descarte indevido deste tipo de material, os metais pesados podem ser lixiviados, infiltrando-se e contaminando o solo, lençóis freáticos, a fauna e a flora, além de serem bioacumulativos, ou seja, ao serem absorvidos pelo ser humano através da cadeia alimentar depositam-se no tecido ósseo e gorduroso, podendo provocar lesões cerebrais e outras doenças. A absorção de metais no organismo pode ocorrer por inalação, ingestão e através da pele, e os riscos e problemas de saúde causados são diversos, como distúrbios gastrointestinais, anemia, complicações renais, alterações cognitivas, problema crônico do sistema nervoso central, problemas respiratórios, câncer, entre tantos outros (KEMERICH et al, 2013).

2.3.2. Os metais pesados e contaminação do solo

“O solo é a principal fonte de nossos alimentos e constitui a camada mais superficial da litosfera com cerca de 30 cm de espessura. Sua constituição é altamente complexa e dele os vegetais retiram a água e os sais minerais necessários à síntese de compostos orgânicos” (ROTH,1996, p. 35)

Uma forma de contaminação do solo é pela disposição de formas impróprias, de resíduos e produtos contaminados, possibilitando que os poluentes neles contidos difundam-se por lixiviação, no meio físico (ROTH, 1996).

O maior risco da contaminação do solo por substâncias poluentes é estas substâncias serem arrastadas pelas águas até distâncias fora das áreas sob controle e monitoramento, gerando uma contaminação de remediação custosa e demorada. Assim, o estudo da contaminação do solo está quase sempre associada a contaminação das águas (ROTH, 1996), ideia que vem ao encontro de Biondi (2010)

A comunidade científica internacional, mediante o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de ciência do solo e poluição ambiental, tem reconhecido o importante papel do solo no ambiente. Estabeleceu-se a percepção deste como um filtro e/ou fonte da dispersão de contaminantes para corpos d'água e via de introdução de contaminantes na cadeia alimentar (BIONDI, 2010, p. 1).

O Quadro 8 apresenta a origem dos metais pesados no solo por ser natural ou pela ação do homem. Quando natural é chamada de litogênica, quando pela ação do homem, de antropogênica. Na forma litogênica, os metais ocorrem como constituintes de minerais em rochas ígneas ou sedimentares. A forma antropogênica é a principal forma de poluição (DOMINGUES, 2009).

Quadro 8 - Origem dos metais no solo

Elemento	Natural	Antropogênico
Cd	Minérios de Zn e Pb rochas fosfáticas	Resíduos de mineração, galvanoplastia, indústria de pilhas.
Cr	Mineral cromitas solos e seperitina	Galvanoplastia, ligas metálicas, esgoto industrial, produtos anticorrosivos.
Cu	Sulfetos óxidos carbonatos	Galvanoplastia, ligas metálicas, esgoto doméstico e industrial, resíduos de mineração, defensivos agrícolas.
Pb	Mineral galena	Indústria de bateria, encanamento, carvão, gasolina, pigmentos.
Ni	Solos de serpentina	Ligas metálicas, indústria de bateria, resíduos industriais, produção de óleos vegetais.
Zn	Minerais (sulfetos, óxidos, silicatos)	Ligas metálicas, pigmentos, galvanoplastia, resíduo industrial, encanamentos.

Fonte: (Domingues, 2009)

É importante conhecer em que forma um metal pesado se encontra no solo, pois sua mobilidade e fitodisponibilidade e, conseqüentemente a entrada na cadeia alimentar, irão depender dessas formas. Na solução de solo os metais podem ser encontrados com íons livres, complexos solúveis com íons inorgânicos ou ligantes orgânicos. Na fase sólida, os metais

podem ser encontrados na forma trocável, adsorvidos covalentemente a sítios específicos, complexados por materiais orgânicos ou precipitados (DOMINGUES, 2009).

Várias propriedades do solo afetam a forma em que o metal se encontra no solo e, conseqüentemente, sua disponibilidade e mobilidade. Dentre estes fatores podem-se citar o material de origem, o pH, a capacidade de troca de cátions, a matéria orgânica do solo, o potencial redox e a interação com outros elementos na solução do solo, sendo o pH um dos fatores mais importantes (DOMINGUES, 2009).

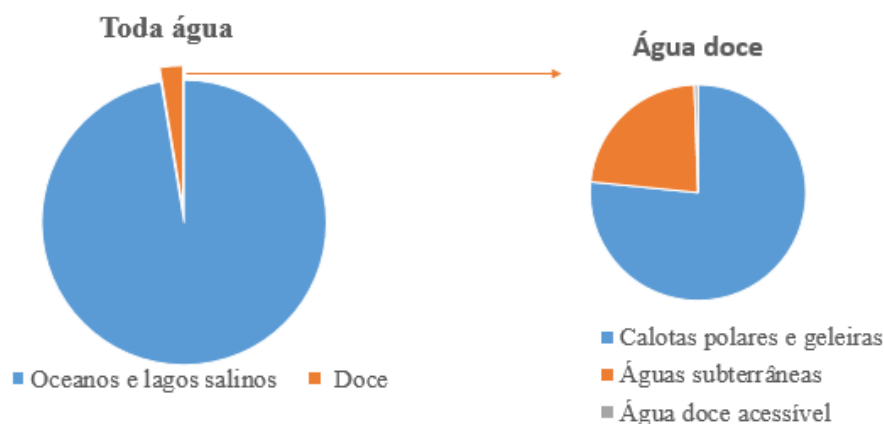
O teor total de metais pesados na solução do solo é determinado usando técnicas de espectrofotometria, cromatografia e colorimetria. A determinação dos teores totais de elementos em solo é uma importante ferramenta para monitorar a poluição ambiental. A previsão da quantidade de metais pesados presentes em solos, que se encontra na forma disponível, é uma tarefa complicada e depende das características do solo, do metal avaliado e de outros elementos presentes, sendo extremamente difícil definir uma forma única de avaliação capaz de levar em conta todas essas variáveis (DOMINGUES, 2009).

2.4. POLUIÇÃO DA ÁGUA E OS TRATAMENTOS DE EFLUENTES

Não há vida sem água. Com ela, saciamos a sede, nos alimentamos, fizemos nossa higiene, além de utiliza-la para produzir nossas vestimentas, construções e geração de energia elétrica, entre inúmeras outras necessidades. Como bem econômico, precioso, é um recurso natural escasso, sua utilização deve ser criteriosamente avaliada e inserida em um quadro geral de seus usos múltiplos, enquanto que a qualidade deve ser rigorosamente preservada (DERISIO, 2000).

Um dos mais sérios problemas ambientais é a poluição dos recursos de água doce (Ottaway, 1982). Isso porque a água doce, nossa principal forma de consumo, é escassa. Temos apenas 2,6% de água doce disponível, sendo que deste apenas, apenas 0,014% é acessível, o restante, 97,4%, é água salgada (Figura 22) (MILLER, 2007).

Figura 22 - Quantidade de água do planeta



Fonte: Adaptação de Miller, 2007.

Rocha, Rosa e Cardoso (2009) classificam as fontes poluentes da água como:

- Fontes pontuais: redes de efluentes domésticos e industriais, derramamentos acidentais, atividades de mineração, etc.;
- Fontes não pontuais: práticas agrícolas, deposições atmosféricas, trabalhos de construção, enxurradas em solo, etc.;
- Fontes lineares: enxurradas em autoestradas;

A poluição da água também pode ser natural, industrial, urbana, agropastoril e acidental (DERISIO, 2000). A natural não está associada a atividade humana, e pode ser causada por chuvas, salinização e decomposição de vegetais. A poluição industrial constitui-se de resíduos líquidos gerados nos processos industriais, sendo as principais indústrias poluidoras as: celulose e papel; refinarias de petróleo; siderúrgicas e metalúrgicas; químicas e farmacêuticas; têxteis e curtumes. Já a poluição urbana é proveniente dos habitantes de uma cidade que geram esgoto doméstico, lançados direta ou indiretamente nos corpos d'água. A poluição agropastoril, que decorre de atividades ligadas a agricultura e pecuária pela utilização de defensivos agrícola e fertilizantes. Há ainda a poluição dita acidental, decorrente de derramamentos de materiais prejudiciais a qualidade da água, esse tipo de poluição pode ocorrer por operações de transporte.

As águas destinadas ao abastecimento público, talvez sejam o mais nobre de todos os usos, e estão sujeita a uma série de danos devido a poluição, tais como: contaminação ou poluição bacteriana; variações rápidas e imprevisíveis na qualidade das águas receptoras, com consequência para as operações de tratamento; poluição química com inclusão de substâncias não removíveis (DERISIO, 2000).

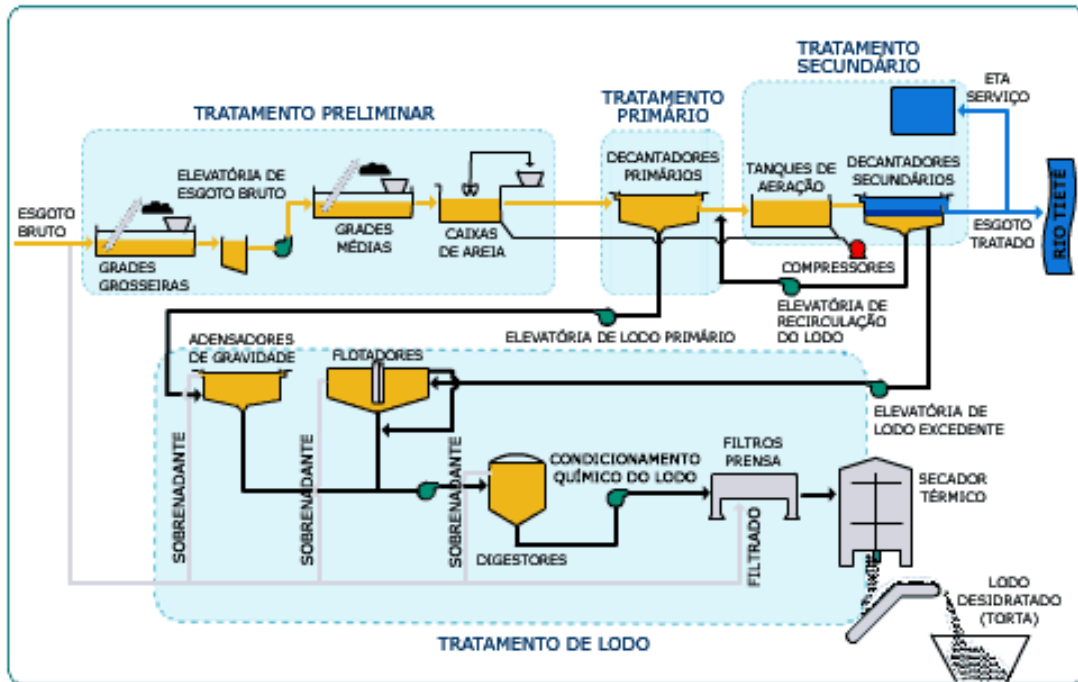
Parte das águas, depois de utilizadas em processos produtivos, retorna suja aos cursos d'água, o que compromete sua qualidade. Dependendo do grau de poluição, esta água pode ser imprópria e pode também provocar mau odor, devido liberação de compostos voláteis, trazendo problemas em uma nova operação de purificação e tratamento dessa água (GUIMARÃES; NOUR, 2001). Devido à escassez de recursos hídricos disponíveis, diversas tecnologias têm sido desenvolvidas para tratamento de efluentes.

2.4.1. O tratamento de efluentes

Existem dois tipos de efluentes, os domésticos e os industriais. O doméstico é aquele despejo líquido que provém de residências, estabelecimentos comerciais, ou qualquer edificação que dispõem de banheiros e cozinhas. Compõem-se em água de banho, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes, águas de lavanderia e dejetos humanos. Os efluentes industriais são o despejo líquido resultante dos processos industriais, caracterizados por uma variedade de poluentes, variando de indústria para indústria, o que faz com que cada caso seja investigado de forma específica (ROCHA; ROSA; CARDOSO; 2009).

Os efluentes domésticos e industriais são a mais importante fonte de matéria orgânica para águas de superfícies. Existem muitos processos disponíveis para o tratamento de efluentes. Em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) as etapas de floculação, sedimentação e tratamento biológico são controladas e otimizadas (Figura 23).

Figura 23 - Estação de tratamento de esgoto (ETE)



Fonte: SABESP; disponível em:

<<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&proj=sabesp&pub=T&nome=TratamentoDeEsgoto&db=>>

2.4.2. O tratamento de efluentes e a oxidação química

O tratamento de um dado efluente depende dos padrões de lançamento que estão ligadas as características do corpo receptor. Os tratamentos primários são utilizados para remover sólidos em suspensão. O secundário visa remover substâncias biodegradáveis e o terciário aplica técnicas físico-químicas e/ou biológicas para a remoção de poluentes específicos (AZEVEDO, 1999).

Quando ocorre o lançamento de um determinado efluente em um corpo d'água, imediatamente as características químicas, físicas e biológicas desse local começam a ser alteradas. Pode ocorrer um aumento da carga orgânica o que ocasiona um aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), da demanda química de oxigênio (DQO), do carbono orgânico total (COT) e conseqüentemente, uma perda da concentração de oxigênio dissolvido, fruto do metabolismo de micro-organismos aeróbicos. Parte da matéria orgânica presente no efluente se diluiu, sedimenta, sofre estabilização química e bioquímica, fenômeno conhecido como autodepuração. (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

Antes de atingirem os corpos aquáticos as águas residuais devem sofrer algum tipo de purificação. Os tratamentos são divididos em biológicos e físico-químicos. A utilização de um

ou outro, ou mesmo uma combinação de ambos, depende das características de efluente a ser tratado, da área disponível para montagem do sistema de tratamento e do nível de depuração que se deseja atingir.

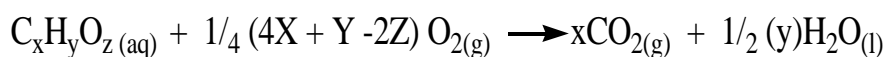
Os processos biológicos, de acordo com Jardim e Canela (2004), utiliza de microorganismo “estruturas fascinantes sob o ponto de vista bioquímico, e capazes de realizar uma série de reações químicas ainda não imitadas pelo homem moderno e suas tecnologias consideradas evoluídas”. Os efluentes compostos de substância biodegradáveis provenientes de esgoto doméstico e indústria alimentícia são preferidos nesse tipo de processo, que é divididos em dois grupos, anaeróbicos e aeróbicos (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

Nos aeróbicos são empregados micro-organismos para biooxidar a matéria orgânica utilizando o oxigênio molecular, O₂, como receptor de elétrons. A microfauna é composta de protozoários, fungos, leveduras, micrometazoários e bactérias. Nos anaeróbicos são utilizados micro-organismos que degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio molecular. A microfauna é composta de bactérias, basicamente as acidogênicas e as metanogênicas (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

O tratamento biológico de esgoto doméstico é um exemplo do uso de consórcios de micro-organismos que realizam o trabalho de oxidar e/ou reduzir a matéria orgânica a baixo custo e alta eficiência. Porém nem sempre seu uso é possível, pois existem inúmeras moléculas não biodegradáveis e também por um efluente poder conter uma série de substâncias tóxicas, tais como cianeto, mercúrio ou algum pesticida potente (JARDIM; CANELA, 2004).

A reação geral que descreve o mecanismo do metabolismo aeróbico de compostos orgânicos representado por C_xH_yO_z está descrita na Figura 24.

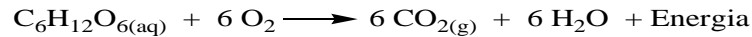
Figura 24 - Reação geral do metabolismo aeróbico de compostos orgânicos



Fonte: (GUIMARÃES; NOUR, 2001)

Para exemplificação, podemos utilizar a molécula de glicose, de forma bem simplificada (Figura 25):

Figura 25 - Reação com a molécula de glicose

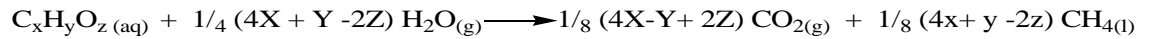


Fonte: (GUIMARÃES; NOUR, 2001)

A energia liberada nesse processo é utilizada para a manutenção das atividades vitais dos micro-organismos, como reprodução, locomoção etc.

Para os processos anaeróbicos podemos descrever a reação simplificadamente como na Figura 26.

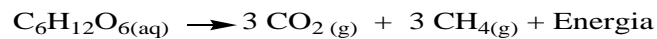
Figura 26 - Reação geral do metabolismo anaeróbico de compostos orgânicos



Fonte: (GUIMARÃES; NOUR, 2001)

Novamente usando a glicose como exemplo, temos a Figura 27:

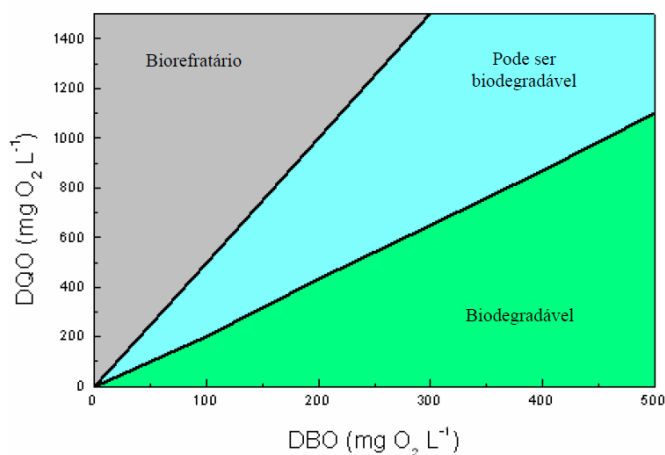
Figura 27 - Reação com a molécula de glicose



Fonte: (GUIMARÃES; NOUR, 2001)

A tratabilidade biológica é avaliada por um parâmetro denominado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Quanto maior seu valor, maior a labilidade biológica dos compostos orgânicos presentes em determinado efluente. Por outro lado, a recalcitrância desta mesma carga orgânica pode ser avaliada pelo parâmetro denominado Demanda Química de Oxigênio (DQO), a qual é obtida após uma oxidação drástica da matéria orgânica. Dessa forma, a relação DQO/DBO (Figura 28) nos diz que tipo de oxidação será efetiva na destruição de carga orgânica presente (JARDIM; CANELA, 2004). Se a relação $\text{DQO/DBO} < 2,5$ o mesmo é facilmente biodegradável. Se a relação for $5,0 < \text{DQO/DBO} < 2,5$ deve-se tomar cuidados na escolha do processo biológico para que se tenha uma remoção desejável de carga orgânica. Já se a relação $\text{DQO/DBO} > 5$, a oxidação química é o processo alternativo (JARDIM; CANELA, 2004).

Figura 28 - Relação DQO/QBO



Fonte: (JARDIM; CANELA, 2004)

Já os processos físico-químicos mais empregados são: coagulação, floculação, decantação, flotação, separação por membranas, adsorção e oxidação química (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

A oxidação Química sob a ótica do tratamento de efluentes é uma forma de transformar moléculas ambientalmente indesejáveis em outras moléculas menos tóxicas. Essa oxidação pode ser completa ou parcial. Quando a oxidação se dá de modo incompleto, nem sempre se pode garantir que o subproduto será menos tóxico. No entanto, a oxidação total (mineralização), gera como produto final dióxido de carbono, água e íons inorgânicos, caso exista algum heteroátomo na molécula (JARDIM; CANELA, 2004).

A oxidação química é o processo pelo qual os elétrons são removidos de uma substância ou elemento, aumentando seu estado de oxidação. Para isso outra substância ou elemento deve receber estes elétrons. Assim, um oxidante é uma espécie que recebe elétrons de um agente redutor. Os agentes oxidantes mais utilizados em tratamento de águas residuais são cloro (Cl₂), hipoclorito (OCl⁻), dióxido de cloro (ClO₂), ozônio (O₃), permanganato (MnO₄⁻), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e ferrato (FeO₄²⁻) (GUIMARÃES; NOUR, 2001).

Na maioria dos casos a oxidação de compostos orgânicos, embora termodinamicamente favorável, é cineticamente lenta. Assim a oxidação completa é geralmente inviável sob o ponto de vista econômico. Uma das grandes vantagens desse processo é a ausência de subprodutos sólidos, pois os produtos finais da oxidação da matéria orgânica são apenas dióxido de carbono e água (Figura 29).

Figura 29 - Oxidação completa da matéria orgânica (MO)



Fonte: (GUIMARÃES; NOUR, 2001)

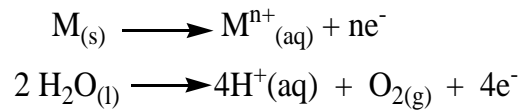
A eletroquímica oferece uma série de benefícios, sendo as principais vantagens: versatilidade, eficiência energética, facilidade de automação, compatibilidade com o meio ambiente e eficiência de custos. Existem dois tipos de processos eletroquímicos: os diretos e os indiretos. No direto, é possível transferir elétrons diretamente desde um eletrodo até uma espécie eletroativa ou vice-versa. No indireto, isso não é possível, pois as espécies envolvidas não são eletroativas. Nesses casos, pode-se utilizar espécies geradas nos eletrodos que funcionam como mediadoras de elétrons desde/até as espécies de interesse no meio reacional (IBANEZ, 2002).

Um exemplo mais específico de um método físico-químico é a eletrofloculação. Este método é utilizado para tratamento de resíduos de corantes, principalmente de águas residuais de indústrias têxteis. Isso porque, os tingimentos e as operações de acabamento dessas indústrias produzem grande quantidade de resíduos orgânicos e inorgânicos além da coloração. Estes resíduos, que também possuem surfactantes e agentes quelantes, podem provocar a eutrofização e perturbar a vida aquática (NETO, et al, 2011).

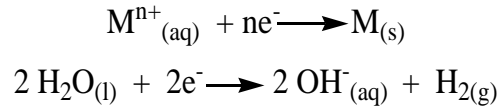
O processo de eletrofloculação (NETO, et al, 2011) é um processo eletrolítico que desestabiliza os poluentes emulsificados ou em suspensão. Primeiramente, através da oxidação de um ânodo metálico de sacrifício, geralmente ferro e alumínio, gera-se o coagulante. E assim que os cátions são gerados no ânodo estes reagem com a água. Paralelamente, ocorre a eletrólise da água e a formação de bolhas de oxigênio no ânodo e de hidrogênio no cátodo que serão os responsáveis por carregar o material floculado para a superfície (Figura 30).

Figura 30 - Reações envolvidas no processo de eletrofloculação

Ânodo:



Cátodo:



Fonte: (NETO et al., 2011)

Em uma segunda etapa, os hidróxidos formados aglutinam-se em partículas coloidais formando flóculos que entram em contato com as impurezas. Após, a remoção dos poluentes pode ocorrer por complexação ou atração eletrostática e posterior coagulação.

Os capítulos 1 e 2 abordaram as questões teóricas que permeiam este trabalho. Passamos agora a descrever como realizou-se a pesquisa, seus aspectos metodológicos e os resultados obtidos.

CAPÍTULO 3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Essa investigação é uma pesquisa educacional que visa a melhoria do processo de ensino e aprendizagem através da prática e reflexão da mesma, sendo ela configurada de caráter predominantemente qualitativo. De acordo com Baptista e Campos (2007), esse tipo de análise possibilita ao pesquisador aprender a ouvir as aflições da contemporaneidade para propor soluções condizentes com a demanda social. São características de uma pesquisa deste tipo,

Sua grande flexibilidade e adaptabilidade. Ao invés de utilizar instrumentos e procedimentos padronizados, a pesquisa qualitativa considera cada problema objeto de uma pesquisa específica para a qual são necessários instrumentos e procedimentos específicos (GÜNTHER, 2006, p. 204).

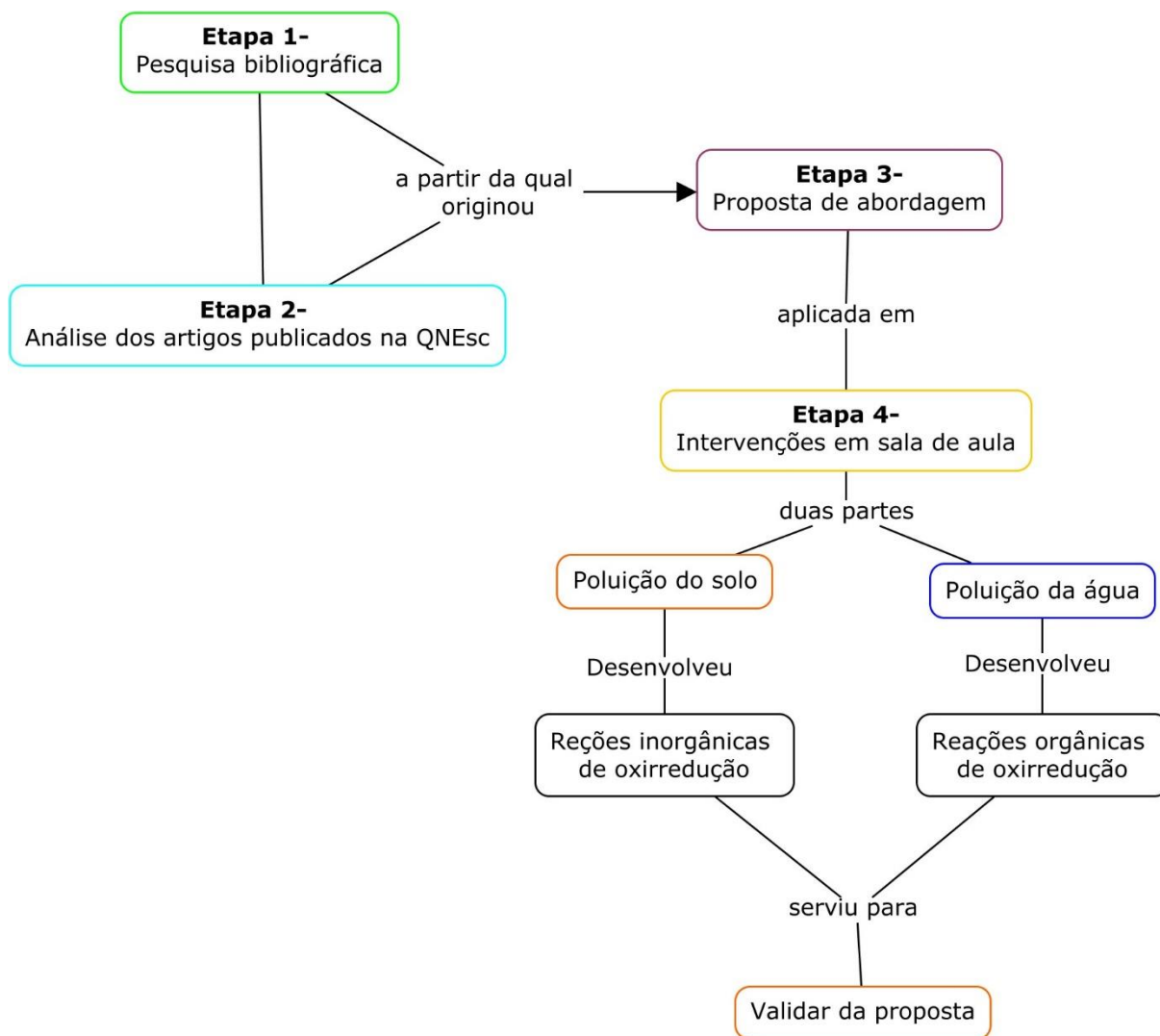
Neves (1996) afirma que os dados de uma análise qualitativa, são descritivos mediante o contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo. Frequentemente o pesquisador procura entender o fenômeno na perspectiva dos participantes e a partir disso situa suas interpretações. Godoy (1995) apresenta como características de uma pesquisa qualitativa: o ambiente natural como fonte de dados e o pesquisador como instrumento fundamental; o caráter descritivo; o significado que as pessoas dão as coisas como preocupação do investigador e o enfoque indutivo. Desta forma, uma das etapas realizadas foi a aplicação da pesquisa no ambiente escolar com a participação ativa e total do pesquisador.

Quanto aos objetivos da pesquisa, esta caracteriza-se como uma pesquisa explicativa, pois têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2002). Neste caso, buscamos identificar os fatores que determinam e contribuem para o ensino aprendizagem do conteúdo de reações redox, através da utilização da temática “Poluição”.

A pesquisa está organizada em quatro etapas (Figura 31). Na primeira, buscamos referenciais teóricos a respeito da parte conceitual das reações redox e a temática “Poluição”, apresentados nos capítulos 1 e 2. Quanto a segunda, realizamos uma análise dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola, com a intenção de investigar como as reações redox estão sendo exploradas a fim de verificar suas diferentes abordagens e sua repercussão no ensino de Química, bem como discutir seu impacto quanto a esses aspectos. Escolhemos essa revista pois acreditamos que ela nos permite analisar como este conteúdo vem sendo tratado pelos pesquisadores da área e abordado nas escolas brasileiras. A partir destas duas etapas iniciais, passamos para a terceira etapa, onde propomos uma nova forma para abordar as

reações redox em sala de aula, que foi aplicada na quarta e última etapa através das intervenções realizadas em sala de aula.

Figura 31 - Etapas da pesquisa



Fonte: Autores

A seguir, vamos descrever detalhadamente como realizou-se o estudo dos artigos publicados na revista QNEsc, as metodologias de ensino utilizadas em sala de aula durante a aplicação da pesquisa e como se desenvolveu as intervenções em sala de aula, destacando também o contexto e os sujeitos envolvidos na pesquisa.

3.1. ANÁLISE DOS ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA QNESC

O objetivo desta parte da pesquisa é investigar como as reações redox estão sendo exploradas a fim de verificar suas diferentes abordagens no ensino de Química. Para isso, utilizamos como base artigos publicados na revista Química Nova na Escola (QNEsc).

A escolha desta revista se deve ao fato de sua representatividade no ensino de Química, sendo muito utilizada como referencial por alunos de graduação em Química e professores do ensino médio e superior. O foco deste trabalho foram os artigos que abordavam, de alguma forma, as reações redox. A busca pelos artigos foi feita usando o site da revista, através das palavras-chave: redox, oxidação, redução, oxi-redução, oxirredução, oxidação-redução, pilhas e eletroquímica. Todos os artigos que apresentavam essas palavras passaram a fazer parte deste trabalho, perfazendo um total de 52 artigos, de um total de 550 artigos publicados na revista, no intervalo de tempo de 1995, ano da primeira publicação da revista, até o ano de 2014.

Para demonstrar as diferentes abordagens escolhemos alguns critérios:

- Quanto a abordagem: teórica ou experimental;
- Quanto ao foco em sub áreas da química: inorgânica, orgânica ou bioquímica;
- Quanto aos contextos de estudo: Científico; Tecnológico; Social; Ambiental;
- Quanto as reações redox: Conceitua ou não conceitua; formas de conceituação; uso dos termos número de oxidação e/ou estado de oxidação;
- Quanto ao tema ou assuntos utilizados para seu estudo.

Os resultados obtidos são descritos no próximo capítulo.

Vamos agora descrever como se desenvolveu a metodologia da quarta etapa dessa pesquisa, as intervenções em sala de aula.

3.2. INTERVENÇÕES EM SALA DE AULA

3.2.1. Metodologias de ensino

Levando em consideração as ideias construtivistas, defendendo que a teoria do conhecimento é construída e não transmitida pelo professor (WERNECK, 2006), nossas atividades de ensino foram pensadas de forma a facilitar a construção do conhecimento por parte dos alunos, onde o professor atua como um mediador desse processo.

A aplicação desta pesquisa nas intervenções em sala de aula contou com a utilização de diferentes metodologias de ensino, pois acreditamos que a melhoria da qualidade do ensino de Química está na utilização de novas estratégias metodológicas de ensino. Afirmamos isso baseados nas pesquisas já desenvolvidas pelo nosso grupo de pesquisa, Laboratório de Ensino de Química (LAEQUI) e outros grupos de pesquisadores no ensino de Química como por exemplo, o GEPEQ (Grupo de pesquisa em educação química), da professora Maria E. R. Marcondes, da Universidade de São Paulo e GIEQ (Grupo de investigação no Ensino de ciências) coordenado pelo professor Carlos Alberto Marques, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Utilizamos em nossa pesquisa as metodologias: Os três momentos pedagógicos, atividades experimentais, atividades de modelagem e resolução de problemas. Descreveremos um pouco de cada uma destas metodologias a seguir.

3.2.1.1. Três momentos pedagógicos

Os três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), é uma metodologia de ensino muito utilizada em pesquisas na área do ensino de ciências e tem apresentados bons resultados (MUENCHEM, 2010; GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012; LYRA, 2013; PAZINATO; BRAIBANTE, 2014; SILVA et al, 2014;). Os autores caracterizam essa metodologia em três etapas: Problematização inicial (PI); Organização do conhecimento (OC) e Aplicação do conhecimento (AC).

A PI constitui-se da apresentação de situações reais conhecidas pelos estudantes. É importante organizar esse momento de maneira que os alunos exponham seus pensamento sobre a situação em estudo, com o intuito de localizar possíveis limitações e lacunas do conhecimento que vem sendo exposto. O ponto máximo dessa etapa, é fazer o aluno sentir a necessidade da aquisição de outros conhecimentos.

Na OC, os conhecimentos necessários para compreensão do tema e da problematização são estudados, sob orientação do professor, onde as mais variadas atividades são empregadas, de modo a desenvolver a conceituação fundamental para compreensão das situações problematizadas.

Para a etapa final, AC, busca-se a generalização da conceituação abordada. A meta deste momento é a de capacitar os estudantes ao emprego dos conhecimentos de maneira que possam articular constantemente a conceituação científica com situações reais.

Baseando-se nesses momentos, desenvolvemos a sequência didática utilizada na proposta de abordagem. Dentro de cada momento, outras metodologias foram empregadas, tais como atividades experimentais, atividades de modelagem e resolução de problemas.

3.2.1.2. *Atividades experimentais*

A utilização de atividades experimentais no ensino já tem sido alvo de muitos estudos que demonstram sua importância no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, revelam que esse tipo de atividade, é motivadora, instigante e permite a participação ativa dos estudantes (GIORDAN, 1999; SUART; MARCONDES, 2000; GALIAZZI et al. 2001; ARAÚJO; ABID, 2003; SUART, 2008; OLIVEIRA, 2010; DURAND, 2015).

Para Oliveira (2010), as atividades experimentais apresentam muitas contribuições para o ensino. A autora elenca essas contribuições como sendo para: motivar e despertar a atenção do aluno; desenvolver a capacidade de trabalho em grupo; desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão; estimular a criatividade; aprimorar a capacidade de observação e registro de observações; aprender a analisar dados e propor hipóteses; aprender conceitos científicos; para detectar e corrigir erros conceituais dos alunos; compreender a natureza da ciência e o papel do cientista; compreender as relações entre ciência tecnologia e sociedade e por fim, aprimorar as habilidades manipulativas.

Essas contribuições dependem da forma com que as atividades serão realizadas, sendo diferenciadas em três tipos de abordagens: atividades de demonstração, atividades de verificação e atividades de investigação (OLIVEIRA, 2010). Nessa pesquisa, utilizamos de atividades de demonstração e investigação.

Ainda de acordo com a mesma autora, uma atividade de demonstração é aquela em que o professor executa o experimento e os alunos observam os fenômenos ocorridos. Normalmente, utiliza-se esse tipo de abordagem para ilustrar aspectos trabalhados em aula, a fim de torná-los visíveis e facilitar a aprendizagem. Já uma atividade investigativa exige muito mais por parte do estudante, permitindo que estes participem de forma mais ativa do processo de aprendizagem e o professor surge com um mediador desse processo. Essa abordagem geralmente não faz uso de roteiros experimentais detalhados e deve ser interessante para os estudantes resolverem.

3.2.1.3. Atividades de modelagem

“Um modelo não é uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir de interpretações pessoais desta” (FERREIRA; JUSTI, 2007). De acordo com Gilbert, Boulter e Elmer (2000 apud MENDONÇA, 2011) um modelo é

a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema, que apresenta uma finalidade específica –que é bastante coerente com os aspectos discutidos na seção anterior por enfatizar a principal característica de um modelo: ser uma representação com objetivo definido (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000 apud MENDONÇA, 2011, p. 23).

A modelagem como alternativa para o ensino de Química valoriza o conhecimento dos estudantes e a compreensão de significado dos conteúdos (MOZZER; QUEIROZ; JUSTI, 2007). Trabalhar com modelagem permite a transição entre os níveis de representação, macroscópico, submicroscópico e representacional ou simbólico, muito importantes no ensino de Química (Mendonça, 2011), onde o “conhecimento se constitui em sistemas formais interpretados” (WARTHA; RESENDE, 2011).

De acordo com Nieves, Barreto e Medina (2012), a representação macroscópica lida com fenômenos, tais como mudanças na cor e a formação de precipitados em reações químicas. O submicroscópico, fornece descrições em nível de átomos e moléculas. A representação simbólica envolve símbolos químicos, desenhos e expressões matemáticas utilizadas para representar situações químicas. Normalmente, no ensino tradicional, os alunos utilizam a memorização, repetem equações químicas e resolvem problemas de uma forma algorítmica sem conceitualmente compreender ou ligar os níveis macroscópico, submicroscópico, e simbólico a aprendizagem de conceitos científicos. Utilizar as várias representações poderia ajudar os alunos a melhorar seu raciocínio e habilidade para resolver problemas.

Mendonça (2011) afirma que a utilização da modelagem no ensino de Química favorece o contato com o nível macroscópico. Ressalta ainda que esse tipo de atividade beneficia o aprendizado, pois as explicações do que ocorre com a matéria em nível submicroscópico favorece a visualização de modelos abstratos.

3.2.1.4. *Resolução de problemas*

A resolução de problemas (RP), de acordo com Romanatto (2012), significa envolver-se em uma tarefa onde a solução não é conhecida de imediato. Assim, para encontrar a solução deve-se recorrer aos conhecimentos, neste caso, conhecimentos químicos. Essa metodologia é bastante usada no ensino de matemática. O mesmo autor afirma que os problemas propiciam aos estudantes formular, tentar e solucionar problemas desafiadores que requerem uma quantidade significativa de esforço, levando-os a refletir sobre seus conhecimentos. Dessa forma, solucionar problemas não significa apenas resolvê-los, mas refletir sobre eles para que estimulem o modo de pensar, a curiosidade e o conhecimento. Para Goi e Santos (2005) embasado nas ideias de Pozo, a resolução de problemas é uma metodologia adequada para excitar a pensar e a criar, baseada em situações abertas e sugestivas que exigem atitude ativa e esforço para buscar a solução.

3.2.2. **Contexto e sujeitos das intervenções**

A pesquisa foi desenvolvida com estudantes de uma turma da segunda série do ensino médio de um colégio estadual, localizado no município de Santa Maria, RS. A turma foi disponibilizada de maneira integral para a aplicação da pesquisa, no período de abril a agosto de 2015, com três horas/aula semanais perfazendo um total de 42h/aula. A escolha por uma turma de segunda série se deve ao fato do conteúdo de reações redox ser trabalhado nessa etapa. Ressalta-se que os estudantes não haviam tido nenhum contato com o conteúdo de reações redox anteriormente, pois este normalmente é trabalhado no final do ano.

Participaram da pesquisa 18 sujeitos, com idades entre 15 e 17 anos. Quanto ao gênero, a predominância é feminina, 14 sujeitos, e apenas 4 do sexo masculino.

3.2.3. **Descrição das intervenções**

As intervenções em sala de aula foram divididas em duas partes. A primeira parte foi denominada “Pilhas e Baterias: funcionamento, impacto ambiental e consequências para saúde humana”. A segunda “Tratamento de efluentes e oxidação química”. Dessa forma, na primeira trabalhamos as questões referentes a poluição do solo, como foco para as reações inorgânicas de oxirredução, e na segunda, as reações orgânicas de oxirredução utilizando como

contextualização a poluição da água. No Quadro 9, apresentamos, de maneira geral, o que foi desenvolvido nas intervenções na escola e o tempo necessário para seu desenvolvimento.

Quadro 9 - Descrição das intervenções na escola

(continua)

<i>Parte 1- Pilhas e baterias: funcionamento, impacto ambiental e consequências para saúde humana</i>		
Organização	Desenvolvimento	Duração
Etapa inicial	- Apresentação da pesquisadora e da pesquisa; - Aplicação dos questionários iniciais.	1h
Problematização Inicial	- Atividade em grupo, socialização da tarefa 1- problematização; - Roda de conversa; - Imagens e questões problemas sobre poluição; - Discussão de notícias sobre tecnologia.	3 h/aula
Organização do conhecimento	- O que é meio ambiente; o que é poluição; lei da conservação da matéria; tipos de poluentes; poluição do solo; contaminação por pilhas e baterias; - Desafio 1- Pesquisa no laboratório de informática - Apresentação do desafio 1; - Noções iniciais de NOX – modelo atômico e reação redox; - NOX, reações redox; - Resolução de exercícios e tabela de potencial padrão de redução; - Retomada em potencial e explicação do funcionamento da pilha de Daniel; - Experimento pilha de Cu/Mg; Descarte e reciclagem de pilhas; - Revisão sobre pilhas; metais pesados; consequências dos metais pesados para o solo e a saúde humana; - Lista de Exercícios; - Correção dos exercícios.	11 h/aula
Aplicação do conhecimento	- Resolução de problemas em grupo sobre as pilhas; - Apresentação dos cartazes confeccionados a partir dos problemas; Introdução as análise químicas qualitativas e orientação sobre o trabalho em laboratório; - Determinação de metais pesado em amostra de solo contaminado;	5 h/aula

(conclusão)		
Etapa final	- Questionário intermediário; - Atividade sobre ferrugem para revisão de NOX e reações redox; - Resolução de Exercícios; - Correção dos exercícios; - Questionário final.	6 h/aula
Parte 2: Tratamento de efluentes e oxidação química		
Organização	Desenvolvimento	Duração
Etapa inicial	Questionário inicial.	1h/aula
Problematização do conhecimento	- Cálculo de consume de água em um dia; - Problematização: água o que temos a ver com ela? - Notícias.	3h/aula
Organização do conhecimento	- Água e poluição da água; - Desafio: Tipos de tratamento de efluentes; - Tratamento de efluentes; - Vídeo ETA e ETE e revisão; -Reações biológicas no tratamento de efluentes; - Reações físico-químicas: eletrofloculação.	6h/aula
Aplicação do conhecimento	- Atividade experimental: descontaminação da água por eletrofloculação; - Desafio.	3 h/aula
Etapa final	-Questionário final;	1aula
Encerramento	-Revisão unindo as duas parte de intervenções; -Atividade final- produção textual;	2/aula
Total parte 1- 26 h/aula Total parte 2- 14h/aula Encerramento- 2 h/aula		Total: 42 h/aula

Fonte: Autores

3.2.3.1. Etapa inicial

Na etapa inicial foi aplicado um questionário que buscou investigar o perfil da turma, com questões que procuravam saber se os estudantes trabalhavam além de estudar, quais as expectativas para o futuro, disciplinas favoritas, além de questões com caráter geral sobre meio ambiente e poluição (Apêndice A).

Nesse contato inicial, os alunos também foram divididos em grupos de três estudantes, contemplando, um total de 6 grupos. Os grupos foram denominados de G1 a G6, e os estudantes de E1 a E18, preservando a identidade de cada sujeito, sendo os grupos assim constituídos: **G1**= E14, E4 e E16; **G2**= E17, E6 e E7; **G3**= E5, E3, e E13; **G4**= E2, E8, e E11; **G5**= E15, E9, e E18; **G6**= E1, E12 e E10.

Nesta pesquisa várias atividades, que serão descritas a seguir, foram realizadas em grupos, levando em consideração as ideias dos autores Barbosa e Jófili (2004), quando argumentam que

Os métodos de aprendizagem cooperativa são importantes não só na facilitação do processo ensino-aprendizagem, mas também na formação profissional, preparando cidadãos mais aptos para os trabalhos em equipe e mais comprometidos com os valores sociais e os princípios da solidariedade. (BARBOSA; JÓFILI, 2004, p. 55).

Nesta mesma perspectiva, Ribeiro e Ramos (2012) demonstram que quando os estudantes são organizados em pequenos grupos, permite-se que eles se apropriem do conteúdo de forma mais autônoma, contribuindo para a aprendizagem.

3.2.3.2. *Pilhas e Baterias: Funcionamento, impacto ambiental e consequências para saúde humana*

Primeiramente aplicamos um questionário para averiguar os conhecimento prévios apresentados pelos estudantes, tanto para as reações redox quanto para questões envolvendo a temática “Poluição do solo por pilhas e baterias” (Apêndice B).

Como já mencionado, as aplicações basearam-se nos três momentos pedagógicos sendo assim, a *problematização inicial*, contou, primeiramente como uma tarefa, descrita no Quadro 10. Para orientar esse levantamento os alunos receberam um quadro para completar (Quadro 11).

Quadro 10 - Tarefa para realização da atividade de problematização inicial

(continua)

Tarefa problematização
<p>Olá amigo(a)!</p> <p>O avanço tecnológico tem aumentado muito o uso de pilhas e baterias. Ao ano cerca de 3 bilhões de pilhas e baterias são fabricados. As pilhas e baterias só funcionam devido reações químicas, sabia? Sem estas reações você não poderia usar o facebook, por exemplo. Não poderia usar relógio, acender um lanterna quando acaba a luz, entre muitas outras coisas... Ficou curioso para saber como a Química faz seu computador funcionar? Ahh, então vamos acabar logo com essa curiosidade!</p> <p>Existem diferentes tipos de pilhas e baterias, cada qual com uma peculiaridade diferente. Como vocês já devem ter percebido, elas são muito úteis para nós! Porém, elas também são causadoras de graves danos ambientais. Você sabe porquê? Não? Então que tal investigar? Procure em sua casa pilhas e baterias que você e sua família costumam usar. Faça um levantamento do tipo de pilha e bateria, dizendo onde ela é utilizada. Aproveite para dizer o que de Química você acredita que está por trás dessas pilhas e/ou baterias, e como elas podem ser causadoras de problemas ambientais.</p>

(conclusão)

Depois, vamos juntos usar estes conhecimentos para dar início ao entendimento dessa tecnologia tão importante para nós. Após essa investigação você nunca mais olhará da mesma forma para uma pilha!

BOA INVESTIGAÇÃO!

Fonte: Autores

Quadro 11 - Quadro norteador da tarefa de problematização inicial

Pilhas ou Bateria	Onde é utilizada?	Composição Química	Como ela pode causar problemas ambientais?


Fonte: Autores

Como socialização dessa atividade de problematização, em sala de aula, os alunos foram divididos em seus respectivos grupos, receberam tiras de folhas coloridas, onde deveriam encontrar em cada grupo os tipos de pilhas ou baterias do levantamento e escrever nas tiras. Para isso, os alunos receberam um tira de cor rosa, onde deveria escrever se era uma pilha ou bateria, bem como onde é utilizada, por exemplo, Bateria de Celular. Em uma tira de cor azul, os estudantes deveriam colocar a composição química, por exemplo, Ni/Cd, e em uma tira amarela colocar os impactos ambientais. Depois, todas as tiras foram colocadas no quadro, de forma a permitir que todos visualizassem os diferentes tipos de pilhas, sua composição química e os impactos ambientais que podem ser gerados.


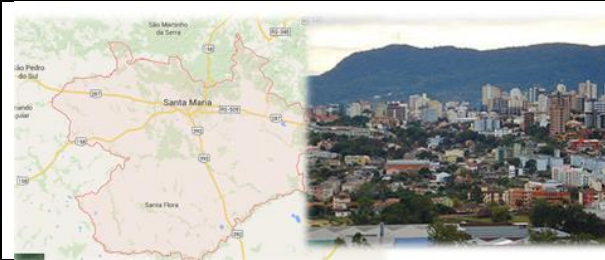
Após esta visão geral das pilhas e baterias, a problematização contou com uma roda de conversa, onde foram lançadas questões e imagens problematizadoras a respeito da poluição em geral e poluição do solo. Isso foi realizado com o auxílio do projetor multimídia. Algumas questões bem como as imagens são destacadas no Quadro 12:

Quadro 12 - Algumas Imagens e questões utilizadas na problematização

(continua)

	<p>O que essas imagens representam para você? Alguma está presente em nossa realidade?</p>
---	--

(conclusão)

	<p>O que está representado nessa imagem que afeta a qualidade ambiental?</p>
	<p>Quais os principais problemas de poluição da cidade de Santa Maria?</p>
<p>Qual a influência da ciência e da tecnologia, nessas situações? Qual a nossa função como cidadão?</p>	

Fonte: Autores

Essa conversa buscou levantar as ideias dos estudantes em relação a questões ambientais, bem como provocar um momento de reflexão em cada um. Como auxílio, entregou-se aos alunos diversas notícias sobre meio ambiente, envolvendo tanto aspectos tecnológicos, como econômicos e sociais. Em grupos, eles receberam uma notícia e depois socializaram com seus colegas. As notícias utilizadas foram: Degradação do solo ameaçará a produção de alimentos daqui a 50 anos (G1, 2007); Degradação ambiental ameaça progresso em países emergentes, diz ONU (BBC BRASIL, 2011); Drone ajuda a detectar e mapear áreas de degradação ambiental em MT (G1, 2014); Degradação do solo gera perda de até 5% do PIB agrícola (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2013); 2015 é o ano internacional do solo (ABRIL, 2015); Acúmulo de lixo e descarte inapropriado de materiais em SM (DIÁRIO DE SANTA MARIA, 2015).

Realizada a problematização inicial, passamos à *organização do conhecimento*. Nesta etapa foram trabalhados os conceitos envolvidos nas reações redox, sempre associados a questões ambientais. Começamos por realizar uma apresentação em *slides*, onde os seguintes tópicos foram apresentados: o que significa meio ambiente; o que é poluição; lei da conservação da matéria; tipos e formas de poluição; as pilhas como causadoras de poluição; poluição do solo e composição química do solo.

Como início da construção do conhecimento por parte dos estudantes, cada grupo recebeu um desafio diferente. No Quadro 13, apresentamos um exemplo de desafio, os demais encontram-se no Apêndice C. Os alunos tiveram à disposição o laboratório de informática para pesquisa.

Quadro 13 - Desafio inicial para construção do conhecimento

DESAFIO 1C
<p>Caros amigos, como estão vocês? Deixe-lhes contar um fato curioso ocorrido comigo nessa manhã. Fui até uma loja no centro da cidade para comprar um celular novo. Com o avanço tecnológico as novas tendências mudam o tempo todo. Durante a escolha, estava em dúvida entre dois modelos, e resolvi pedir ao vendedor o que ele achava. Ele me disse que os dois modelos eram praticamente iguais de desempenho e estilo, porém me disse que utilizar o aparelho que possui bateria de íons lítio ao invés do que possui bateria de níquel/cádmio seria mais ambientalmente correto. Não entendi porque ele disse isso. Mas resolvi consultar vocês antes de efetuar a compra. Assim, lhes pergunto: Ele tem razão no que disse? Qual a diferença entre essas duas pilhas? Porque devo me preocupar com a relação bateria-ambiente? Assim, fico ansioso no aguardo da resposta de todos esses questionamentos! Grato pela ajuda! RUTHERFORD</p>

Fonte: Autores

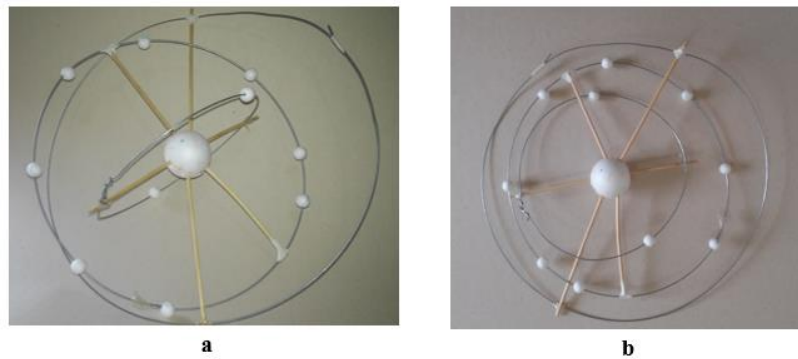
Após a pesquisa, cada grupo relatou aos colegas qual era seu desafio e a solução que encontrou. Com uma visão geral a respeito de algumas pilhas e seus funcionamentos, bem como consequências ambientais, começamos a explorar cientificamente como as pilhas funcionam, onde trabalhamos com os conceitos de: Reações de oxidação-redução, o que é uma oxidação e uma redução, NOX em compostos iônicos e covalentes, modelo atômico, pilha de Daniel, potencial padrão de redução, variação de potencial de uma pilha, ânodo e cátodo.

A busca dessa pesquisa é como ensinar as reações redox de modo a permitir seu aprendizado. Dessa forma, além das atividades diferenciadas e do uso de diversas metodologias de ensino, procuramos ensinar o conteúdo levando sempre em consideração o modelo atômico, que será discutido com mais detalhes na análise dos resultados. Assim, primeiramente explicou-se como constitui-se um átomo de acordo como o modelo atômico de Bohr para através deste entendimento, explicar o aumento e a diminuição de NOX, que representa a oxidação e redução respectivamente (como já discutido no capítulo 1).

Para auxiliar no entendimento, utilizamos um modelo confeccionado com arame e bolas de isopor representando os átomos de uma reação bem como a transferência de elétrons

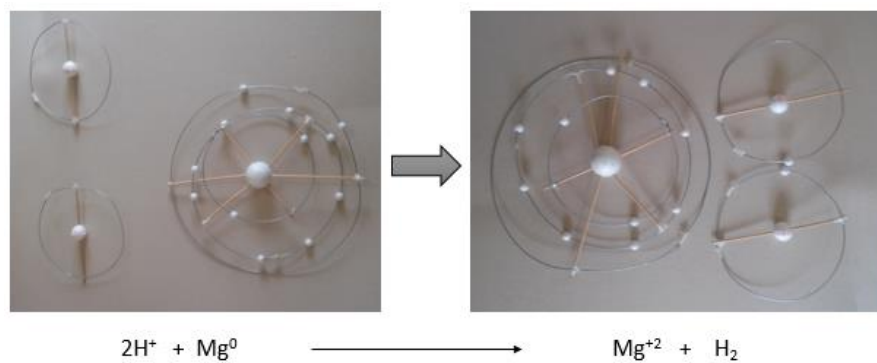
envolvida em uma reação de oxidação-redução (Figura 32). Para isso, realizamos uma atividade experimental, pilha de Cu/Mg (HIOKA et al, 2000), e sua reação foi explicada através do modelo confeccionado (Figura 33 e Figura 34).

Figura 32 - a) modelo atômico 3D b) modelo atômico planificado



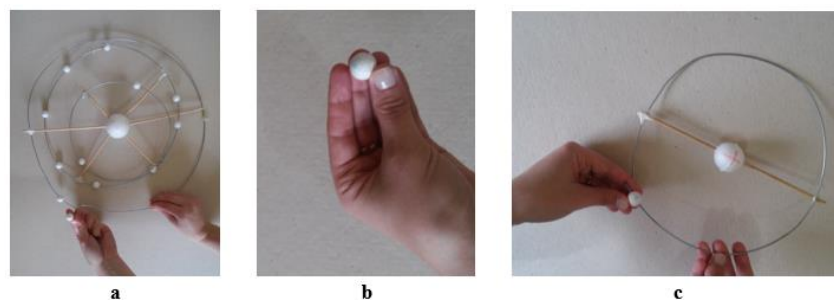
Fonte: Autores

Figura 33 - Reação demonstrada pelo modelo atômico confeccionado



Fonte: Autores

Figura 34 - a) retirada dos dois elétrons do Mg b) transferência dos elétrons c) Elétrons sendo recebidos pelos hidrogênios



Fontes: Autores

Para construir o conhecimento, os alunos, novamente em grupo, receberam um novo desafio. Cada grupo recebeu um desafio diferente. No Quadro 14, apresentamos um exemplo de desafio, os demais serão apresentados na análise dos resultados obtidos com essa atividade. Parte do desafio era representar por meio de cartazes (Figura 35), a reação envolvida utilizando o modelo atômico.

Quadro 14 - Exemplo de problemas sobre pilhas e baterias


Problema 2	
<p>O tipo de pilha mais utilizada para câmeras digitais, controles remoto e brinquedos é a conhecida pilha alcalina. Está pilha tem composição muito semelhante a chamada pilha seca. A principal diferença entre elas é que a pilha seca é usada para produzir correntes pequenas. A pilha alcalina, por sua vez, é apropriada para equipamentos que requerem descargas de energia rápidas e fortes, como brinquedos, câmeras fotográficas digitais, MP3 players, etc. além de duram cerca de cinco vezes mais.</p>	
	$\text{Zn} + 2 \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn(OH)}_2 + 2\text{MnOOH}$
<p>Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:</p> <ol style="list-style-type: none"> Quem oxida? Quem reduz? Quem é o cátodo e quem é o ânodo? Como essa pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente? Demostre através do modelo atômico a transferência de elétrons entre o Zn e o Mn. 	

Figura 35 - Alunos desenvolvendo e apresentando a atividade de resolução de problemas sobre pilhas e baterias



Fonte: Autores

Durante a organização do conhecimento também aplicamos exercícios, fizemos revisões e ainda, explicações sobre metais pesados, os componentes das pilhas e baterias, suas

consequências ambientais e para saúde humana. Os estudantes receberam um material de apoio impresso (Apêndice D).

Utilizou-se também notícias que envolviam aspectos tecnológicos, para uma reflexão mais crítica, tais como: Japoneses criam bateria de lítio que recarrega três vezes mais rápido (TECMUNDO, 2014); cientistas criam bateria perfeita que pode recarregar sozinha (TECMUNDO, 2012); em breve você poderá chacoalhar seu celular para recarrega-lo (TECMUNDO, 2012); Chinês cria carro elétrico que, segundo ele, recarrega bateria com o vento. (UOL, 2012); nomofobia pode ser considerada o mal do século (ACESSA.COM, 2010). A partir disso questionou-se: Como as tecnologias influenciam nossa vida? E no meio ambiente? A tecnologia é sempre positiva?

Como *aplicação do conhecimento* realizou-se uma atividade experimental investigativa, denominada de “Identificação de metais pesados em amostra de solo contaminada por pilhas e baterias”. Realizaremos a descrição da atividade, primeiramente colocando os reagentes e materiais necessários (Quadro 15), após descreveremos o procedimento utilizado, as discussões a respeito da técnica e por fim sua forma de implementação em sala de aula.

Quadro 15 - Materiais e reagentes para atividade experimental de Identificação de metais pesados em amostra de solo contaminado

Reagentes	Materiais
<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato de Chumbo II- $Pb(NO_3)_2$ 0,1mol/L • Cloreto de Manganês II- $MnCl_2$ 0,1 mol/L • Nitrato de Níquel II- $Ni(NO_3)_2$ 0,1 mol/L • Nitrato de Zinco- $Zn(NO_3)_2$ 0,05 mol/L • Hidróxido de Sódio- $NaOH$ 0,1 mol/L • Iodeto de Potássio- KI 10% • Água 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensaio • Suportes para tubo • Béqueres 50 mL • Papéis filtro • Funil • Pipeta de Pasteur • Frasco para guardar resíduos

Fonte: Autores

Primeiramente, preparou-se quatro amostras de solo contaminadas. Cada amostra foi contaminada com um metal, Zn, Pb, Ni e Mg. Colocou-se a amostra de solo cobrindo o fundo de cada um dos quatro béqueres de 50 mL. Adicionou-se em cada béquer trinta gotas dos reagentes: $Pb(NO_3)_2$, $MnCl_2$, $Ni(NO_3)_2$, $Zn(NO_3)_2$. Cada reagente foi adicionado em uma amostra de solo diferente. Essa etapa é realizada antes de entregar aos alunos, assim, estes já recebem as amostras contaminadas.

A identificação é realizada abrindo-se a amostra do solo com água, aproximadamente 20 mL, após filtra-se. Sobre o filtrado realizam-se os testes qualitativos apresentados no Quadro 16. A Figura 36 apresenta o resultado obtido em cada reação de identificação.

Quadro 16 - Descrição do procedimento de identificação dos metais pesados.

Metal	Reagente	Caracterização
Chumbo	Aproximadamente 3 gotas de KI 10%	Formação de precipitado Amarelo (Figura 36a)
Manganês	Aproximadamente 6 gotas de NaOH 0,1 mol/L	Formação de precipitado pardo (Figura 36b)
Níquel	Algumas gotas de NaOH 0,1 mol/L	Formação de precipitado branco esverdeado (Figura 36c)
Zinco	Algumas gotas de NaOH 0,1 mol/L	Formação de precipitado branco (Figura 36d)

Fonte: Autores

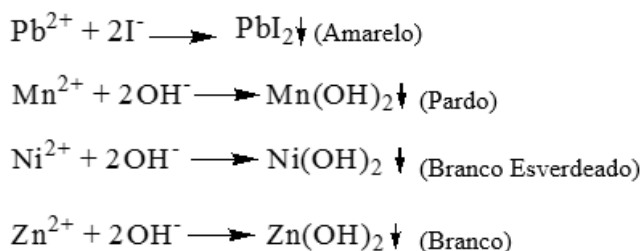
Figura 36 - Reações de identificação dos metais no solo



Fonte: Autores

Para a realização de análises químicas qualitativas empregam-se reações que se processam acompanhadas de variações de suas propriedades químicas ou físicas visíveis. As variações observadas em nossa atividade são de mudança de coloração e formação de precipitado. Assim, as reações de caracterização empregadas em nossa atividade são apresentadas na Figura 37:

Figura 37 - Reações de identificação de metais pesados



Fonte: Autores

Dessa forma, a identificação é realizada adicionando os reagentes específicos que ao reagirem com o metal produzem novas substâncias coloridas, o que permite sua identificação. Vale destacar que o chumbo também reage com o hidróxido de sódio, formando o hidróxido de chumbo, um precipitado branco, de acordo com a reação: $\text{Pb}^{+2} + 2\text{OH}^{-} \rightarrow \text{Pb(OH)}_2$. Assim, poderia ser confundido com Zinco, que também forma um precipitado branco ao reagir com o hidróxido de sódio. Porém a adição de KI diferencia as duas, pois fornece um precipitado amarelo ao reagir com chumbo, confirmando sua presença.

Para a realização da prática experimental em sala de aula, os alunos foram divididos em quatro grandes grupos. Cada grupo recebeu um kit contendo uma amostra de solo, a quantidade de materiais necessária e os reagentes usados para identificação, além de jalecos e luvas. Junto receberam também um problema (Quadro 17). Todos os problemas eram bem semelhantes, mudando apenas os sintomas causados pela intoxicação por metais, dependendo do metal que cada grupo recebeu.

Quadro 17 - Exemplo de problema para resolução da atividade experimental

Problema A
Boa tarde estudantes. Estamos com problemas e solicitamos a ajuda de vocês. Algumas pessoas estão passando por sérios problemas de saúde, entre os sintomas estão: problema crônico do sistema nervoso e problemas respiratório. Os médicos acreditam que essas pessoas estão contaminadas com algum metal. Todas as pessoas contaminadas disseram consumir produtos provenientes de um mesmo produtor. O produtor possui uma horta em sua casa, que fica em um bairro bastante poluído da cidade. Para que você possa nos ajudar, enviamos uma amostra do solo onde é feita a plantação dos produtos ingeridos por essas pessoas. Devido a este problema, estamos solicitando a ajuda de vocês para podermos identificar as possíveis causas de contaminações por metais a essas pessoas. Além disso, pedimos para que nos ajudem a descobrir possíveis formas de contaminação e as devidas prevenções para que isso não volte a ocorrer. Desde já, agradecemos.

Fontes: Autores

Não foi entregue roteiro para desenvolverem a parte experimental. Mas, como essa era a primeira atividade experimental a ser realizada por eles, em uma aula anterior, explicou-se sobre as análises químicas qualitativas e ainda as reações de identificação dos metais pesados. Assim, eles possuíam conhecimento sobre os metais para poder resolver a atividade. Também em aula foram trabalhadas normas e instruções para o trabalho em um laboratório e o nome das vidrarias. Os resíduos gerados foram armazenados e levados para descarte na universidade.

Com um problema a resolver e com os materiais necessários em mãos, os estudantes realizaram a análise (Figura 38).

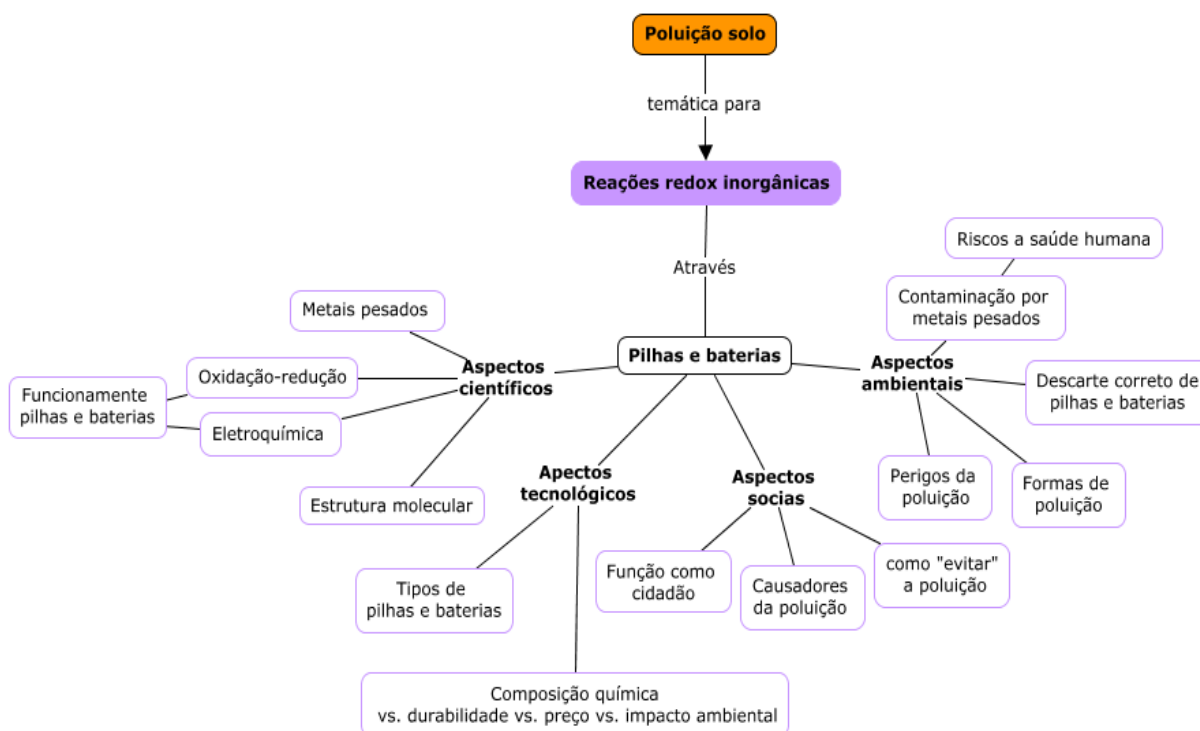
Figura 38 - A) Kits experimentais (B) Alunos realizando a atividade



Fonte: Autores

Para resumir os aspectos desenvolvidos nessa parte 1 da etapa 4 da pesquisa, um mapa conceitual foi confeccionado (Figura 39), explorando o enfoque CTSA utilizado.

Figura 39 - Esquema representando o desenvolvimento da parte 1 da etapa 4



Fonte: Autores

Finalizando essa parte, aplicamos um questionário (Apêndice E). Ao analisar esse questionário (detalhes da análise serão descritos no capítulo seguinte), averiguamos que duas questões que envolviam o conceito de reações redox especificamente não foram bem solucionadas pelos estudantes, demonstrando ainda, dificuldades. Portanto, analisando as dificuldades, realizamos mais algumas aulas com outras atividades e aplicamos um questionário final (Apêndice F). As atividades propostas foram de investigação da ferrugem em uma palha de aço, bem como explorar a reação envolvida e a resolução de exercícios.





3.2.3.3. Tratamento de efluentes e oxidação Química

Nesta segunda parte da aplicação da proposta, desenvolvemos o conteúdo de reações orgânicas de oxirredução, contextualizadas com o tratamento de efluentes e, dessa forma, relacionadas com a poluição das águas. Como também realizado na etapa anterior, aplicamos, primeiramente um questionário inicial, a fim de identificar os conhecimentos prévios a respeito

da poluição da água, dos tratamentos de efluentes e das reações orgânicas de oxirredução (Apêndice G).

A *problematização inicial* se deu pela atividade “Quanto de água você consome em um dia?”. Para isso, os estudantes receberam uma folha contendo uma tabela com ações do dia a dia que utilizam água (Apêndice H). O quanto de água cada um gasta, foi calculado por cada estudante, através de um site (SUPER INTERRESANTE). Ainda como problematização, algumas questões e imagens foram lançadas para discussão, destacamos algumas dessas questões e imagem no Quadro 18.

Quadro 18 - Problematização inicial

	<p>Qual a importância da água para você?</p>
	<p>Quanto de água você acha que usamos?</p>
	<p>Quais atividades diárias necessitam de água?</p>
	<p>O que nós podemos fazer?</p>

Fonte: Autores

Também foram utilizadas notícias retiradas da internet, afim de socializar questões tecnológicas, sociais, econômicas e ambientais, bem como, propor um momento de reflexão. Notícias tais como: No Rio Grande do Sul o que preocupa é a qualidade da água (ZERO HORA, 2014); Sistema evita desperdício de água na lavoura (G1, 2015); O planeta pede água (GALILEU, 2009); Prefeitura de SP sanciona lei que proíbe lavagem de calçadas (CICLO VIVO, 2015).

Para início da construção do conhecimento referente aos tratamentos de efluentes, os estudantes em seus grupos receberam um desafio (Quadro 19). Parte da turma recebeu o desafio 1A, e outra parte o desafio 1B. Para responder ao problema proposto pela atividade, os mesmos receberam diversos artigos científicos sobre o assunto, para que pudessem consultar (Figura 40). Após resolvido o problema, os estudantes socializaram com os colegas as soluções dadas por cada grupo.

Quadro 19 - Desafio inicial para construção do conhecimento sobre tratamento de efluentes

Desafio Inicial
<p>Desafio 1A- Estou querendo abrir uma indústria têxtil, mas fui recomendada a criar um plano de controle ambiental, somente após isso poderei por minha indústria em funcionamento. Entendo apenas de administração, e por isso peço a ajuda de você. Ouvi falar de uma maneira de tratar efluentes com a utilização de micro-organismos capazes de oxidar e reduzir a matéria orgânica. Para saber esse processo é viável em meu investimento, preciso conhecer melhor como funciona essa forma de tratamento. Você pode me ajudar? – Como funciona o tratamento biológico? Quais as vantagens? Quais as desvantagens? Grata pela ajuda, Att, Simone de Medeiros</p>
<p>Desafio 1B- Estou querendo abrir uma indústria têxtil, mas fui recomendada a criar um plano de controle ambiental, somente após isso poderei por minha indústria em funcionamento. Entendo apenas de administração, e por isso peço a ajuda de você. Ouvi falar de uma maneira de tratar efluentes com a utilização de oxidação química. Para saber esse processo é viável em meu investimento, preciso conhecer melhor como funciona essa forma de tratamento. Você pode me ajudar? – Como funciona o tratamento Físico-Químico? Quais as vantagens? Quais as desvantagens? Grata pela ajuda, Att, Simone de Medeiros</p>

Figura 40 - Alunos realizando o desafio



Fonte: Autores

A *organização do conhecimento* iniciou com uma explanação a respeito da importância da água bem como as formas e consequências da poluição. Em seguida, os conteúdos referentes ao tratamento de efluentes foram explorados com apresentações em slides e vídeos, enfocando nas reações orgânicas de oxirredução envolvidas no processo biológico e físico-químico do tratamento de efluentes. Um material de apoio sobre essa parte também foi entregue (Apêndice D).

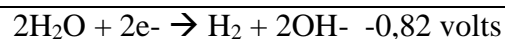
Para *aplicação do conhecimento*, os estudantes receberam um problema a ser solucionado com uma atividade experimental (Quadro 20).

Quadro 20 - Desafio para atividade experimental de eletrofloculação

(continua)

Desafio 2
<p>A cidade de Poluinópolis, está passando por um problema sério de contaminação. A água do rio que abastece a cidade está sendo contaminado por uma indústria têxtil. Você recebeu uma amostra desse local. Sua tarefa é ajudar a cidade. Como?</p> <p>Descontaminando a água!</p> <p>Para isso, você deverá utilizar os conhecimento adquiridos em aula, o kit experimental que recebeu, e ainda um guia para resolução, onde você tem questões a responder.</p> <p style="text-align: center;">Guia para resolução do desafio DESCONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR ELETROFLOCULAÇÃO</p> <p>Nível Macroscópico Você recebeu um kit com os materiais necessários para a realização da descontaminação da água pelo processo chamado de eletrofloculação. Sua tarefa é realizar essa descontaminação! Escreva suas observações sobre o experimento: Explique o que aconteceu:</p> <p>Nível Simbólico Sua tarefa aqui é escrever as reações envolvidas no processo de eletrofloculação realizado, sabendo que:</p> $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe} - 0,44 \text{ volts}$

(conclusão)



ÂNODO:

CÁTODO:

REAÇÃO GLOBAL:

Você também pode calcular a ddp desse sistema:

$$\text{ddp} = E^\circ \text{ cátodo} - E^\circ \text{ ânodo} =$$

Nível Submicroscópico

Nesta atividade vocês devem representar a reação de oxirredução através de modelagem. Para isso vocês receberam bolas de isopor, palitos e massa de modelar. Utilizando essas matérias representa a reação e demonstre a transferência de elétrons. Após faça uma representação através de um desenho:

Fonte: Autores

A atividade experimental “Descontaminando a água por eletrofloculação” consistiu em uma amostra de água contaminada com corante, simulando a contaminação da água que abastece a cidade de “Poluinópolis”. Os estudantes receberam uma amostra de água contaminada com corante, bem como os materiais e reagentes, junto com o desafio, para solucionarem o problema, realizando um tratamento físico-químico chamado de Eletrofloculação (Quadro 21). As questões teóricas que norteiam o mecanismo de tratamento de efluentes já foi descrito no capítulo 1.

Quadro 21 - Reagentes e materiais para atividade experimental de eletrofloculação

Reagentes	Materiais
<ul style="list-style-type: none"> • Água • Corante alimentício • Sal de cozinha (Cloreto de sódio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bateria de 9 Volts • 2 Fios de cobre aproximadamente 30 cm cada • 2 pregos comuns • Pedaco de papelão • 1 Béquer de 50 mL • 1 Funil • 1 Papel filtro • 2 Garras (tipo “jacaré”) • Fita isolante

Fonte: (NETO; ANDRADE, 2010)

Montamos a aparelhagem para realizar a eletrofloculação utilizando uma bateria de 9 voltz, encontrada em supermercado e a ela conectamos dois pregos, utilizando fios de cobre. Esse sistema foi entregue montado aos estudantes (Figura 41a). O restante eles próprios

desenvolveram (Figura 41b), sem roteiro experimental, seguindo apenas o Desafio 2 (Quadro 20).

Figura 41 - (a) Exemplo de montagem do sistema para eletrofloculação; (b) Alunos realizando a atividade

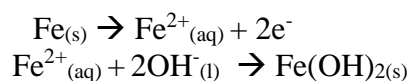


Fonte: a) (NETO; ANDRADE, 2010); b) Autores.

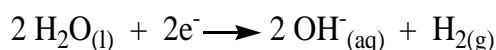
A descontaminação da água por eletrofloculação (NETO; ANDRADE, 2010), consiste na aglutinação das impurezas, transformadas em flocos maiores, por meio de uma reação redox. Neste caso, empregamos um eletrodo de ferro, usado para fornecer íons metálicos para formação de hidróxido de ferro II. Este composto é pouco solúvel e absorverá o corante presente na solução. No outro eletrodo, serão produzidas bolhas de gás hidrogênio, responsáveis por arrastar alguns dos flocos e ajudar na separação. Retomando, as reações envolvidas são representadas na Figura 42:

Figura 42 - Reações envolvidas no processo de eletrofloculação

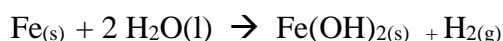
Ânodo:



Cátodo:



Global:



Fonte: (NETO; ANDRADE, 2010)

Após resolver este desafio, os estudantes receberam outro problema (Quadro 22), que retoma a questão trabalhada no desafio 1, porém agora, com mais conhecimento sobre o assunto, os estudantes deveriam aplicar os conhecimentos adquiridos em aula.

Quadro 22 - Desafio da aplicação do conhecimento

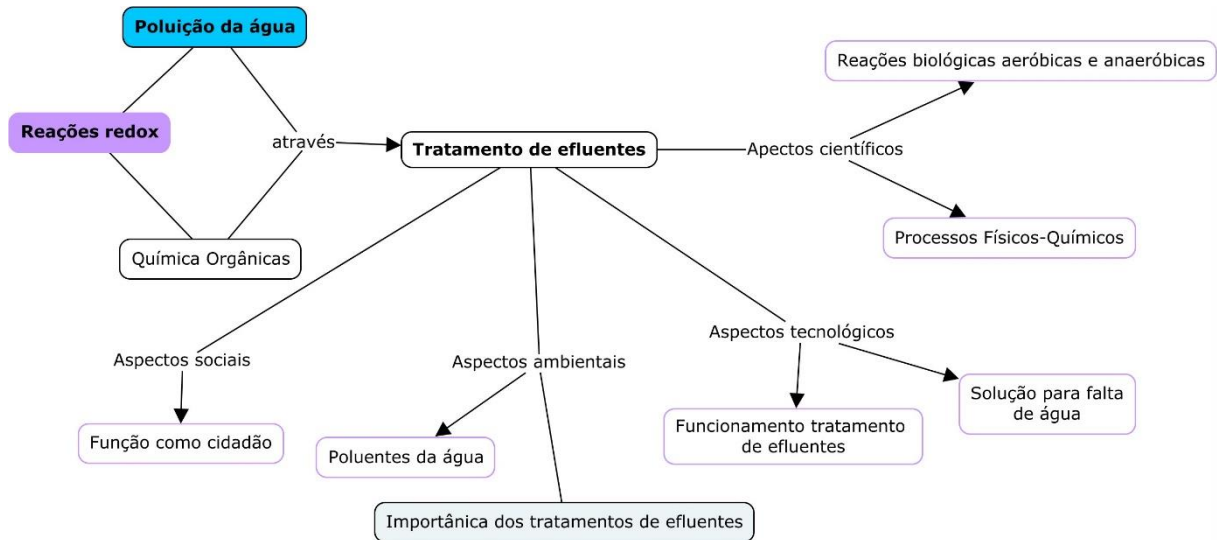
Desafio 3
<p>Lembra da Solange? Aquela moça administradora que lhes pediu ajudar para descobrir como funcionava os tratamentos de efluentes, visto que ela necessitava de um plano ambiental para poder abrir suas indústria. Pois bem, vocês pesquisaram e lhe derem uma resposta, explicando os dois tipos de processos, biológico e físico-químico. Agora, retomamos ao problema de Solange:</p> <p><i>Estou querendo abrir uma indústria têxtil, mas fui recomendada a criar um plano de controle ambiental, somente após isso poderei por minha indústria em funcionamento. Entendo apenas de administração, e por isso peço a ajuda de você.</i></p> <p>Agora que você já estudou os processos de tratamentos de efluentes, e sabendo que a sua indústria de Solange é uma indústria têxtil, qual dos tipos de processo, biológico ou físico-químico, você indicaria para Solange? Explique detalhadamente porquê de sua escolha, deixando claro por que o processo que você indica seria a melhor escolha, e porque o outro processo não seria adequado.</p> <p>Obs.: Se sua escolha for biológico, indique qual dos processos biológicos, e se for físico-químico indique que tipo de processo poderia ser utilizado.</p>

Fonte: Autores

Finalizando essa parte, aplicamos o questionário final com o intuito de averiguar os aprendizados adquiridos e as lacunas ainda existentes (Apêndice J).

A Figura 43, resume os aspectos CTSA desenvolvidos nesta parte da pesquisa.

Figura 43 - Mapa conceitual referente à parte 2 da aplicação na escola

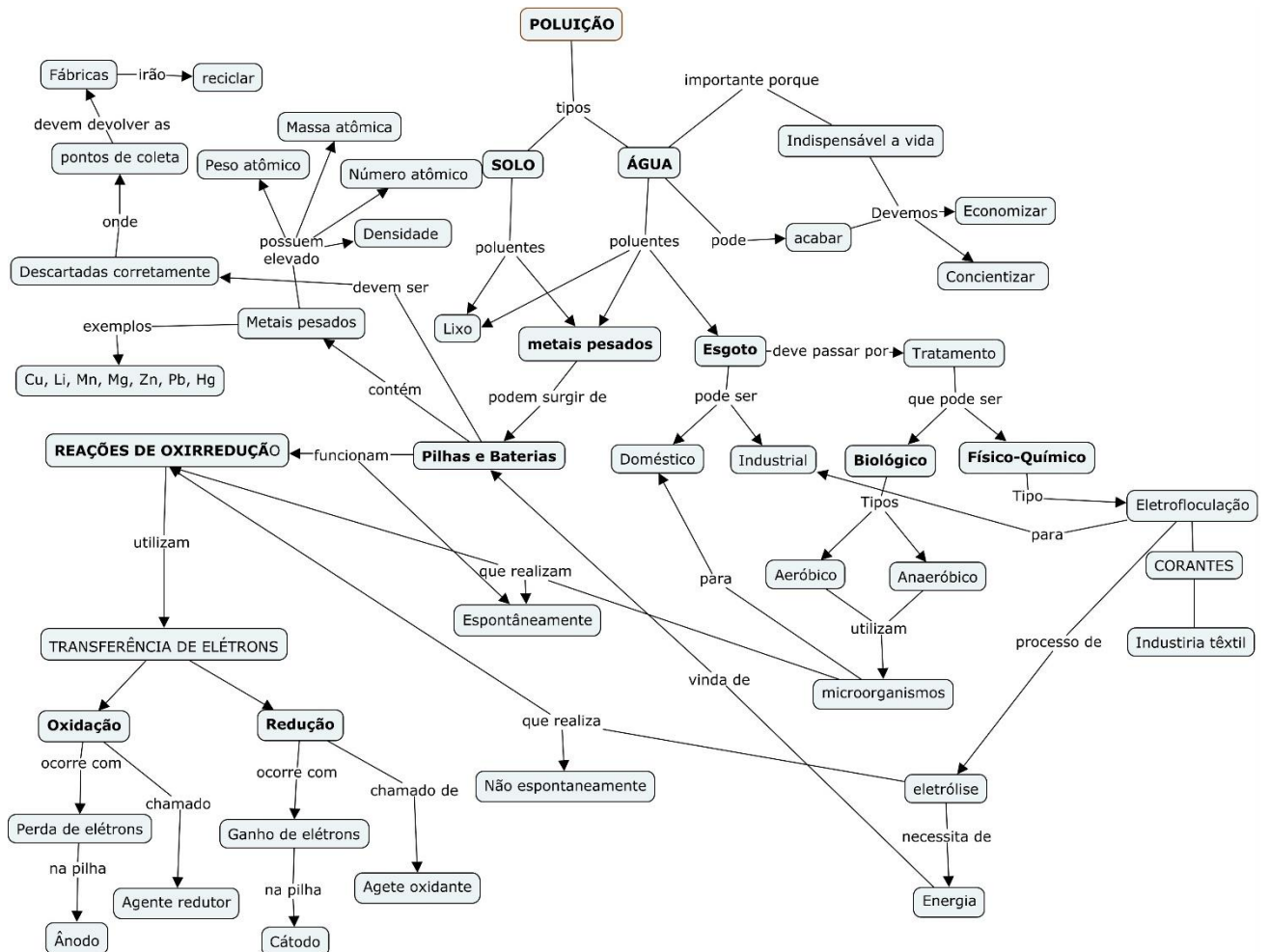


Fonte: Autores

3.2.3.4. Encerramento

Finalizando as intervenções, realizamos uma revisão que buscou unir os conhecimentos desenvolvidos nas duas etapas da aplicação. Para isso, construímos conjuntamente um mapa conceitual (Figura 44). Em um momento seguinte, solicitamos que os estudantes escrevessem um texto, utilizando ao máximo possível as palavras expostas no mapa conceitual.

Figura 44 - Mapa conceitual construído com os estudantes



Fonte: Autores

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Uma etapa muito importante em uma pesquisa é a coleta de dados, assim os instrumentos de coletas de dados são fundamentais para a análise posterior. Os instrumentos utilizados foram: questionários; produções textuais; gravações de áudios e também as observações do pesquisador, visto que este participou integralmente do processo. Estes são os instrumentos predominantemente utilizados nas pesquisas qualitativas, como já destacado por Teixeira (2003).

Um questionário é um instrumento que coloca o pesquisador em contato com o pesquisado. Utilizamos questionários de questões abertas, com a finalidade de dados mais espontâneos e menos previsíveis (FREITAS, 2000).

A observação é um instrumento rico, fornece muitos detalhes, pois baseia-se na descrição e na utilização dos sentidos humanos. Além disso, possibilita ver o comportamento dos participante. A utilização em conjunto com outros métodos de coleta de dados, promove evidências adicionais para o estudo da pesquisa. Essa maneira de coleta de dados é um método apropriado para a sala de aula, como destacado por Oliveira (2010).

Esses diferentes instrumentos serão analisados, predominantemente, através da Análise Textual Discursiva (ATD) visto que essa metodologia é constituída essencialmente de produções escritas, estas que devem ser entendidas em sentido amplo, incluindo imagens e outras expressões linguísticas. O objetivo da ATD é produzir metatextos a partir de textos do *corpus* (dados) (MORAES, 2003).

Esta metodologia, de acordo com o mesmo autor, inicia-se pelo processo de *desmontagem de textos* ou *unitarização*, que implica em examinar em detalhes os materiais, fragmentando-os para atingir unidades de significados. Em seguida, realiza-se o *estabelecimento de relações*, processo denominado de categorização, onde constrói-se relação entre as unidades base através de elementos semelhantes, e por fim *captando o novo emergente*, onde possibilita-se a emergência de uma compreensão renovada do todo.

Salienta-se ainda que, nesta pesquisa as categorias foram criadas através do método indutivo, com base nas informações contidas no *corpus*, as chamadas de categorias emergentes, para a análise dos dados obtidos pela intervenção. Já para a análise dos artigos da QNEsc, as categorias foram criadas *a priori*. A discussão dos resultados será realizada no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esse capítulo apresentará a análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa. Primeiramente, analisaremos as publicações da revista Química Nova na Escola (QNEsc), etapa 2 desta pesquisa. Em seguida, descreveremos a proposta utilizada como forma de abordar as reações redox, etapa 3. Essa proposta foi aplicada em sala de aula (Etapa 4), a partir disso, nossas análises irão se concentrar nos resultados obtidos pelas intervenções realizadas em sala de aula.

Inicialmente caracterizaremos os sujeitos da pesquisa para em seguida explorarmos os resultados da parte 1- poluição do solo e parte 2- Tratamento de efluentes. Também será analisada a produção textual final e suas relações conceituais por parte dos estudantes. Visto o enfoque CTSA envolvido neste trabalho ao final do capítulo procuraremos realizar uma análise das relações CTSA estabelecidas pelos estudantes no decorrer das intervenções.

4.1. ANÁLISE DOS ARTIGOS DA REVISTA QNEsc

Para a análise dos artigos com o intuito de demonstrar as diferentes abordagens utilizadas para o ensino de reações redox escolhemos cinco critérios. Como forma de verificação destes criamos categorias *a priori* com base na ATD. Para o critério *abordagem*, foram considerados experimentais todos os artigos que apresentaram proposta de realização de alguma atividade experimental e teóricos os que apresentaram apenas questões teóricas. *Quanto ao foco em subáreas*, averiguamos quais utilizavam reações inorgânicas de oxirredução e quais os que abordavam reações orgânicas, ou bioquímicas. *Quanto ao contexto de estudo*, levamos em consideração a percepção dos pesquisadores e também os que apresentaram de forma escrita uma relação entre os conceitos científicos e aspectos sociais, tecnológicos e ambientais. Para verificar os contextos apresentados nos artigos criamos categorias que estão descritas no Quadro 23.

Quadro 23 - Classificação dos contextos

(continua)

CATEGORIA	SIGNIFICADO	ENFOQUE
C	Científico	Apenas de caráter científico
CT	Científico e Tecnológico	Caráter científico associado com aspectos tecnológicos
CA	Científico e Ambiental	Caráter científico associado com aspectos ambientais
CS	Científico e Social	Caráter científico associado com aspectos sociais

(conclusão)

CTS	Caráter Científico-tecnológico-social	Caráter científico associado com aspectos tanto tecnológicos quanto sociais
CTA	Caráter Científico-tecnológico-ambiental	Caráter científico associado com aspectos tanto tecnológicos quanto ambientais
CSA	Científico-social-ambiental	Caráter científico associado com aspectos tanto sociais quanto ambientais
CTSA	Científico-tecnológico-social-ambiental	Caráter científico associado com aspectos tanto tecnológicos quanto sociais e ambientais

Fonte: Autores

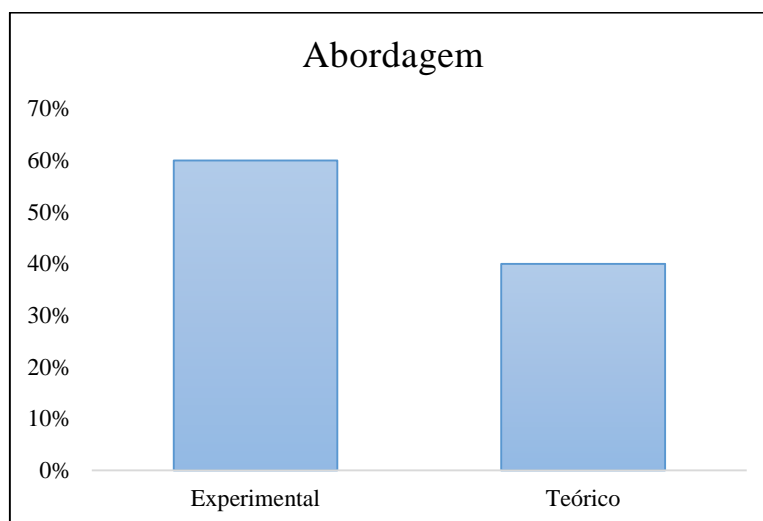
Quanto as reações redox as seguintes categorias foram criadas: conceituam o conteúdo; não conceituam o conteúdo; utiliza o termo estado de oxidação ou número de oxidação; utilizam ambos os termos ou ainda, não apresenta nenhum dos termos. Por fim, para o critério *tema/assunto* procuramos fazer um levantamento das diferentes abordagens desse conteúdo.

Foram encontrados 52 artigos na revista Química Nova na Escola que abordam reações de oxi-redução, de um total de 550 artigos publicados na revista, no intervalo de tempo de 1995, ano da primeira publicação da revista até o ano de 2014. Incluímos também artigos que não tinham como foco principal reações de oxi-redução mas apresentavam este tipo de reação no seu contexto. Esta escolha teve como objetivo demonstrar a diversidade e importância que essas reações assumem. No Apêndice K, listamos por ordem cronológica todos os artigos localizados na pesquisa sobre o assunto de reações redox. A seguir discutimos cada critério e suas implicações.

4.1.1. Quanto a abordagem

Através da Figura 45, podemos verificar que dos 52 artigos encontrados que exploram o conteúdo de reações redox, 60% trazem uma abordagem experimental, além de explorar a parte teórica e 40% dos artigos apresentam uma abordagem puramente teórica. Destaca-se dessa maneira, a importância das atividades experimentais no âmbito educacional. Como já mencionado por Oliveira (2010), as atividades experimentais no ensino de ciências apresentam significativas contribuições para o ensino e a aprendizagem, além de facilitar a compreensão dos conceitos científicos, auxiliam em outros aspectos como motivação, capacidade de trabalho em grupo, aprimoramento da capacidade de observação, entre outros.

Figura 45 - Representação percentual do critério Abordagem

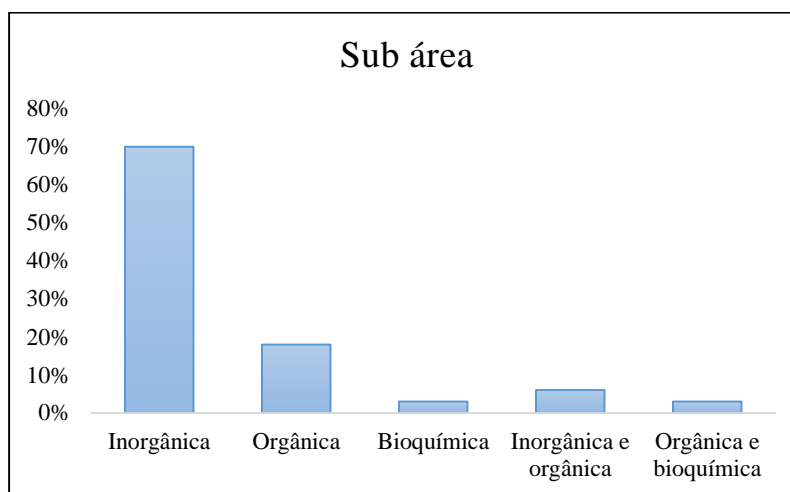


Fonte: Autores

4.1.2. Quanto ao foco em subáreas da química

Dos artigos localizados, 70% tinham como foco a química inorgânica, 18% a orgânica e 3% a bioquímica. Ainda, 6% dos artigos apresentavam tanto o enfoque em reações inorgânicas quanto orgânicas e 3% em reações bioquímicas e orgânicas (Figura 46). Desta forma observamos que são poucos os artigos que exploram as reações redox orgânicas e bioquímicas. A maioria enfoca o ensino das reações inorgânicas que também são utilizadas na físico-química, abordadas geralmente no currículo da primeira e segunda série do nível médio. Apenas poucos artigos não fazem distinção de sub áreas e enfocam reações redox na química orgânica e inorgânica junto, ou bioquímica e orgânica, até mesmo porque determinados temas ou assuntos requerem este tratamento.

Figura 46 - Representação percentual do critério Sub área



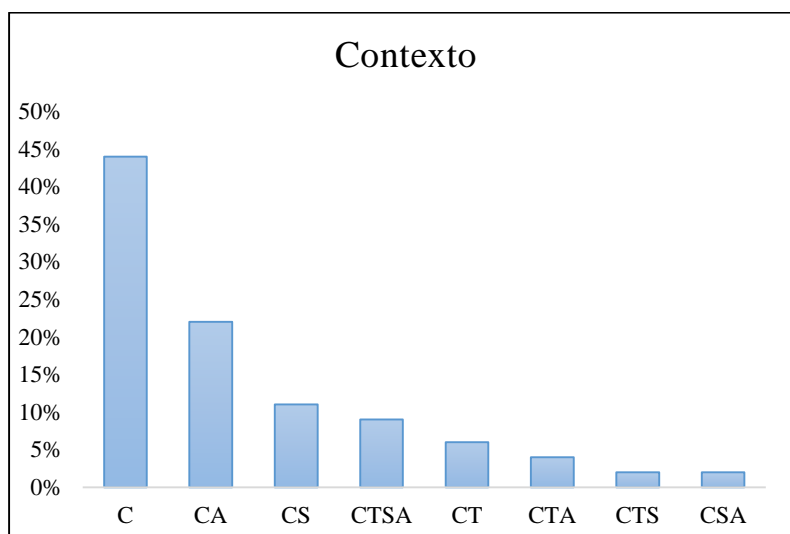
Fonte: Autores

Acreditamos que isso se deve a organização curricular atual que divide o ensino em química inorgânica para o 1º série, físico-química para o 2º série e orgânica para o 3º série. Mas julgamos importante uma abordagem que permita tratar estas questões de forma conjunta pois pode favorecer a aprendizagem não levando os estudantes a pensar de forma fragmentada.

4.1.3. Quanto aos contextos de estudo

Para esse critério verificamos que o enfoque de caráter apenas científico (C) foi explorado em 44% dos artigos encontrados (Figura 47). Artigos que relacionavam os conceitos científicos com questões ambientais (CA) somam 22%. Os que apresentavam aspectos científicos e sociais (CS) foram 11%. Somente 9% dos artigos associavam questões científicas com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais (CTSA). Já os artigos com enfoques científico e tecnológico (CT) representavam um porcentual de 6%. Artigos com características de científico, tecnológico e ambiental (CTA) representavam 4%. Abordagens científica, social e ambiental (CSA) e científico, tecnológico e social somavam 2% cada.

Figura 47 - Representação percentual do critério Contexto



Fonte: Autores

Observamos que as questões puramente científicas estão em maior proporção. Esse fato demonstra que ainda nos preocupamos muito com o entendimento científico, o que é importante, mas não o suficiente. Ainda são poucos os trabalhos de oxirredução que abordam, além do conhecimento científico, aspectos tecnológicos, sociais e ambientais que consideramos muito importantes quando falamos na formação cidadã de nossos estudantes. Nessa perspectiva, um enfoque em destaque no ensino de ciência é o da educação CTS, as vezes denominada de CTSA, em que um de seus objetivos apresentado por Auler (2007) é justamente a formação de cidadãos capazes de tomar decisões sendo científicos e tecnologicamente alfabetizados.

O Quadro 24 apresenta alguns trechos dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola que representam a categorização utilizada e evidenciamos em negrito as palavras chaves que nos levaram a essa classificação.

Quadro 24 - Trechos destacados para análise de contexto

(continua)

Categorias	Trechos
C	“Neste trabalho, propomos a utilização de uma atividade experimental de química, em que ocorre um processo de corrosão, com o objetivo de propiciar ao aluno a articulação entre os conceitos trabalhados e os fenômenos de corrosão que acontecem no seu cotidiano” (VAZ, et al., 2011) (GRIFO NOSSO).
CT	“Neste artigo descreve-se esta classe de materiais mostrando a sua constituição química , dando algumas informações sobre a sua história e forma de obtenção. Descreve-se a razão pela qual eles são chamados de “inteligentes”.

(conclusão)

	Discutem-se ainda as aplicações mais importantes para estes materiais , ou seja, a montagem dos chamados dispositivos eletrocromicos, eletromecânicos e fotoeletroquímicos” (PAOLI, 2001) (GRIFO NOSSO)
CA	“Este artigo discute alguns aspectos da relação entre mercúrio , lâmpadas fluorescentes e métodos de descontaminação de seus resíduos . Lâmpada fluorescente é um tema ligado à importante preocupação ambiental devido ao seu alto teor de mercúrio, um metal reconhecidamente tóxico” (JÚNIOR; WINDMÖLLER, 2008) (GRIFO NOSSO)
CS	“Discussões e debates sobre as implicações sociais dos fenômenos de corrosão, dentre elas os gastos da sociedade no reparo ou substituição de materiais desgastados por processos oxidativos...” (JUNIOR; DOCCHI, 2006) (GRIFO NOSSO)
CTS	“O presente trabalho visa apresentar os resultados de uma aula experimental aplicada em turmas da segunda série do Ensino Médio, na qual, a partir do estudo cinético da reação de oxirredução do alumínio em meio ácido, fez-se uma interação entre ciência, tecnologia e sociedade .” (COSTA, et al, 2005) (GRIFO NOSSO)
CTA	“Este artigo define o que são pilhas e baterias, apresentando o funcionamento das que mais frequentemente aparecem no dia-a-dia dos brasileiros . Além disso, considerando que algumas dessas pilhas e baterias têm componentes tóxicos , discute o que fazer com pilhas usadas para evitar problemas ambientais .” (BOCCHI et al., 2000) (GRIFO NOSSO)
CTSA	“A corrosão é um fenômeno químico comumente presente em nosso cotidiano e que possibilita a abordagem de vários conceitos químicos , bem como sua correlação com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais .” (SOUZA, et al, 2007). (GRIFO NOSSO)

Fonte: Autores

Destacamos que nesse espaço, analisamos os artigos que tiveram como foco principal um ensino científico relacionado com os outros aspectos citados, não realizamos uma análise crítica a respeito da real implementação desses aspectos, principalmente quando categorizamos como sendo CTS ou CTSA.

4.1.4. Quanto as reações redox

Dentro deste critério verificamos os artigos que envolvem ou não a conceituação das reações redox. Encontramos apenas 6% (3 artigos) que conceituavam as reações e assim, os demais 94% dos artigos não as conceituavam (Figura 48). O Quadro 25 apresenta a forma como os artigos conceituaram as reações redox.

Quadro 25 - Conceituação das reações redox pelos artigos

Artigo	Conceituação
(SARTORI et al.; 2008)	<p>“Basicamente, uma reação de oxidação-redução envolve a transferência de elétrons de uma espécie para outra, ocorrendo, respectivamente, perda e ganho de elétrons, resultando em uma mudança no estado de oxidação das espécies envolvidas. (...) O processo de redução ocorrerá simultaneamente ao de oxidação, pois os elétrons recebidos pela espécie que se reduz serão cedidos pela espécie que sofre oxidação. (...) A oxidação resulta na perda de um ou mais elétrons pela espécie (átomos, íons ou moléculas). Quando ela perde elétrons, diz-se que foi oxidada e seu estado de oxidação atinge valores mais positivos. O agente oxidante recebe elétrons de uma outra substância e torna-se reduzido. Por outro lado, a redução é, por sua vez, o processo que resulta em ganho de um ou mais elétrons pelas espécies. Quando uma espécie recebe elétrons, diz-se que ela foi reduzida e seu estado de oxidação diminui. Para saber se uma dada reação de oxidação-redução vai se processar espontaneamente, é preciso consultar tabelas contendo os potenciais-padrão de redução (E°) de cada uma das semireações envolvidas”</p>
(CARVALHO et al., 2005)	<p>“As reações de oxi-redução envolvem perda e ganho de elétrons, onde as espécies que ganham elétrons sofrem redução e as que perdem, sofrem oxidação. A Eq. (1) exemplifica um processo redox:</p> $\text{Cu} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO} \quad (1)$ <p>onde o cobre sofre oxidação, perdendo 2 elétrons que são transferidos ao oxigênio, que é então reduzido, formando óxido de cobre(II). O oxigênio é o agente oxidante da reação e o cobre, o agente redutor”</p>
(SARTORI, et al, 2013)	<p>“Por convenção, o eletrodo com carga negativa na célula eletrolítica é denominado cátodo, enquanto o carregado positivamente é chamado ânodo, o oposto ao encontrado numa célula galvânica (ex. bateria). Quando uma espécie (átomos, íons ou moléculas) perde elétrons, diz-se que foi oxidada e seu estado de oxidação atinge valores maiores. Por outro lado, quando uma espécie recebe elétrons, diz-se que ela foi reduzida e seu estado de oxidação diminui. Ambos os processos ocorrem simultaneamente: os elétrons recebidos pela espécie que se reduz serão cedidos pela espécie que está sofrendo oxidação.”</p>

Fonte: Autores

As conceituações apresentadas nos artigos tratam as reações redox como perda e ganho de elétrons associando isso a mudança de estado de oxidação. Além disso, verificamos que os três artigos que conceituam são do mesmo autor, Fatibello-Filho, e Sartori, aparece em dois deles.

No Quadro 26 selecionamos trechos de alguns artigos que chamaram a atenção por não apresentarem a conceituação de oxi-redução em compostos orgânicos, por exemplo, como apresentado nos dois primeiros exemplos descritos no quadro. Nosso destaque a esse fato, se dá pelo motivo do mecanismo das reações de oxi-redução para compostos orgânicos ser

diferente do que em compostos inorgânicos, e desta forma, isto não vem sendo explorado. Afirmamos isso, baseados nas diferentes definições existentes para explicar as reações redox.

Quadro 26 - Trechos de artigos que não conceituaram as reações redox

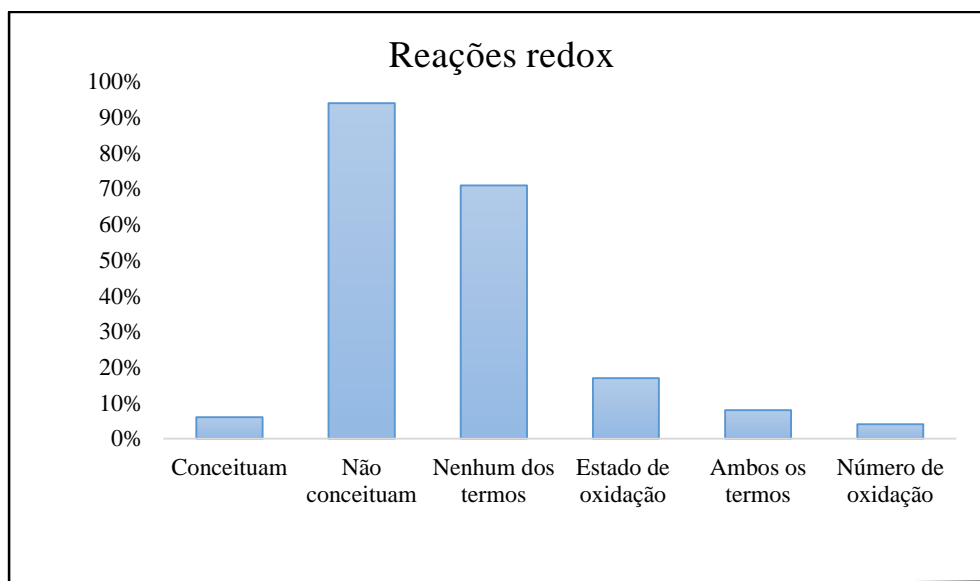
Trechos
“A detecção da embriaguez por esse instrumento é visual, pois a reação que ocorre é a oxidação de álcool a aldeído e a redução do dicromato a cromo (III), ou mesmo a cromo (II) . A coloração inicial é amarelo-alaranjada, devido ao dicromato, e a final é verde-azulada, visto ser o cromo (III) verde e o cromo (II) azul.” (BRAATHEN,1997) (GRIFO NOSSO)
“ Oxidação e esterificação: são reações de álcoois e aldeídos com oxigênio e entre álcoois e ácidos produzindo ésteres. ... Estes álcoois são oxidados produzindo aldeídos, ácidos e ésteres , que atribuirão aroma, sabor e cor à bebida” (PINHEIRO et al., 2003) (GRIFO NOSSO)
“A corrosão é um processo espontâneo e passível de ocorrer quando o metal está em contato com um eletrólito, tendo início com a oxidação do metal ” (SOUZA et al; 2007). (GRIFO NOSSO)

Fonte: Autores

Embora acreditando que o objetivo destes trabalhos não era conceituar as reações redox, gostaríamos de destacar que apenas a utilização de atividades diferenciadas para o ensino do conteúdo, principalmente com a realização de atividades experimentais, ao nosso entender, não são suficientes. Consideramos as discussões conceituais básicas importantes para a construção do conhecimento, visto as dificuldades apresentadas no ensino-aprendizagem deste conceito, e estas são pouquíssimo exploradas nos artigos. Ao nosso ver, é muito importante que tanto as práticas diferenciadas como o conceito andem juntos e bem estruturados para o que o ensino-aprendizagem se concretize.

Quanto ao uso dos termos estado de oxidação e número de oxidação, verificamos que 71% artigos não fizeram uso dos termos em sua escrita, 17% utilizaram o termo estado de oxidação, 4% número de oxidação e ainda 8% apresentaram os dois termos (Figura 48).

Figura 48 - Representação percentual do critério Reações redox



Fonte: Autores

Pelos dados obtidos observamos que os termos estado de oxidação e número de oxidação são utilizados por poucos artigos. No Quadro 27 destacamos alguns trechos dos artigos que utilizam os termos e verificamos que ambos são tratados como sinônimos. Este fato fica claro nos três artigos que apresentaram ambos os termos, estado de oxidação e número de oxidação (GUIMARÃES; NOUR, 2001, MARTINS et al., 2003, MENDONÇA et al., 2004). Apenas dois utilizam somente o termo número de oxidação, mas nestes não houve explicação sobre a utilização do termo. Já os nove artigos que usaram apenas o termo estado de oxidação, alguns explicavam a função do termo, como no primeiro exemplo apresentado no Quadro 27, já outros apenas citam o termo sem explicar como no segundo exemplo do Quadro 27.

Quadro 27 - Termos utilizados nos artigos analisados

(continua)

Estado de oxidação	<p>“...uma reação de oxidação-redução envolve a transferência de elétrons de uma espécie para outra, ocorrendo, respectivamente, perda e ganho de elétrons, resultando em uma mudança no estado de oxidação das espécies envolvidas... Quando ela perde elétrons, diz-se que foi oxidada e seu estado de oxidação atinge valores mais positivos... Quando uma espécie recebe elétrons, diz-se que ela foi reduzida e seu estado de oxidação diminui.” (SARTORI et al., 2008) (GRIFO NOSSO)</p> <p>“No processo de oxidação, o íon ferro tem seu estado de oxidação alterado, portanto, o professor pode discutir com os alunos os</p>
--------------------	---

(conclusão)

	conceitos relativos à oxidação e redução das substâncias.” (ELEOTÉRIO, et al, 2007). (GRIFO NOSSO)
Número de oxidação	<p>“Os alunos se interessaram em compreender o fenômeno envolvido, mas pediram para revisar alguns conceitos básicos como oxidação e redução; agente redutor e oxidante; e número de oxidação” (PINHEIRO, 2012) (GRIFO NOSSO)</p> <p>“O tema nanotecnologia permite a discussão de vários conceitos fundamentais em química, além de Classificação Periódica dos Elementos, tais como funções inorgânicas, estequiometria, número de oxidação, equações de oxirredução, além da preparação de soluções e transferência de líquidos...” (REBELLO et al, 2012) (GRIFO NOSSO)</p>
Estado de oxidação e número de oxidação	<p>“A desnitrificação ocorre em toda a superfície terrestre, num processo que reduz o nitrogênio desde o estado de oxidação +V (NO₃) até zero (N₂) ... Muitos compostos contendo nitrogênio são encontrados na natureza, pois este elemento químico possui grande capacidade de fazer ligações químicas, com números de oxidação variando de (-3) a (+5)” (MARTINS, et al., 2003.) (GRIFO NOSSO)</p> <p>“O nitrogênio pode existir em vários estados de oxidação na natureza, e todos essas espécies possuem a sua importância ambiental, industrial, biológica etc. No entanto, em sistemas aquáticos as formas que predominam e que são importantes para avaliação da qualidade da água apresentam número de oxidação 3-, 0, 3+ e 5+.” (GUIMARÃES; NOUR, 2001). (GRIFO NOSSO)</p>

Fontes: Autores

Buscamos averiguar a utilização desses termos devido ao fato de suas diferentes abordagens. Alguns autores como Atkins e Jones (2006), falam em número de oxidação, já Silverstein (2011) utiliza estado de oxidação. Nos artigos analisados há ainda os que utilizam ambos os termos, tratando como sinônimos, assim como também faz o artigo de Jensen (2011). Porém, a IUPAC (2014, p. 1049) e Looock (2011) fazem uma distinção entre os termos. Há ainda o conceito de Clayden et al (2001, p. 35) que apresenta uma definição de nível de oxidação, sendo essa uma forma diferente de conceituação das demais. Dessa forma, esses termos ainda não são bem definidos pois causam alguma confusão e isto vem sendo pouco discutido.

4.1.5. Quanto a temática ou assuntos utilizados

Finalizando nosso panorama, verificamos quais temas ou assuntos foram utilizados pelos artigos, a fim de demonstrar a variedade de assuntos e temas, reforçando, desse modo, a

versatilidade das reações de oxidação-redução, conforme já mencionado por Atkins e Jones (2006, p. 92). Para isso, associamos algumas das temáticas e alguns assuntos abordados nos artigos analisados com os temas que estão relacionados, destacando-se os temas: meio ambiente, tecnologia e saúde. Além disso, diversos outros conceitos químicos envolveram também a utilização de reações redox, como a combustão, por exemplo.

Constatamos com isto que o estudo de oxidação-redução pode se socorrer de uma grande diversidade de temas e assuntos, principalmente para contextualização do conhecimento. Além dessa característica, verificamos que o conteúdo está envolvido diretamente como o ensino de outros conceitos. Isto evidencia que é possível realizar um ensino diferenciado. Porém, acreditamos que além de exemplificar é preciso contextualizar, “ensinar conceitos da ciência ligados a vivência dos alunos” (SILVA; MARCONDES, 2014) procurando estreitar a relação entre conceitos e contextos, com vista a formação cidadã.

4.1.6. Algumas considerações

A preocupação dessa etapa da pesquisa foi verificar como as reações redox estão sendo exploradas pelos artigos publicados na revista QNEsc, devido a representatividade desta revista no ensino de Química. Encontramos uma diversidade de assuntos e muitas possibilidades para desenvolver esse conteúdo. Uma análise dos trabalhos que vem sendo realizados sobre este assunto, deverá fornecer aos profissionais que irão trabalhar com esse conteúdo em sala de aula novas ideias, bem como, uma reflexão acerca de sua prática.

Notamos uma preocupação, através do número de artigos publicados, na realização de práticas experimentais e um ensino contextualizado, ainda que com enfoque, em sua maioria, puramente científico. Porém, a versatilidade e importância do conceito foi demonstrada através da análise dos diversos assuntos que podem ser utilizados para realizar seu estudo, assim o conhecimento que estas reações proporcionam deve ser considerado muito além das questões puramente científicas.

Também verificamos a necessidade de aprofundar mais as discussões tanto das reações químicas, quanto ao uso dos termos estado de oxidação e número de oxidação. Talvez, por ser pouco explorado em termos de publicação, com poucas discussões conceituais, cause as dificuldades apresentadas no ensino e aprendizagem desse conteúdo a nível de ensino médio.

4.2. PROPOSTA PARA ABORDAR AS REAÇÕES REDOX

As reações redox foram e continuam sendo consideradas difíceis de ensinar e aprender. Muitos foram os estudos que buscaram identificar as principais dificuldades, tanto de ensino quanto de aprendizagem, do conteúdo (DE JONG; ACAMPO; VERDONK, 1995; SANGER; GREENBOWE (1997); HUDDLE; WHITE (2000); ÖZAKAYA (2002); ÖZAKAYA, ÜCE; SAHIN (2003); SILVA, (2008); ÖSTERLUND; EKBORG, (2009); ÖSTERLUND; BERG; EKBORG (2010); AKRAM; SURIF; ALI (2014); KLEIN; BRAIBANTE (2015)). Acreditamos que essas inúmeras dificuldades encontradas surgem devido aos conhecimentos prévios necessários para seu entendimento como ligações químicas, modelo atômico, reações químicas, propriedades dos elementos químicos, entre outros, como também já destacado por Silva (2008).

De Jong, Acampo e Verdonk (1995) investigaram professores e concluíram que as reações redox são difíceis também de ensinar, demonstrando que os maiores problemas estão nas atividades de ensino utilizadas pelos professores, que não levam em consideração as necessidades dos estudantes em entender novas concepções. Isso é realizado oferecendo aos estudantes problemas inadequados, explicações supérfluas, terminologias confusas, ignorando as concepções alternativas dos alunos, e minimamente falando de aplicações industriais.

Três importantes dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos estudantes, descritas em estudos, são: 1) dificuldade em compreender a oxidação e a redução como reações complementares (DE JONG; TREAGUST 2002 apud ÖSTERLUND; BERG; EKBORG, 2010); 2) dificuldade em identificar os agentes oxidantes e redutores (DE JONG; TREAGUST, 2002 apud ÖSTERLUND; BERG; EKBORG, 2010); 3) a compreensão que reações redox é definida como perda e ganho de oxigênio (ÖSTERLUND; EKBORG, 2009).

Quanto as dificuldades de ensino, De Jong, Acampo e Verdonk (1995) apresentam os principais conceitos e procedimentos relacionados com o conteúdo causadores de problemas como sendo: transferência de elétrons; identificação de agentes redutores e oxidantes; número de oxidação e seus valores; balanceamento das equações redox e força relativa dos agentes oxidantes e redutores.

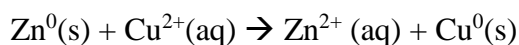
Em uma pesquisa realizada a fim de descobrir as concepções apresentadas por estudantes de nível médio a respeito do entendimento do conteúdo de reações redox, verificou-se que a maioria dos estudantes não sabe identificar as reações redox dos demais tipos de reações, também constatou-se a falta de argumentos para explicar porque a redução e a oxidação não podem ocorrer separadamente (KLEIN; BRAIBANTE, 2015). Nessa investigação

averiguou-se que os estudantes têm dificuldades em identificar a espécie que sofre redução e a espécie que sofre oxidação. Ainda demonstrou-se algumas relações confusas, como associar a palavra oxidação com oxigênio, ou água como causadora de oxidação. Por fim, observou-se que poucos sabem utilizar o modelo atômico corretamente para explicar a perda ou ganho de elétrons.

Outro fator que colabora para causar mais confusões são os diferentes modelos utilizados para as explicações, visto que muitas vezes estes são utilizados no estudo das diferentes áreas de química, sem relacionar. Österlund, Berg e Ekborg (2010) salientam que os autores de livros devem levar em consideração os estudos que indicam as dificuldades dos estudantes e devem ajudar os alunos a entender as mudanças de modelos usados para as reações redox, visto que apenas utilizam de diferentes formas em cada área sem justificar porquê.

Levando em consideração estas dificuldades, a revisão teórica sobre o conteúdo apresentado no capítulo 1 e a análise das reação redox na revista QNEsc, apresentamos nossa proposta utilizada na abordagem das reações redox. Como vimos, existem diferentes formas de conceituação para as reações redox, mas Silverstein (2011) afirma que a primeira coisa a se fazer é determinar o número de oxidação, pois se houver um aumento no número de oxidação um átomo deve ter sido oxidado e conseqüentemente outro deve ter sido reduzido. Então, propomos aqui, uma explicação que leva em consideração a estrutura atômica, de forma que acreditamos que os conceitos só serão significativos quando o entendimento vier desde o nível molecular. Isso para os casos que envolvem as reações redox inorgânicas. Buscamos dessa forma um entendimento mais profundo que permita o estudante a compreensão e não a simples memorização.

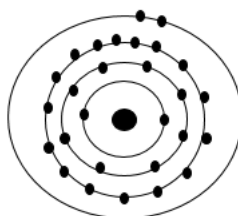
A definição de perda e ganho de elétrons apresenta como consequência o aumento e a diminuição do NOX. Esse aumento ou diminuição do número de oxidação justamente acontece devido à perda ou ganho de elétrons. Para entender essa relação é necessário pensar na estrutura atômica. Os átomos são constituídos por um núcleo onde encontram-se os prótons de carga positiva e os nêutrons, sem carga. Ao redor do núcleo, na eletrosfera, encontram-se o elétrons de carga negativa. Dizemos ser um átomo neutro aquele onde o número de elétrons é igual ao número de prótons. Sabemos o número de elétrons pela número atômico encontrado na tabela periódica. Como exemplo, para facilitar o entendimento, analisaremos a seguinte reação:



Pela definição identificamos que o zinco sofre oxidação, pois o número de oxidação átomo de Zn passa de 0 para 2+, ou seja, houve um aumento. Já o átomo de Cu sofre redução, pois houve uma diminuição do número de oxidação, de +2 para 0. Até o momento, teríamos a

definição normal. Porém, vamos analisar isso em termos moleculares, começando com o átomo de Zn que possui 30 elétrons ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$), representado na Figura 49:

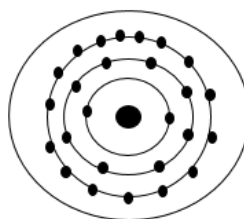
Figura 49 - Átomo de Zn^0



Fonte: Autores

Nessa representação, apresentamos os 30 elétrons do átomo de zinco neutro, sendo que na sua última camada encontram-se 2 elétrons. Agora representaremos o átomo de Zn oxidado, quando ele **perde** dois elétrons na Figura 50.

Figura 50 - Átomo de Zn^{+2}

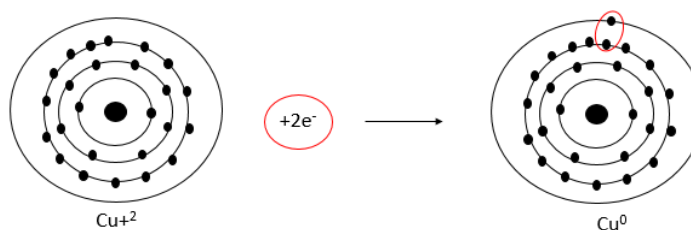


Fonte: Autores

Na representação acima o átomo de zinco perde dois elétrons, ficando com 18 elétrons na última camada. Com a perda destes dois elétrons, o átomo fica carregado eletricamente, e para demonstrar isso dizemos que este átomo ficou Zn^{2+} , isso porque ele está com dois prótons (carga +) a mais que o número de elétrons (carga negativa). Dessa forma, conseguimos explicar porque o aumento do número de NOX ($Zn^0 \rightarrow Zn^{+2}$) ocorre devido à perda de elétrons.

O mesmo acontece com o Cu, 29 elétrons ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$) ele representado como Cu^{+2} , significa que este átomo está com 2 prótons a mais que o número de elétrons, ou seja, possui dois elétrons a menos como podemos ver pela representação a seguir, onde a esquerda apresentados o átomo de Cu^{2+} , já direita temos o átomo Cu^0 que **recebeu** dois elétrons (redução) (Figura 51):

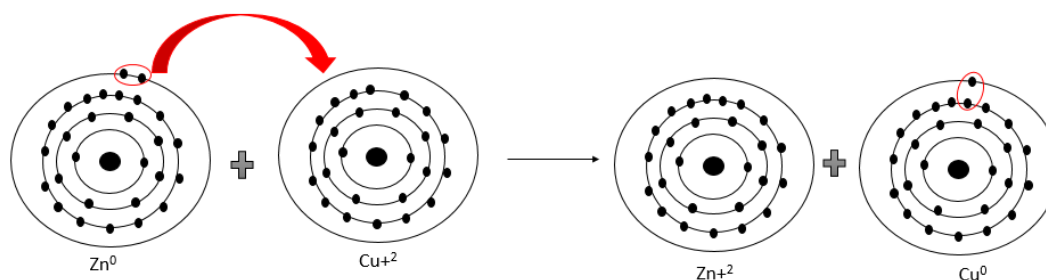
Figura 51 - Semi reação do Cobre



Fonte: Autores

Demostramos a reação global de forma esquemática na Figura 52.

Figura 52 - Reação global entre Zn e Cu

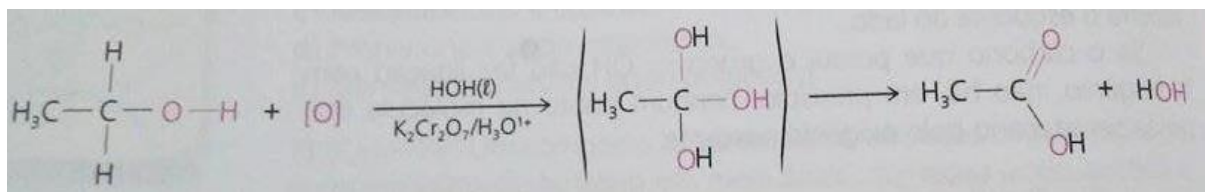


Fonte: Autores

Utilizando esta forma de explicação não é necessária memorização normalmente utiliza: aumentou NOX oxidou, diminui reduziu. Também não são necessárias utilizar as regras para determinação do NOX, pois basta utilizar as propriedades dos elementos químicos, sua localização na tabela periódica e o entendimento das ligações químicas para inferir o NOX, mas para isso, estes conteúdos também devem estar bem estabelecidos, o que pode gerar uma outra pesquisa.

Ao passarmos para as reações redox orgânicas, acreditamos que a nível de ensino médio seja importante demonstrar também as mudanças de NOX envolvidas nas reações, para que não haja uma confusão entre os domínios da Química. Como já vimos, nem sempre as reações se encaixam com a definição de perda de hidrogênio ou ganho de oxigênio. Vejamos um exemplo clássico de oxidação em reações orgânicas apresentado a alunos de ensino médio: a oxidação de álcool primário a aldeído que por sua vez oxida a ácido carboxílico, a Figura 53, retirada de um livro de ensino médio, demonstra como isso é normalmente demonstrado.

Figura 53 - Reação de oxidação de um álcool apresentada no livro de ensino médio



Fonte: (REIS, 2010)

Agora, iremos analisar esta mesma reação considerando a mudança de NOX. Como estamos trabalhando com ligações covalente, temos que levar em consideração a eletronegatividade dos átomos envolvidos para determinar seu número de oxidação. Assim, quando um átomo é mais eletronegativo a tendência é este atrair elétrons aumentando sua densidade eletrônica, como por exemplo na Figura 54 abaixo, demonstrando a densidade eletrônica maior no átomo de cloro quando comparado ao hidrogênio (Figura 54a) e a densidade eletrônica maior no átomo do oxigênio, mais eletronegativo que o carbono (Figura 54b)

Figura 54 - a) Densidade eletrônica da ligação entre H-Cl b) densidade eletrônica da molécula de CO₂

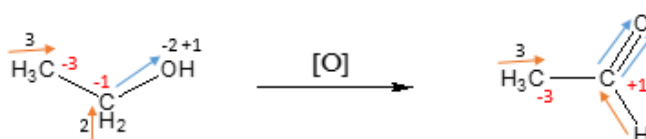


Fonte: Adaptação de A Graça da Química, disponível em:

<<http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=22&id=258>>

Assim, basta levar em consideração a eletronegatividade para determinar o NOX (Figura 55).

Figura 55 - Oxidação de álcool a aldeído, determinação de NOX



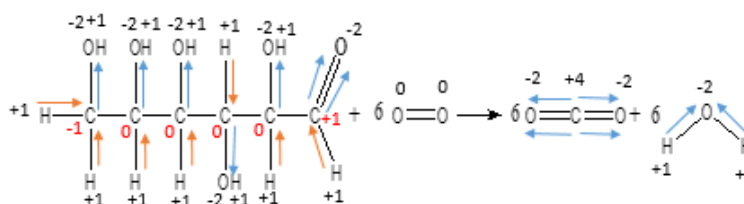
Fonte: Autores

As flechas em azul representam o distanciamento do elétron do átomo de carbono para o vizinho, neste caso o oxigênio. Em laranja, representamos a aproximação de elétrons ao átomo de carbono. O balanço da aproximação e distanciamento de elétrons resulta no número de oxidação do carbono, representado em vermelho. O número em cima das flechas laranja indica quantos elétrons se aproximam do carbono. Por exemplo, para $\text{H}_3\text{C}-$ são três elétrons se aproximando do carbono, devido a diferença de eletronegatividade estabelecida entre eles, sendo um elétron de cada átomo de hidrogênio.

Da mesma forma ocorre para o $\text{CH}_2\text{-OH}$, onde aproximam-se dois elétrons provenientes dos dois átomos de hidrogênio, porém um dos elétrons se afasta do carbono aproximando-se do oxigênio. Assim, temos $2e^-$ se aproximando e $1e^-$ se distanciando, restando ao carbono $1e^-$, ou seja, NOX de -1. No produto da reação, levando em conta o mesmo princípio, observamos que o NOX do carbono antes -1, passa a ser +1, devido agora estar ligado duplamente a um oxigênio e um hidrogênio, indicando que houve uma perda de elétrons, oxidação. Essa forma de determinar o NOX, foi explorada no capítulo 1, e é baseada em Menzek (2002).

Vejamos agora um exemplo de reação orgânica de oxirredução envolvida no tratamento de efluentes aeróbico, demonstrado na Figura 56.

Figura 56 - Reação envolvida no tratamento aeróbico de efluentes e o NOX



Fonte: Autores

Analisando a reação percebemos que houve uma oxidação nos átomos de carbono, e uma redução nos átomos de oxigênio, sendo que os carbonos da molécula de glicose com NOX de -1, 0 e +1 perderam elétrons, adquirindo todos os Carbonos NOX +4 na molécula de CO₂, já os oxigênios da molécula de O₂, passaram de NOX 0 para -2, indicando o ganho de elétrons.

Essa abordagem foi desenvolvida com estudantes do ensino médio e os resultados serão apresentados a seguir.

4.3. ANÁLISE E DISCUSSÕES DAS INTERVENÇÃO

4.3.1. Características dos sujeitos

Para dar início a pesquisa desenvolvida com os 18 estudantes, primeiramente buscamos investigar um pouco do perfil destes sujeitos. Para isso, aplicamos o questionário inicial e a seguir discutimos os dados encontrados.

Para a análise de algumas questões, criamos as seguintes categorias:

1. Aspectos gerais dos sujeitos: ocupação; acesso à internet; pesquisa; atividades experimentais.

2. Relação entre química tecnologia e sociedade

3. Aspectos ambientais: relação entre química e meio ambiente; cuidados com o ambiente; importância em discutir questões ambientais.

Na Tabela 1 apresentamos o resultado obtidos com relação a categoria 1, aspectos gerais dos sujeitos, distribuídos em cada subcategoria criada.

Tabela 1- Resultados das análise da categoria aspectos gerais do sujeito

(continua)

Sub Categoria		Número de alunos
Ocupação	Estuda	16
	Estuda e Trabalha	2
Acesso à internet	Tem acesso	16
	Não tem acesso	2
Pesquisa	Livros	0
	Internet	10
	Livros e internet	8

(conclusão)		
Atividades experimentais	Já realizou	5
	Nunca realizou	13

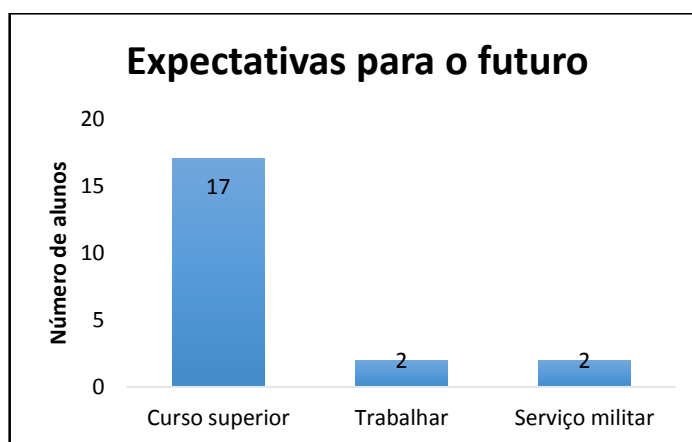
Fonte: Autores

Quanto a *ocupação*, buscou-se averiguar se os estudantes além de estudar também trabalham no turno inverso as aulas, observou-se que apenas dois estudantes trabalhavam. Para a categoria *Acesso à internet*, buscávamos verificar se o acesso à internet, visto que eles deveriam, durante as intervenções, realizarem pesquisas, apenas dois alunos disseram não ter acesso facilmente. Desta forma, também procuramos saber quais os principais meios utilizados para a realização de *pesquisa*, assim, esta se tornou outra sub categoria, onde observamos que a maioria utiliza somente a internet, e alguns usam além da internet, livros.

Outra sub categoria buscou investigar se os estudantes já haviam realizado alguma *atividade experimental*, onde verificamos que apenas 5 dos estudantes já haviam participado desse tipo de atividade. Esse dado é importante, pois as atividades experimentais seriam utilizadas no decorrer das intervenções, assim, buscou-se saber se os alunos tinham algum contanto com esse tipo de atividade, a fim de facilitar a execução das atividades propostas por nós.

Para as demais questões, a fim de facilitar nossa análise, criamos gráficos. Iniciamos, com uma questão onde os estudantes deveriam escrever quais as suas **expectativas para o futuro**. Verificamos pela Figura 57, que dos 18 sujeitos apenas 1 não disse querer realizar um curso superior, além disso, dois estudantes demonstraram o desejo de servir o exército, e dois de trabalhar enquanto estudam. Cursos profissionalizantes e cursos técnico foram citados por dois estudantes, além disso, a maioria citou o desejo de cursar uma faculdade, entre os cursos citados estão: administração, odontologia, biomedicina, história, veterinária e gastronomia.

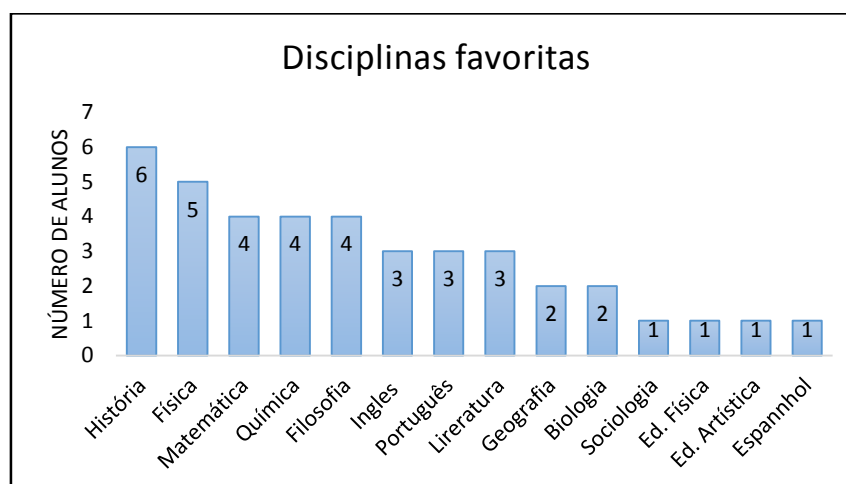
Figura 57 - Gráfico sobre as expectativas dos estudantes para o futuro



Fonte: Autores

Outro questionamento solicitava quais as **disciplinas favoritas** dos estudantes. Na Figura 58 podemos observar que a preferida é a disciplina de história, citada por 6 estudantes, em seguida vem a disciplina de física, citada por 5 alunos, e após Química foi citada por apenas 4 estudantes, além de filosofia e matemática.

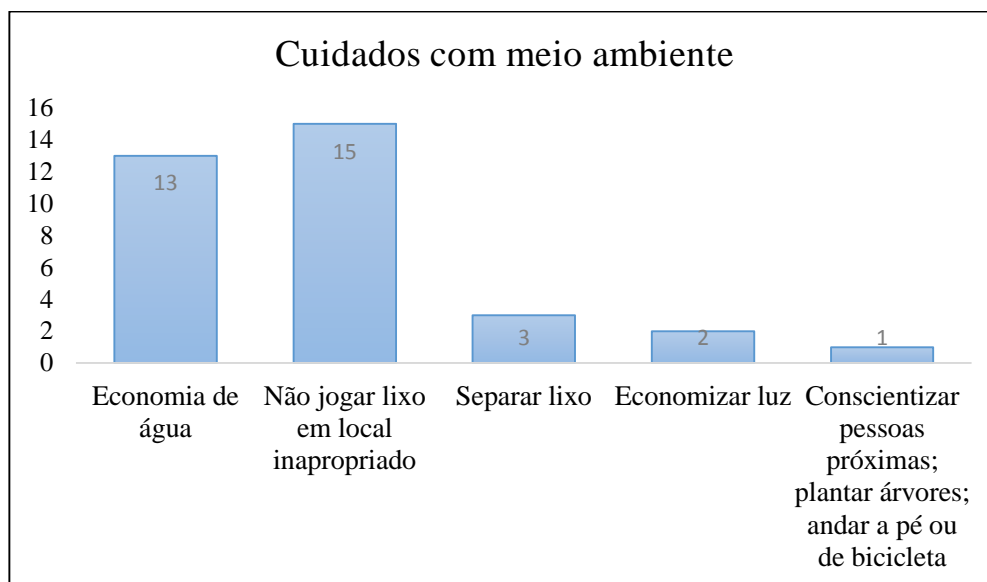
Figura 58 - Gráfico das disciplinas preferidas dos estudantes



Fonte: Autores

Também questionamos quanto alguns **aspectos ambientais**. Quando questionados sobre a prática de cuidados com o meio ambiente, todos disseram ter algum cuidado. Os hábitos citados estão dispostos na Figura 59. Verificamos que a maioria dos estudantes está preocupado como o descarte de lixo, e economia de água.

Figura 59 - Gráfico com as respostas fornecidas pelos estudantes quando aos cuidados praticados pelo meio ambiente



Fonte: Autores

Vejamos algumas respostas:

E3- "Sim, não jogo lixo no chão e procuro sempre tentar conscientizar quem é próxima a mim a não desperdiçar água".

E6- "Sim, economizo água, sempre estou dentro de métodos de economizar mais, lixo sempre no lixo".

E8- "Alguns como guardar os papéis no bolso e depois colocar no lixo".

E13- "Sim, procuro economizar água, reutilizando por exemplo a água da chuva para as plantas... etc..."

E18- "Sim, todos que estão ao meu alcance, como por exemplo não joga lixo".

Além disso, os estudantes foram interrogados sobre a *importância em se discutir questões ambientais* em sala de aula e todos os estudantes disseram ser importante. Apenas seis não justificaram porquê. Dentre os que justificaram estacamos algumas respostas.

E2- "Eu acho que sim, deveria ser um dever nosso".

E3- "Sim, claro pois isso influência na qualidade das nossas vidas".

E6- "Acho muito importante, para alertar as pessoas, e também ajudar o planeta com seres humanos conscientes".

E7- "Sim, para conscientizar quem precisa e ajuda as pessoas".

E8- "Sim, mas mesmo discutindo pode demorar muito pra fazer as pessoas mudarem".

E5- "Com certeza, para a conscientização, conhecimento e prevenção".

E16- "Sim, nós sempre estivemos rodeados de notícias a respeito e eu acredito que quanto mais debatido o assunto for, mais os resultados serão vistos".

E17- "Sim, seria muito importante. Até para saber como fazer para ajudar a diminuir a poluição".

Com essa análise passamos a conhecer um pouco dos sujeitos envolvidos nessa pesquisa. Verificamos que eles possuem uma consciência com questões ambientais e também acreditam ser importante discutir sobre, mas não possuem muita compreensão de como a Química está envolvida nesse processo, nem de como a tecnologia e a sociedade se envolvem nesse aspecto.

4.3.2. Poluição do solo

Durante o capítulo 3, descrevemos como foram realizadas as atividades da intervenção que desenvolveu a temática poluição do solo e as reações inorgânicas de oxirredução. Passamos agora a avaliar como as atividades contribuíram para o aprendizado dos estudantes e principalmente, qual o efeito da maneira escolhida para abordar as reações redox.

Como mencionado na metodologia de análise dos dados, seguindo os passos da ATD, criamos as categorias abaixo, sendo que algumas delas estão ainda divididas em sub categorias:

1. **Construção do conhecimento por resolução de problemas:** construção do conhecimento de pilhas; conhecimento sobre metais pesados.
2. **Evolução do conhecimento químico:** evolução do conhecimento de reações redox; evolução do conhecimento de pilhas e baterias;
3. **Aspectos de consciência ambiental**
4. **Consideração dos estudantes a respeito da proposta**

4.3.2.1. Construção do conhecimento por resolução de problemas

Nesta categoria, as duas subcategorias criadas estão de acordo com a sequência didática desenvolvida, descrita no capítulo 3 (item 3.2.3.2).

a) Construção do conhecimento de pilhas

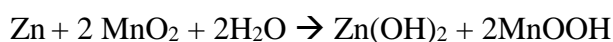
Essa subcategoria é caracterizada pela resolução de desafios, realizado em grupos, sendo os desafios diferentes para cada grupo, contendo um tipo de pilha ou bateria. Apresentaremos cada desafio, bem como a resposta de cada grupo que está em negrito, além de como os estudantes interpretaram a reação e os cartazes produzidos.

O grupo G1, recebeu o desafio 2A (Quadro 28), sobre a pilha alcalina.

Quadro 28 - Desafio e resposta do grupo G1

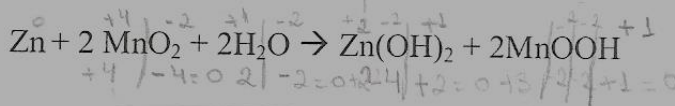
DESAFIO 2A (G1)

O tipo de pilha mais utilizada para câmeras digitais, controle remoto e brinquedos é a conhecida pilha alcalina. Esta pilha tem composição muito semelhante a chamada pilha seca. A principal diferença entre elas é que a pilha seca é usada para produzir correntes pequenas. A pilha alcalina, por sua vez, é apropriada para equipamentos que requerem descargas de energia rápidas e fortes, como brinquedos, câmeras fotográficas digitais, MP3 players, etc. além de durar cerca de cinco vezes mais.

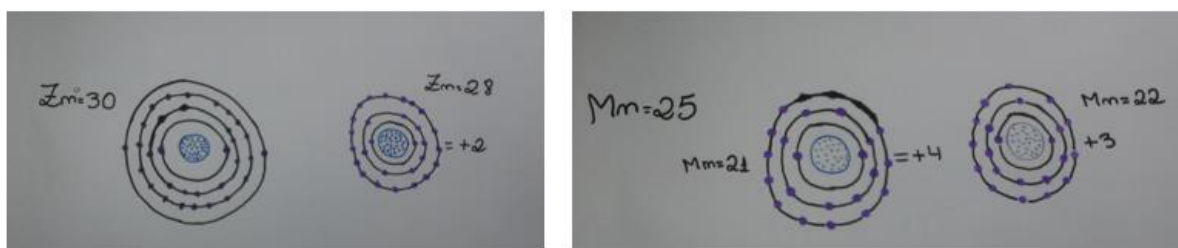


Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:

- Quem oxida? **R. Quem oxida é o Zn, porque ele passou de NOX 0 para +2, ele perdeu 2 elétrons.**
- Quem reduz? **R. Quem reduz é o Mn, porque passou de +4 para +3, ou seja ganhou 1 elétron.**
- Quem é o cátodo e quem é o ânodo? **R. Cátodo é o Mn e ânodo é o Zn.**
- Como essa pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente? **R. poluindo o solo e os lençóis freáticos.**



Demostre através do modelo atômico a transferência de elétrons entre o Zn e o Mn.



Fonte: Autores

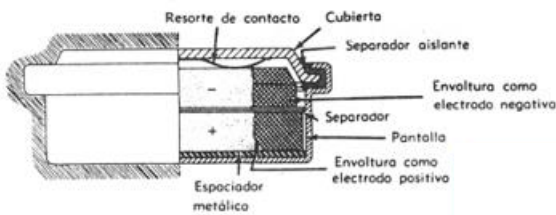
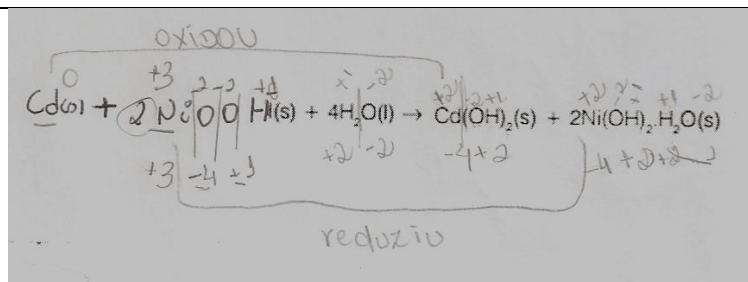
Percebemos pelas respostas que o grupo conseguiu responder corretamente a todos os questionamentos, conseguindo identificar a espécie que oxida e a espécie que reduz. Pela reação identificamos que os estudantes determinaram o NOX corretamente e com isso, conseguiram

responder as questões. Quanto a representação entre a transferência de elétrons envolvida na reação, a forma que o grupo encontrou para demonstrar foi, em um cartaz, apresentar o átomo de Zn^0 e ao lado o átomo de Zn^{+2} , demonstrando que houve perda de elétrons. No outro cartaz, o grupo demonstrou o átomo de Mn^{+4} e ao lado o Mn^{+3} . Verificamos que a distribuição dos elétrons foi feita corretamente. Porém, de acordo com a reação, deveriam ser representados dois átomos de Mn^{+4} bem como dois de Mn^{+3} , pois cada átomo de zinco, que perde 2 elétrons, doa 1 elétron para cada átomo de Mn. Assim, mesmo que não tenham entendido totalmente como acontece a reação, os estudantes entenderam como funciona a transferência de elétrons.

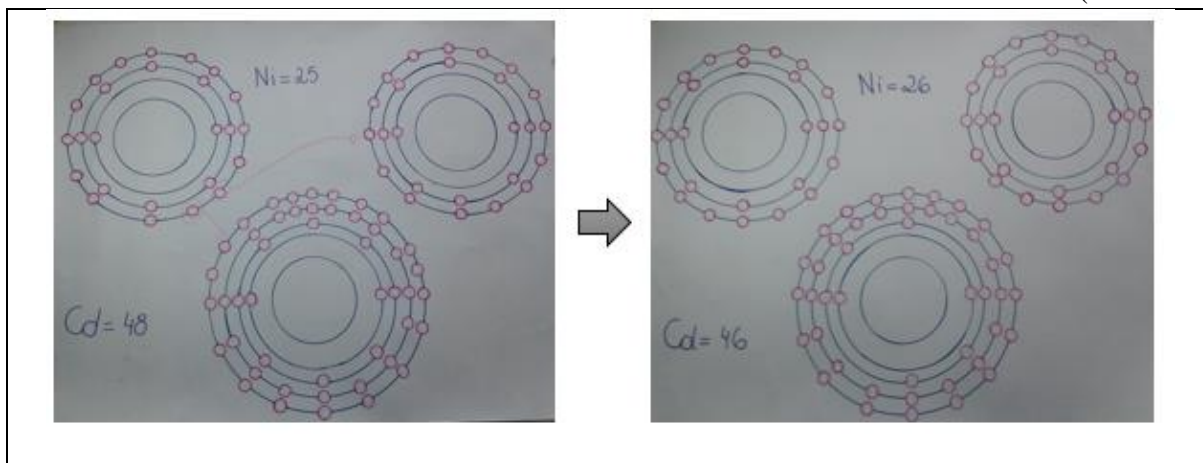
O grupo G2, recebeu o desafio sobre a pilha de níquel/cádmio (Quadro 29).

Quadro 29 - Desafio e resposta do grupo G2

(continua)

DESAFIO 2B (G2)	
<p>O número de linhas de celulares no Brasil cresceu 3,5% em 2014, principalmente pelo fato, desses aparelhos permitirem o acesso à internet. A bateria dos celulares é muito importante para seu funcionamento. Um tipo de bateria bastante empregada em celulares, são as baterias de cádmio/Oxido de níquel. Esse tipo de bateria foi criado por Waldemar Jungner em 1899.</p>	
	$Cd(s) + 2NiOOH(s) + 4H_2O(l) \rightarrow Cd(OH)_2(s) + 2Ni(OH)_2 \cdot H_2O(s)$
<p>Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:</p> <p>a) Quem oxida? R. Cd</p> <p>b) Quem reduz? R. Ni</p> <p>c) Quem é o cátodo e quem é o ânodo? R. Cátodo: Ni; Ânodo: Cd</p> <p>d) Como essa pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente? Por ser composto de metais pesados prejudica nossa saúde.</p>	
	
<p>Demostre através do modelo atômico a transferência de elétrons entre o Cd e o Ni.</p>	

(conclusão)


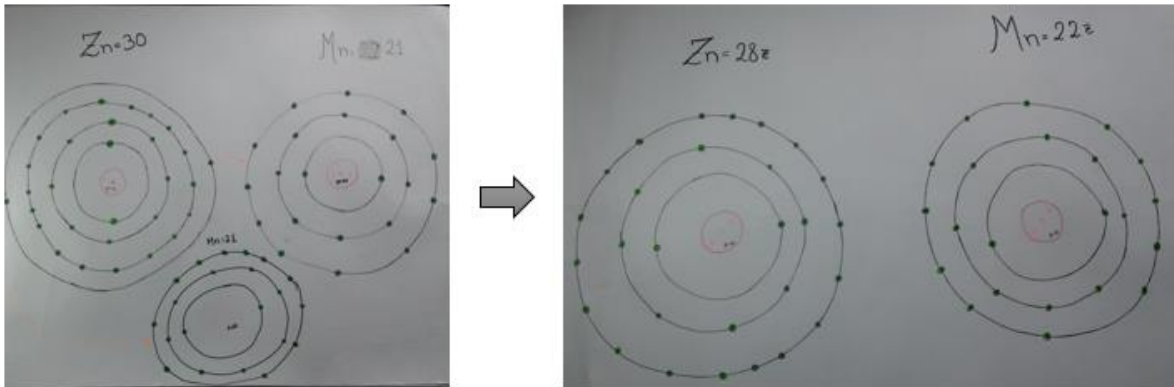


Fonte: Autores

O G2 também conseguiu responder corretamente aos questionamentos e verificamos a atribuição correta do NOX na reação. Quanto a representação da reação, o grupo utilizou dois cartazes, sendo um para demonstrar os reagentes e outro os produtos. Além de verificarmos a distribuição correta dos elétrons, esse grupo também foi capaz de demonstrar os dois átomos de Ni envolvidos na reação. Porém, parece que houve um engano no momento de demonstrar, através de flechas a transferência envolvida, pois ao invés de o Cd estar perdendo seus dois elétrons, um para cada átomo Ni, o grupo representou um dos átomos de Ni, doando dois elétrons, um para cádmio e outro para o outro átomo de níquel. Contudo pela atribuição correta do NOX e resposta correta as questões, percebemos que os alunos conseguiram entender o que acontece na reação, apenas se enganaram no momento de demonstrar, visto que a quantidade de elétrons distribuída estava correta.

O grupo G3 recebeu o desafio envolvendo a pilha seca (Quadro 30), que envolve praticamente a mesma reação da pilha alcalina (G1), sendo a alcalina apenas diferente por estar em meio básico.

Quadro 30 - Desafio e resposta do grupo G3

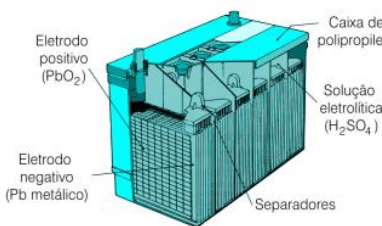
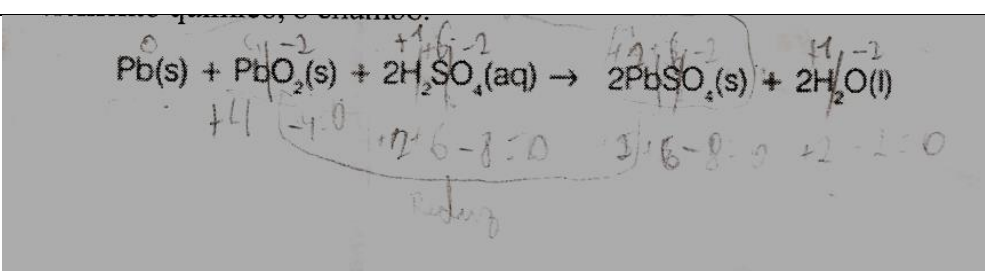
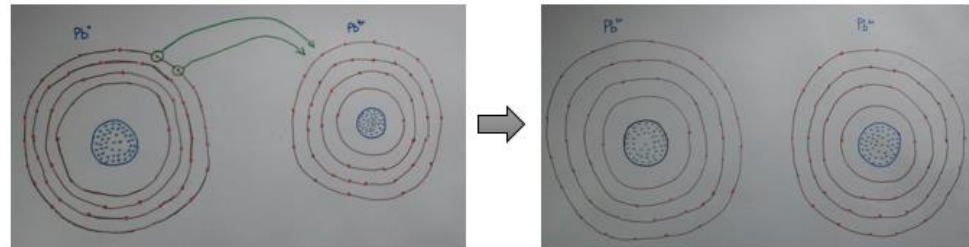
DESAFIO 2C (G3)	
<p>A pilha mais utilizada em aparelhos como, rádio e lanternas é a chamada pilha seca, que também é conhecida como pilha de Leclanché, isso porque seu criador foi o francês George Leclanché por volta de 1860. Esta pilha apresenta em sua composição Zinco e Manganês.</p>	
	$\text{Zn} + 2 \text{MnO}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{Zn}(\text{NH})_3\text{Cl}_2 + 2\text{MnOOH}$
<p>Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:</p> <ol style="list-style-type: none"> Quem oxida? Quem reduz? Quem é o cátodo e quem é o ânodo? Como essa pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente? 	
<p>Demostre através do modelo atômico a reação entre o Zn e o Mn.</p>	
	

Fonte: Autores

Este grupo não entregou as respostas da atividade, apenas os cartazes. Eles, assim como o G3, representaram primeiro os reagentes e em seguida os produtos. Percebemos, analisando o cartaz, que eles representaram corretamente o que acontece nos reagentes, distribuindo os elétrons e também demonstrando a transferência de dois elétrons do zinco, um para cada átomo de manganês. Porém, na representação dos produtos, mesmo demonstrando corretamente a quantidade de elétrons que cada espécie ficou, representaram apenas uma vez o átomo de Mn.

Outro desafio envolvia a bateria de chumbo (Quadro 31), e este foi resolvido pelo grupo G4.

Quadro 31 - Desafio e resposta do grupo G4

DESAFIO 2D (G4)	
<p>O número de carros não para de crescer no país. Com o aumento da frota, o Brasil já tem um automóvel para cada 4,4 habitantes. São 45,4 milhões de veículos. Há dez anos, a proporção era de 7,4 habitantes por carro. Para o funcionamento dos automóveis, a bateria é muito importante. Esse tipo de bateria foi criado por Raymond Gaston Planté em 1859, foi o primeiro sistema recarregável. Essa bateria apresenta uma característica pouco usual de envolver em ambos os eletrodos o mesmo elemento químico, o chumbo.</p>	
	$\text{Pb(s)} + \text{PbO}_2\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow 2\text{PbSO}_4\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$
<p>Figura 4: Bateria chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido).</p>	
<p>Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:</p> <p>a) Quem oxida? R. $\text{Pb}^0 \rightarrow \text{PbSO}_4$</p> <p>b) Quem reduz? R. $\text{PbO}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4$</p> <p>c) Quem é o cátodo e quem é o ânodo? R. Cátodo: Pb^0 Ânodo: PbO_2</p> <p>d) Como essas pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente?</p>	
	
<p>Demostre através do modelo atômico a transferência de elétrons entre o Pb e o PbO₂.</p>	
	

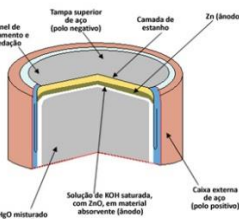
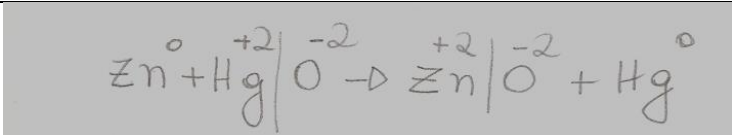
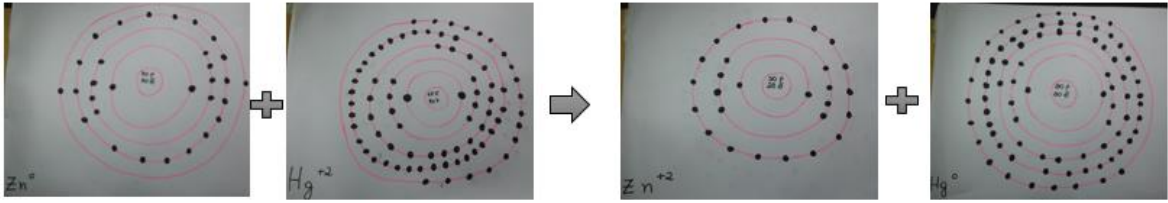
Fonte: Autores

Esse grupo tinha uma reação um pouco diferente dos demais grupos, pelo fato da oxidação e da redução ocorrer com átomo de chumbo. O grupo conseguiu resolver o desafio corretamente, descreveram qual dos átomos de chumbo reduzia e qual oxidava. Apenas não responderam quais os danos ambientais que podem ser causados por esse tipo de bateria, sendo que o chumbo é extremamente tóxico. Quanto a representação da reação a nível molecular, os

estudantes representaram corretamente a transferência de elétrons entre o Pb^0 e o Pb^{+4} no primeiro cartaz, e no outro os dois átomos de Pb^{+2} . A distribuição dos elétrons foi feita corretamente.

O próximo desafio, questionava sobre uma pilha do tipo botão (Quadro 32), esse foi realizado pelo grupo G5.

Quadro 32 - Desafio e resposta do grupo G5

DESAFIO 2E (G5)	
<p>Um tipo de pilha é a chamada pilha botão, mais utilizada em dispositivos sensíveis tais como: aparelhos auditivos, instrumentos científicos e relógios. A voltagem permanece bem mais constante do que as pilhas secas e alcalinas, sendo isso uma vantagem. Porém em sua composição está presente o mercúrio.</p>	
	$\text{Zn} + \text{HgO} \rightarrow \text{ZnO} + \text{Hg}$
<p>Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:</p> <ol style="list-style-type: none"> Quem oxida? R. Hg Quem reduz? R. Zn Quem é o cátodo e quem é o ânodo? R. Cátodo \rightarrow Zn Ânodo \rightarrow Hg. Como essa pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente? R. Contaminação do solo e pelos lençóis freáticos contaminando a cadeia alimentar. 	
	
<p>Demostre através do modelo atômico a transferência de elétrons entre o Zn e o Hg.</p>	
	

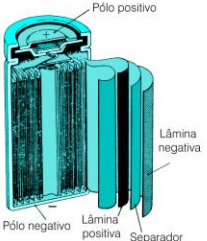
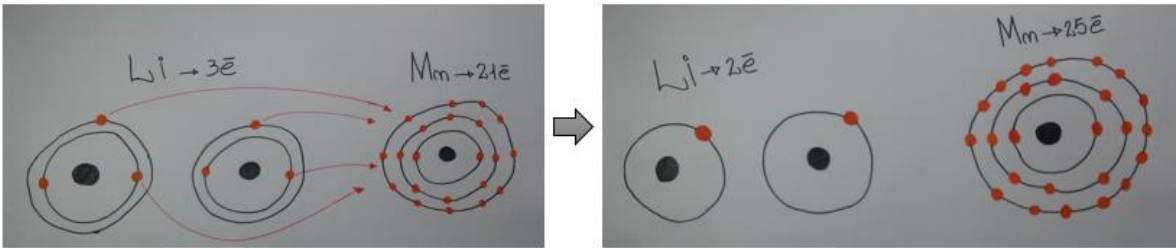
Fonte: Autores

Mais um grupo respondeu ao desafio acertando o NOX e determinando quem oxida e quem reduz, quem é cátodo e quem é ânodo. A representação da reação também foi realizada corretamente. Esse grupo optou por representar utilizando quatro cartazes; Nos dois primeiros

representaram os reagentes, e nos outros dois, os produtos. Em cada cartaz há um átomo representado. A distribuição dos elétrons também ocorreu de forma correta.

O último desafio foi sobre a pilha de lítio/dióxido de manganês (Quadro 33), resolvido pelo grupo G6.

Quadro 33 - Desafio e resposta do grupo G6

DESAFIO 2F (G6)	
<p>A pilha de lítio/dióxido de manganês surgiu com advento da exploração espacial, com a necessidade de pequenos sistemas eletroquímicos duráveis e capazes de armazenar grande quantidade de energia. Esse tipo de pilha fornece um potencial de 3,0V a 3,5V, e mostra excelente desempenho. Porém um maior uso dessa pilha tem sido impedido, pelo seu alto custo e também pelos riscos associados ao lítio metálico, já que pilhas vedadas de maneira imprópria podem explodir o lítio à umidade do ar.</p>	
	$2\text{Li}_{(s)} + \text{MnO}_{2(aq)} \rightarrow 2\text{LiO} + \text{Mn}_{(s)}$
<p>Figura 3: Pilha de lítio/dióxido de manganês.</p>	
<p>Sabendo a reação global, responda, justificando sua resposta:</p> <ol style="list-style-type: none"> Quem oxida? R. Li Quem reduz? R. Mn Quem é o cátodo e quem é o ânodo? R. Cátodo- Mn Ânodo- Li Como essa pilha pode ser prejudicial ao meio ambiente? R. Podem contaminar o solo e prejudicar nossa saúde. 	
<p>Demostre através do modelo atômico a transferência de elétrons entre o Li e o Mn.</p>	
	

Fonte: Autores

Esse grupo também respondeu e representou corretamente as questões. Eles conseguiram identificar a perda de dois elétrons de cada átomo de Li, de um total de dois átomos, para um átomo de Mn, e representaram corretamente essa reação por meio dos cartazes.

Romanatto (2012) afirma que os problemas propiciam aos estudantes formular, tentar e solucionar problemas desafiadores que requerem uma quantidade significativa de esforço, levando-os a refletir sobre seus conhecimentos.

Pelos resultados obtidos, afirmamos que essa atividade foi fundamental para construção do conhecimento dos estudantes. Eles puderam reunir todos os conceitos trabalhados e colocá-los em prática. Os resultados desta atividade foram muito satisfatórios, visto que todos os grupos se empenharam para resolver o desafio e conseguiram responder corretamente aos questionamentos de quem oxida e quem reduz, quem é cátodo e quem é ânodo. Além de representar a nível molecular como acontece a reação redox, fator que consideramos fundamental para o entendimento desse tipo de reação, que foi nossa proposta nesta pesquisa. Mesmo que algumas representações não tenham sido totalmente corretas, foram muito satisfatórias.

É importante lembrar que os estudantes também deveriam apresentar seus trabalhos para os colegas, assim todos passaram a conhecer e entender as reações envolvidas nos tipos de pilha e bateria de uso cotidiano.

b) Construção do conhecimento sobre metais pesados

Nessa atividade, também realizada em grupo, cada grupo recebeu um kit contendo uma amostra contaminada por um metal pesado. Os grupos receberam as amostras denominadas como A, B, C, e D, sendo: A – Manganês; B- Zinco; C- Chumbo, D- Níquel. O Quadro 34 apresenta as respostas dadas pelos estudantes.

Quadro 34 - Resolução dos problemas pelos estudantes

(continua)

Amostra/ Resposta correta:	Resposta ao problema fornecida pelo grupo
A/ Manganês	O elemento Mg causa problemas crônicos no sistema nervoso e problemas respiratórios. Para evitar que isso e outras coisas aconteçam é necessário que façamos o descarte correto de pilhas ou/e baterias que contenham metais pesados prejudiciais aos seres vivos.

(conclusão)

B/Zinco	O metal que pode estar contaminado as pessoas é o níquel, que está presente em pilhas e baterias. Para que isso não volte a ocorrer, devemos descartá-los de forma correta, não jogando em lixos normais, que o lixo pode ser colocado a céu aberto contaminando o solo e o ar.
C/Chumbo	Nos misturamos o KI com a água do solo contaminado (que foi filtrada) e mistura nos resultou na cor amarela, mostrando ser o chumbo. Pode ter sido contaminado por descarte errado de pilhas e baterias (Bateria de chumbo), que liberam substâncias que contaminam tanto o solo quanto a água. As medidas de prevenção que podemos tomar é descartar corretamente pilhas e baterias.
D/Níquel	Metal identificado- Zinco e níquel. Possíveis causas- contaminação da cadeia alimentar (Solo). O zinco e o níquel são metais pesados, que descartados incorretamente podem causar sérios danos ao meio ambiente. Certamente a composição de zinco e níquel estavam nas pilhas que não foram descartadas corretamente. Foram jogas no solo, entraram em lenções freáticos de água ou então esses metais foram se “rastejando”, até chegar na horta do produtor e entrarem na cadeia alimentar. Para não termos mais este caso de contaminação, devemos descartar corretamente as pilhas e baterias.

Fonte: Autores

Analisando o quadro, verificamos que dois grupos conseguiram realizar a identificação encontrando o metal correto, sendo estes os grupos que receberam a amostra A e C, de Manganês e Chumbo, respectivamente. O grupo que recebeu a amostra de zinco, não encontrou corretamente, dizendo que sua amostra estava contaminada com níquel. Isso, provavelmente aconteceu devido à dificuldade de visualização para diferenciar na amostra o zinco e níquel, pois apresentam colorações muito parecidas. Essa dificuldade também foi percebida pelo grupo que recebeu a amostra de níquel, que ao estar na dúvida entre qual metal poderia estar contaminado, respondeu as duas opções.

Além da identificação do metal, os alunos deveriam propor os meios que pudessem estar contaminando e ainda indicar uma possível solução para o problema não voltar a acontecer. Para tanto, as respostas dos estudantes foram satisfatórias, pois todos os grupos associaram a contaminação como sendo possível devido a poluição por pilhas e baterias, assunto desenvolvido em aula. Ainda afirmaram que o problema pode ter sido causado pelo seu descarte incorreto, alertando que pilhas e baterias possuem um descarte diferenciado.

Para Oliveira (2010), as atividades experimentais apresentam inúmeras contribuições para o ensino, algumas como: motivar e despertar a atenção do aluno; desenvolver a capacidade de trabalho em grupo; desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão; aprender a analisar dados e propor hipóteses; e aprender conceitos científicos;

Dessa forma, acreditamos que a realização da atividade experimental associada com a resolução de um problema foi, satisfatória para a aprendizagem, pois mesmo que nem todos os grupos tenham conseguido identificar corretamente o metal, todos souberam se posicionar propondo as possíveis formas para a contaminação e demonstraram a consciência do descarte correto das pilhas e baterias, associando os conhecimentos adquiridos em aula. Além disso, a proposta foi motivadora, principalmente pelo fato de muitos estudantes estarem em contato pela primeira vez com materiais de laboratório e eles terem sido os agentes responsáveis pela realização da atividade.

4.3.2.2. *Evolução do conhecimento químico*

Aplicamos três questionários com a finalidade de averiguar a evolução do conhecimento químico a respeito das reações redox e pilhas, denominados de Q1, aplicado antes da realização das atividades, Q2, um questionário aplicado após algumas intervenções, com o intuito de verificar quais as dificuldades ainda resistentes, e por fim, um terceiro questionário, Q3.

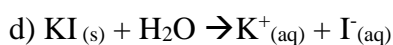
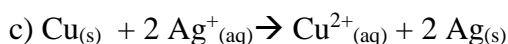
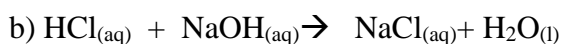
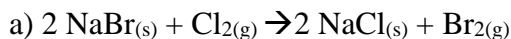
Esta categoria será analisada através das subcategorias: a) evolução do conhecimento de reações redox; b) evolução do conhecimento de pilhas e baterias.

a) Evolução do conhecimento de reações redox

Esse tópico contempla três das questões aplicadas nos questionários. Uma delas foi repetida nos três questionários, devido as dificuldades apresentadas no Q2. As demais foram aplicadas somente nos Q1 e Q2, pois as respostas foram consideradas satisfatórias.

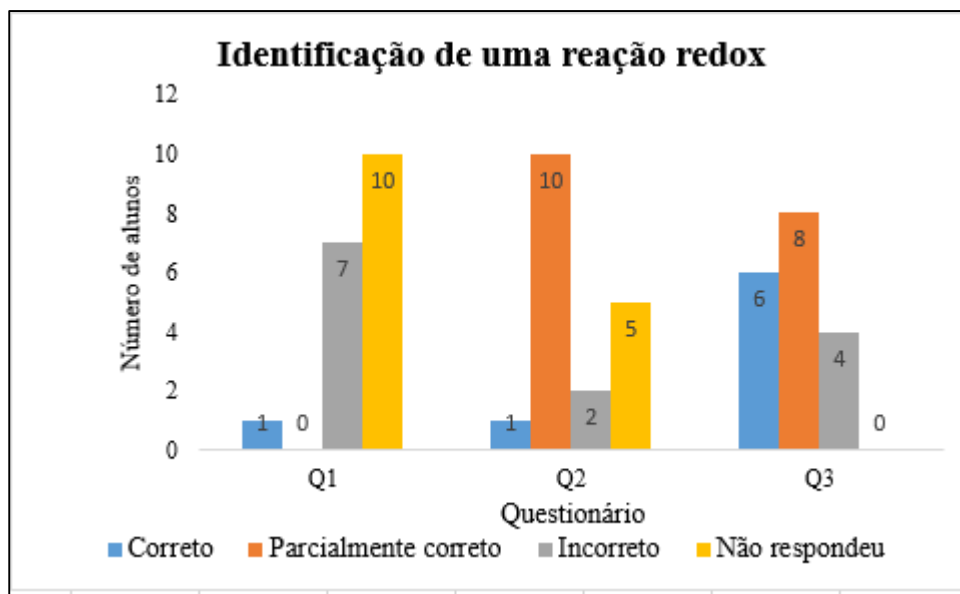
Dessa forma, começamos analisando a questão reproduzida nos três questionários, a qual investigava o reconhecimento de uma reação redox por parte dos alunos. A questão aplicada foi:

Das reações abaixo representadas, quais são reações de oxidação-redução? Como você chegou a esta conclusão?



A resposta correta seria as letras “a” e “c”, no Q1. No Q2 e Q3, apenas mudamos a ordem das alternativas. Como resultado para essa questão apresentamos um gráfico (Figura 60), onde elencamos os dados obtidos, comparando os três instrumentos avaliativos.

Figura 60 - Gráfico referente a identificação de uma reação redox



Fonte: Autores

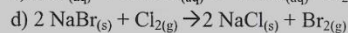
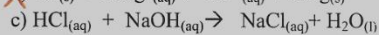
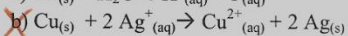
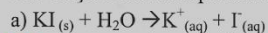
Consideramos como resposta *correta* aqueles que responderam as duas alternativas. Como *parcialmente correta*, aqueles que responderam uma das alternativas corretas, e *incorreta* quem não respondem corretamente nenhuma das alternativas.

Verificamos que o reconhecimento de um reação redox inicialmente não era conhecimento dos sujeitos. Apenas um estudante respondeu de forma correta, mas não justificou suas escolhas. A maioria dos estudantes não respondeu a questão, alegando não ter visto o conteúdo. A aplicação foi feita no início do ano, quando os estudantes ainda não haviam tido contato com as reações redox. Assim, justifica-se o fato da maioria não conseguir responder a questão, mas salienta-se que normalmente, um pouco sobre as reações redox, como NOX, são desenvolvidas no primeiro ano do ensino médio.

No Q2, ainda verificamos muitas dificuldades com essa questão. Apenas um aluno respondeu as duas alternativas, e 10 assinalaram apenas uma das alternativas. Ao final observamos uma evolução. Como por exemplo, o estudante 15, respondeu no Q1, que não sabia responder a questão, já no Q2 ele conseguiu responder uma das alternativas, como está representado na Figura 61 e ao final, além de responder as duas alternativas correta, ele representa todas as reações justificando as que não são redox pois não há mudança no número de oxidação (Figura 62), outros estudantes tiveram uma evolução bem semelhante.

Figura 61 - Resposta do E15 no questionário Q2

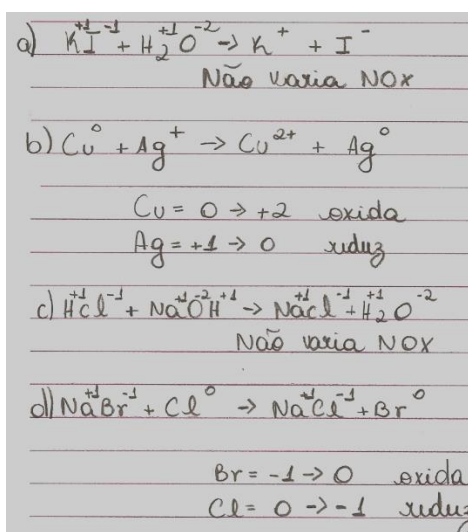
1) Das reações abaixo representadas, quais são reações de oxidação-redução? Como você chegou a esta conclusão?



R: Porque o Cu estava neutro e perdeu 2 e⁻, sendo assim ele oxidou.

Fonte: Autores

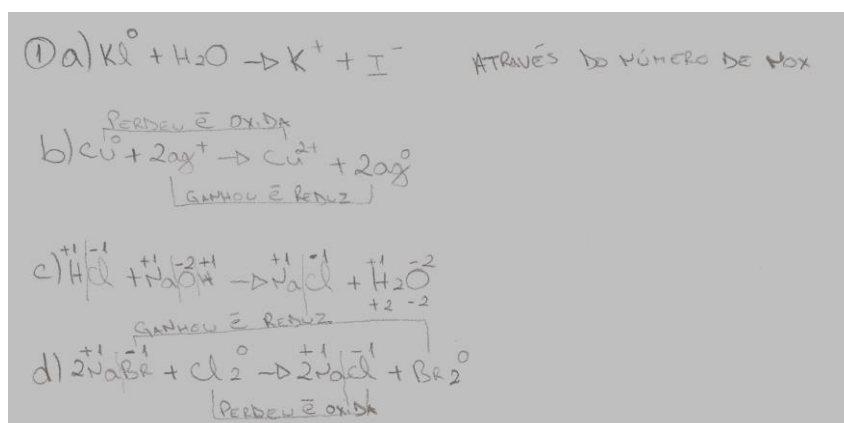
Figura 62 - Resposta do E15 no questionário final



Fonte: Autores

Já o estudante E7, que no Q2, respondeu a alternativa c, ao final conseguiu responder corretamente e demonstrou isso justificando sua resposta, como podemos ver na Figura 63

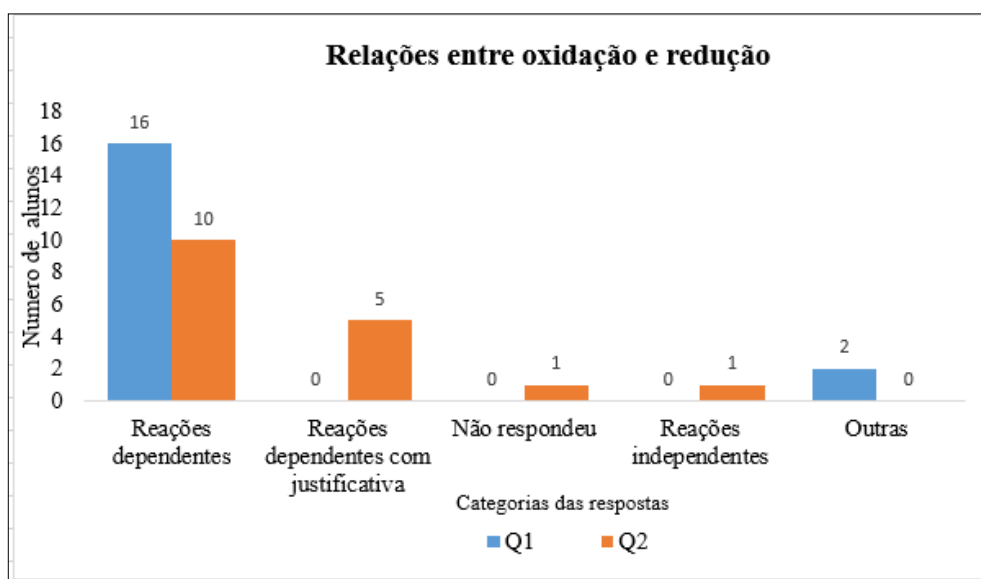
Figura 63 - Resposta do E7 no questionário final



Fonte: Autores

Outra questão que se encaixa na subcategoria evolução do conhecimento de reações redox procurou saber como os estudantes entendem a simultaneidade das reações redox. O questionamento utilizado foi: Falar em oxidação separadamente de redução é o mesmo que bater palma com uma mão só. O que você entende por essa afirmação? Os resultados estão dispostos na forma de gráfico (Figura 64).

Figura 64 - Gráfico referente a dependência das reações



Fonte: Autores

Essa questão foi repetida apenas nos questionários Q1 e Q2. As respostas foram categorizadas em: *Reações dependentes*, onde estudantes disseram de alguma forma que a oxidação e a redução ocorrem simultaneamente; *Reação independentes*, para quem disse ser processos que não dependem um do outro. Além desta, outra categoria foi de *Outras respostas*, onde alguns estudantes tiveram resposta que não contemplaram o que a questão estava questionando. E ainda *não respondeu*.

Verificamos com esta questão que no Q1 a maioria soube interpretar a analogia como a incapacidade de uma oxidação ocorrer sem que uma redução também ocorra. Mas apenas dizer que uma depende da outra é fácil se analisarmos a analogia utilizada na questão. Porém, em nenhuma resposta encontramos a explicação do porque uma depende da outra. Como podemos ver em algumas respostas:

E15: Que não há como.

E11: Que só ocorre quando eles são unidos.

E6: É algum componente químico que precisa de outro para exercer suas funções.

E1: Porque oxidação depende da redução.

Para o Q2 observamos um avanço nas justificativas quando comparadas as respostas iniciais, como podemos observar nos textos dos mesmos estudantes fornecidas no questionário Q2.

E15: “Para ocorrer oxirredução, é preciso que um átomo perca ou receba elétrons de outro átomo.”

E11: “É porque uma depende da outra para que ocorra suas funções”.

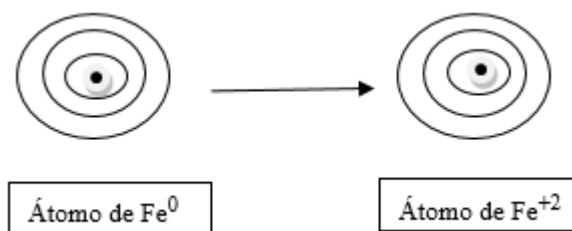
E6: “Que é impossível, um precisa da outra pra acontecer, quando uma se oxida, automaticamente a outra substâncias está se reduzindo”.

E1: “Porque só existe oxidação se há redução e vice-versa”.

Assim, verificamos uma evolução no entendimento de que oxidação não ocorre sem redução, visto que quando uma espécie perde elétrons a outra deve receber. Os estudantes complementaram suas respostas justificando a relação de dependência, não apenas analisando a analogia, como de início.

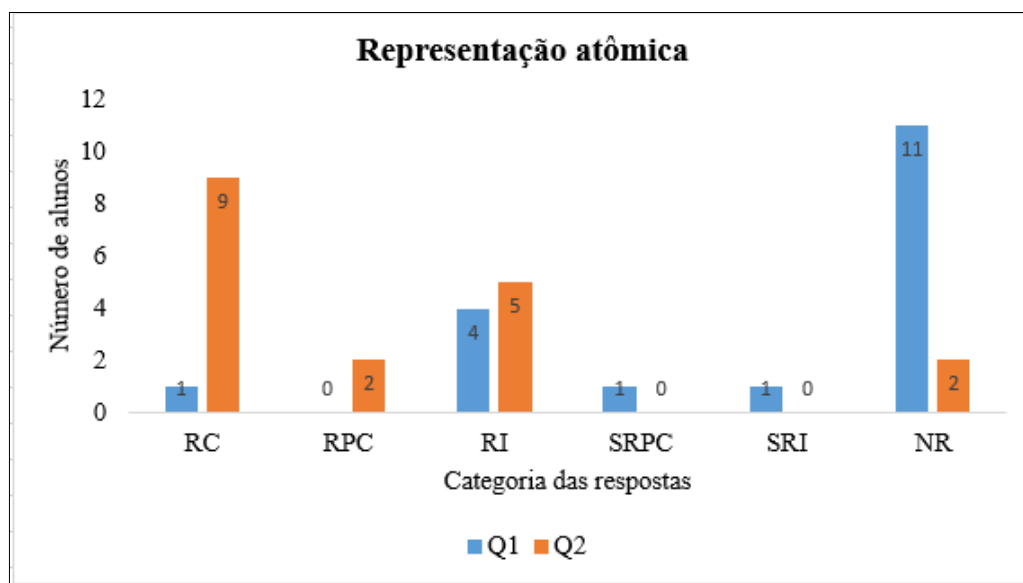
Também avaliamos o entendimento dos estudantes a respeito da representação atômica de um átomo que perde elétrons. Com a seguinte pergunta: Observe essa semi reação:

$\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ e levando em consideração que o número de elétrons do átomo de ferro é 26, represente no esquema abaixo essa semi-reação:



Para a análise, criamos algumas categorias a partir das respostas encontradas: *Representação correta (RC)*, onde consideramos os estudantes que representaram o modelo atômico de forma correta, distribuindo os 26 elétrons do átomo de ferro, pelas três camadas, sendo, 2 elétrons na primeira, 8 elétrons na segunda e 16 elétrons na terceira. Já para o átomo de Fe^{+2} , o qual perde dois elétrons, são 2 elétrons na primeira, 8 elétrons na segunda e 14 elétrons na terceira camada; *Representação incorreta (RI)*, onde estudantes realizaram a representação porém de forma incorreta; *Sem representação e parcialmente correto (SRPC)*, para os alunos que não representaram porém responderam de alguma forma que possibilitou entender que o conhecimento esta parcialmente correto. *Sem representação e Incorreto (SRI)*, para os alunos que não representaram e ainda deram outras respostas incorretas e por fim a categoria *não responderam (NR)*. Os resultados podem ser melhor visualizados pelo gráfico (Figura 65).

Figura 65 - Gráfico da representação atômica



Fonte: Autores

Para exemplificar, quais resposta foram consideradas em cada categoria, vejamos alguns exemplos do Q1 (Quadro 35).

Quadro 35 - Categorias e exemplos

Categoria	Exemplo
Representação correta (RC)	<p>Átomo de Fe⁰ → Átomo de Fe⁺²</p>
Representação incorreta (RI)	<p>Átomo de Fe⁰ → Átomo de Fe⁺²</p>
Sem representação e parcialmente correta (SRPC)	<p>Átomo de Fe⁰ → Átomo de Fe⁺²</p> <p style="text-align: right;"><i>Fe²⁴</i></p>
Sem representação e incorreta (SRI)	<p>Átomo de Fe⁰ → Átomo de Fe⁺²</p> <p><i>Fe⁰: não tem nenhum elétrons Fe²⁺: tem -2 elétrons</i></p>

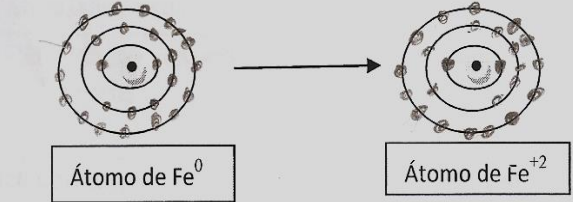
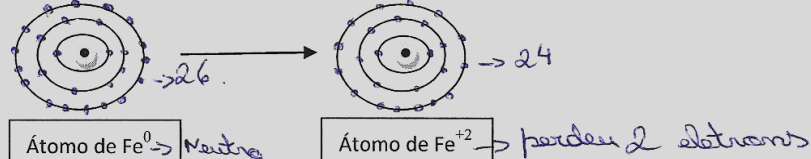
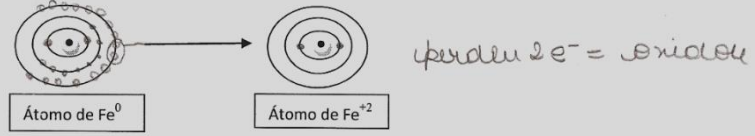

Fonte: Autores

Percebemos que os estudantes não tinham conhecimento sobre estrutura atômica no Q1, pois apenas um soube representar forma correta e somente os alunos 8, 12 e 14 demonstraram entender o significado do Fe^{2+} mas apenas o estudante 8 soube representar. Ainda, quatro alunos tentaram representar, mas sem sucesso, e muitos não chegaram a responder a questão. Salientamos que a estrutura atômica é um conhecimento desenvolvido no primeiro ano do ensino médio, assim, os estudantes deveriam trazer algum conhecimento prévio.

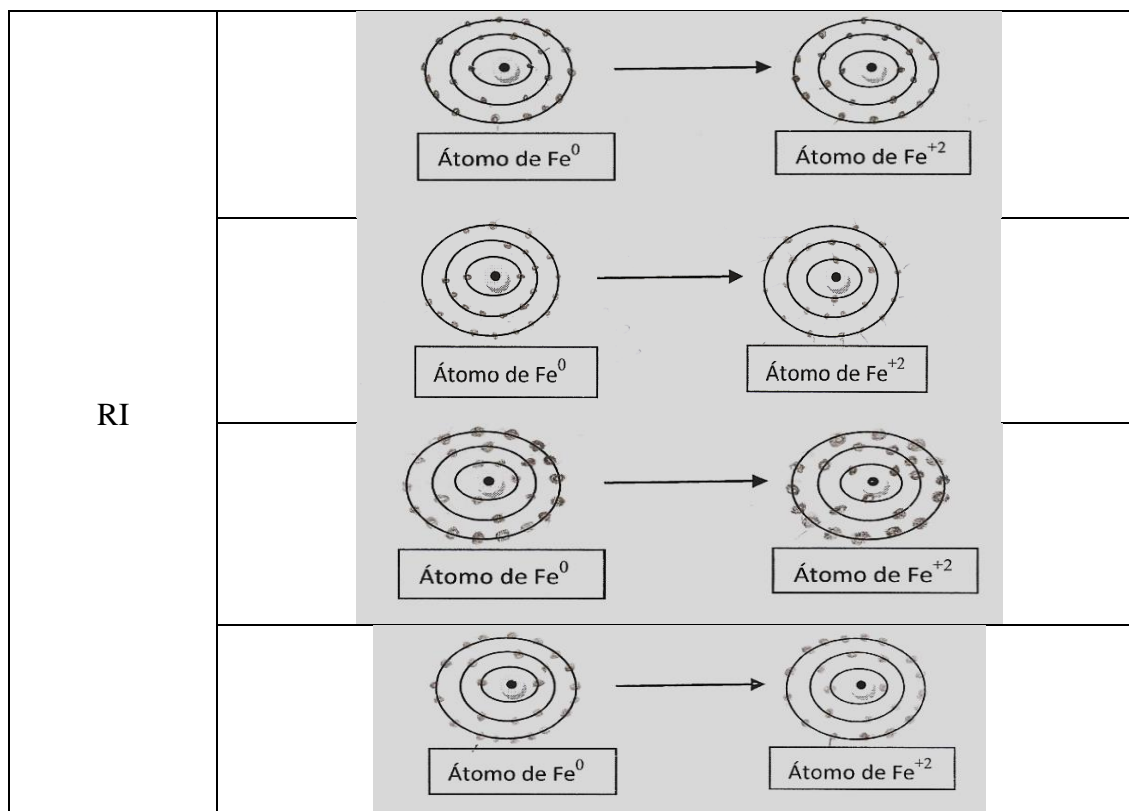
Porém, no Q2 verificamos uma evolução (Quadro 36), pois dos 16 estudantes que responderam, 11 apresentaram algum acerto, mesmo que apenas nove tenham representado de forma totalmente correta. Entretanto, mesmo que 5 representações foram consideradas incorretas, o aluno 6 e o aluno 5, representou corretamente o fato de ser 26 elétrons o átomo de Fe^0 , e 24 elétrons o átomo de Fe^{2+} , porém distribuiu os elétrons de maneira errônea. O aluno 8, representou 15 elétrons na última camada para o Fe^0 ao invés de 16, e 13 para o Fe^{2+} , ao invés de 14, dessa forma também demonstrou saber o significado de Fe^{2+} , como perda de elétrons. E o aluno 4, distribuiu corretamente os elétrons nas camadas, porém representou os dois modelos com 26 elétrons.

Quadro 36 - Categorias e exemplos Q2

(continua)

Categoria	Exemplo
RC	 <p style="text-align: center;"> Átomo de Fe^0 Átomo de Fe^{+2} </p>
	 <p style="text-align: center;"> Átomo de $\text{Fe}^0 \rightarrow$ Neutro Átomo de $\text{Fe}^{+2} \rightarrow$ perdeu 2 elétrons </p>
RPC	 <p style="text-align: center;"> Átomo de Fe^0 Átomo de Fe^{+2} </p> <p style="text-align: right;"><i>perdeu 2e- = oxidou</i></p>
	

(conclusão)

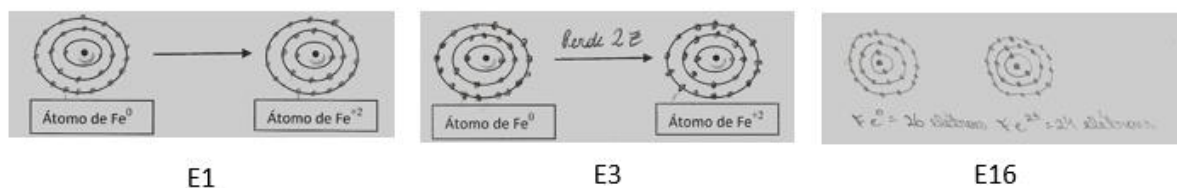


Fonte: Autores

Observamos uma grande evolução na representação do modelo atômico por parte dos estudantes demonstrando entender também o significado da notação +2. De início, verificamos diversas formas errôneas de representação ou até mesmo sem representação, com outras respostas incorretas. Mas, após as aplicações, percebemos um avanço, mesmo que ainda cinco estudantes não tenham respondido corretamente, pois como já justificamos anteriormente alguns ou realizaram a contagem errada do total de elétrons ou acertaram a quantidade de elétrons mas distribuíram de forma errada pelas camadas.

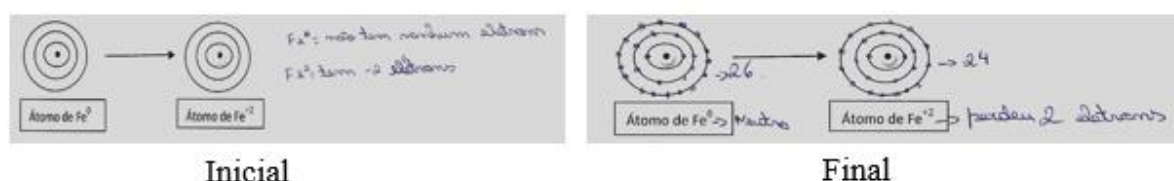
Vejamos três exemplos, E1, E3, e E16 não responderam no Q1, mas ao final conseguiram representar corretamente (Figura 66). Também, na Figura 67, mostramos a evolução do E14, que ao início não representou e ainda disse que Fe⁰ não tem nenhum elétron, mas ao final além de representar corretamente demonstrar que o Fe⁰ é um átomo neutro com 26 elétrons, enquanto que o Fe⁺², perde dois elétrons ficando assim com 24 elétrons no total.

Figura 66 - Representações corretas



Fonte: Autores

Figura 67 - Evolução conceitual do estudante E14



Fonte: Autores

Essa evolução conceitual, do nosso ponto de vista, é muito importante para o entendimento da reação redox. Acreditamos que esse entendimento foi favorecido pelo uso do modelo atômico confeccionado, descrito na metodologia, e também a atividade de resolução de problemas sobre pilhas e baterias.

b) Evolução do conhecimento de pilhas e baterias.

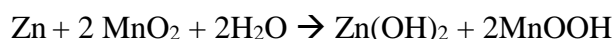
O Q1 demonstrou que os estudantes não sabiam como funciona uma pilha ou bateria através das reações redox, pois 15 alunos disseram não saber. Apenas dois responderam, da seguinte forma:

E2: “Carga positiva e carga negativa”.

E4: “Acho que funciona devido e relacionada com energia, uma energia diferente, que pode ser usada mesmo sem luz”.

Desta forma, esses estudantes demonstraram um pequeno conhecimento sobre as pilhas, mas a maioria não soube responder a questão. Para identificar os conhecimento a respeito das pilhas e baterias, adquiridos com as intervenções, a seguinte questão foi desenvolvida no Q2 e Q3: Uma das pilhas mais utilizadas no dia a dia é a pilha alcalina. Essa pilha é muito utilizada

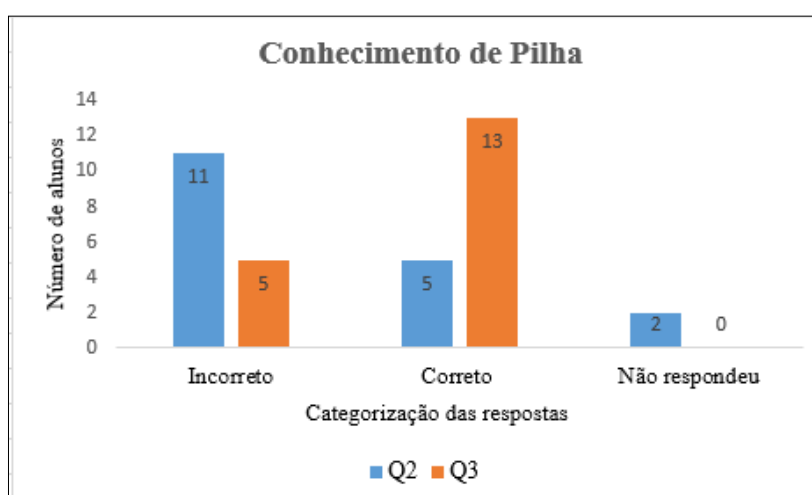
para câmeras digitais, controles remoto e brinquedos. Conhecendo a reação global de funcionamento pilha, assinale a alternativa **incorreta**:



- O Zinco é o agente redutor e perde elétrons;
- O MnO_2 se reduz e ganha elétrons;
- O estado de oxidação do zinco passa de $\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+}$
- O Mn ganhou 2 elétrons
- O zinco é o ânodo e o MnO_2 é o cátodo

Para verificar os resultados, preferimos colocar os dados em um gráfico (Figura 68). Verificamos no Q2 que 11 estudantes não conseguiram responder a questão e apenas 5 conseguiram. Já no Q3, 13 estudantes conseguiram responder corretamente.

Figura 68 - Relação entre número de alunos e acertos da questão sobre pilhas



Fonte: Autores

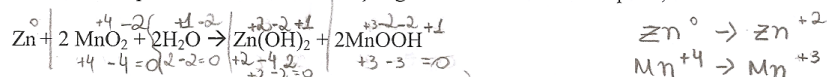
Das respostas fornecidas, identificamos que dos 13 estudantes, 8 (E2, E6, E7, E10, E13, E14, E15, E16) representaram o NOX na questão, demonstrando como conseguiram responder e apenas 5 (E1, E4, E5, E8, E12) assinalaram a resposta correta, sem justificar.

Mostramos a evolução através das respostas fornecidas por alguns estudantes. Como exemplificação, na Figura 69 apresentamos a resposta do E15, fornecida no Q2, este que respondeu a alternativa errada, mas verificamos que o NOX foi determinado corretamente. Salienta-se que este estudante foi o único a demonstrar o NOX correto neste questionário. Em

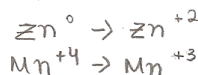
seguida, na Figura 70 apresentamos a resposta do mesmo estudante no questionário final, quando ele consegue responder corretamente.

Figura 69 - Relação entre número de alunos e acertos da questão sobre pilhas

- 4) Uma das pilhas mais utilizadas no dia a dia é a pilha alcalina. Essa pilha é muito utilizada para câmeras digitais, controles remoto e brinquedos. Conhecendo a reação global de funcionamento pilha, assinale a alternativa **incorreta**:

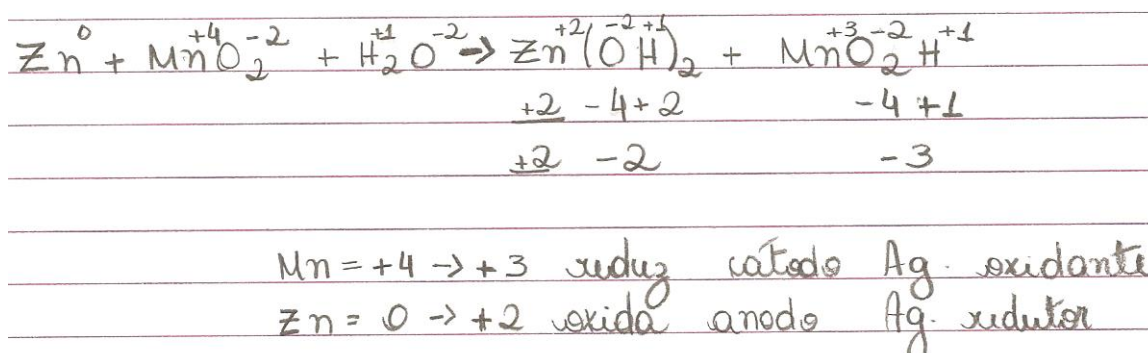


- a) O Zinco é o agente redutor e perde elétrons;
 b) O MnO_2 se reduz e ganha elétrons;
 c) O estado de oxidação do zinco passa de $\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+}$
 d) O Mn ganhou 2 elétrons
 e) O zinco é o ânodo e o MnO_2 é o cátodo



Fonte: Autores

Figura 70 - Resposta do E15 para questionário final

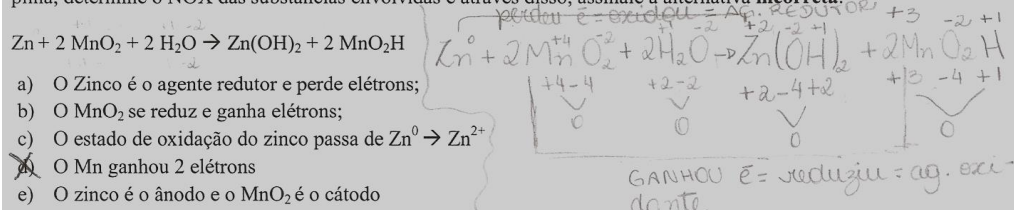


Fonte: Autores

Outro exemplo, é do estudante E17, no Q2, ele responde a alternativa c, sem justificar. Porém observamos sua evolução ao final, como representado na Figura 71.

Figura 71 - Resposta do E17 no questionário final

Uma das pilhas mais utilizadas no dia a dia é a pilha alcalina. Essa pilha é muito utilizada para câmeras digitais, controles remoto e brinquedos. Conhecendo a reação global de funcionamento pilha, determine o NOX das substâncias envolvidas e através disso, assinale a alternativa **incorreta**:

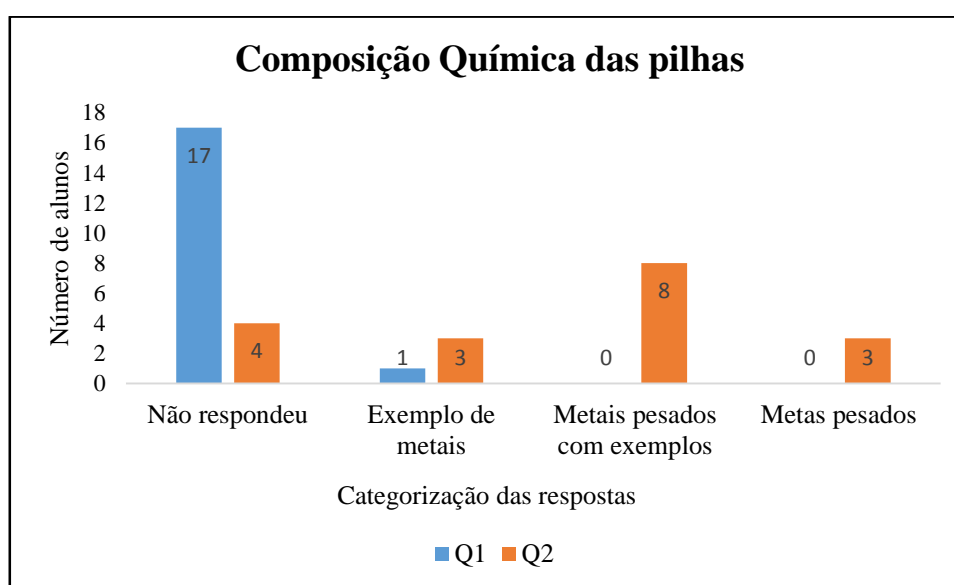


Fonte: Autores

Verificamos a evolução conceitual quanto aos conhecimentos de pilhas associados as de reações redox. A maioria dos alunos conseguiu responder corretamente e ainda justificar na questão do Q3, enquanto que no Q2 apenas 5 responderam corretamente. Porém, nenhum demonstrou como chegou a resposta, o que não indica se eles realmente sabiam resolver.

Além dessa questão, indagou-se sobre a composição química das pilhas e baterias, as respostas foram categorizadas e o resultado está demonstrado no gráfico a seguir (Figura 72)

Figura 72 - Respostas dos alunos quanto a composição das pilhas



Fonte: Autores

Procuramos verificar, dessa forma, o entendimento dos estudantes sobre qual composição química presente em pilhas e baterias. De início, 17 estudantes disseram não conhecer a composição de pilhas e baterias e apenas um estudante citou o cobre, como elemento presente na composição. Vejamos algumas respostas.

E6: “Não sei qual a composição química”

E7: “Pode danificar por meio dos produtos químicos liberados por esses objetos, ou seja, atrapalhar o desenvolvimento das plantas”.

E9: “Não sei a composição.”

No Q2, 14 alunos disseram que a composição é por metais pesados, alguns ainda citaram quais metais. Vejamos as respostas fornecidas pelo mesmo estudantes citados anteriormente:

E6: A composição das pilhas e baterias contém lítio, chumbo, mercúrio...Esses componentes químicos citados são classificados como metais pesados.

E7: As pilhas e baterias são compostas por metais pesados (Cobre, chumbo, lítio, etc)
 E9: Sei que nas pilhas encontramos mercúrio, zinco, manganês, níquel, cobre e cádmio.

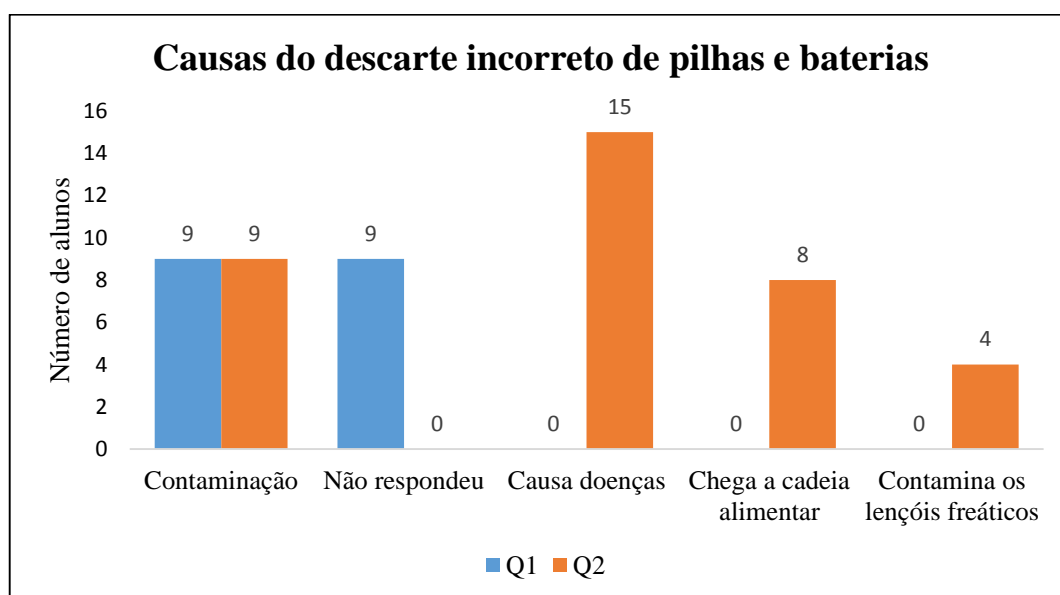
Verificamos com isso a evolução quanto a este aspectos. No início os estudantes não conheciam a composição da pilhas e baterias e reconhecer que a composição é importante para entender porque devemos descartar esse tipo de material de forma correta e quais as causas do descarte incorreto.

4.3.2.3. *Evolução de aspectos de consciência ambiental*

No item 4.3.1. Características dos estudantes, apresentamos alguns aspectos sobre a consciência ambiental dos estudantes no início das atividades. Nesse tópico verificamos que eles possuem certo entendimento com relação aos cuidados ambientais e também acreditam ser importante discutir esse tema, mas não possuem muita compreensão de como a Química está envolvida nesse processo.

Após as intervenções, realizamos outras questões quanto a este aspecto. Começamos por analisar uma pergunta sobre as consequência do descarte incorreto de pilhas e baterias no solo, através de uma comparação entre o Q1 e Q2 (Figura 73).

Figura 73 - Categorização das resposta quanto as causas do descarte incorreto de pilha e baterias



Fonte: Autores

No início (Q1) os estudantes parecem cientes do fato de pilhas e baterias causarem danos ao solo, mas não demonstraram muito conhecimento sobre o assunto. Vejamos algumas respostas:

E15: Não sei

E9: Não sei. Mas sei que alguns transmitem doenças se juntar-se aos lençóis d'água, depois essa água pode ser ingerida por humanos ou animais.

E6: Provavelmente poluem o meio ambiente, pois precisa de muitas composições para ser fabricadas.

E16: Eu acho que podem causar danos como infertilidade do solo e etc.

Já no (Q2) vários aspectos negativos do descarte incorreto foram citados pelos estudantes. Como nos exemplos:

E15: Podem contaminar o solo, entrar nos lençóis freáticos e chagar até a cadeia alimentar. Nos seres humanos pode causar câncer.

E9: Elas podem causar danos no meio ambiente, animais e seres vivos. Jogadas no solo, entram nos lençóis freáticos e chagam a cadeia alimentar, tanto de animais como pessoas. Também ocorre o caso de alguns metais pesados chegaram aos pulmões e causar câncer em partes do corpo.

E6: Poluem o solo se os metais pesados de sua composição estiverem em grande quantidade, passar do limite estimulado. Prejudicam nossa saúde através do alimento que ingerimos, pode causar câncer.

E16: As pilhas descartadas de forma incorreta podem contaminar o solo e os lençóis freáticos. Podem chegar aos humanos através da cadeia alimentar.

Dessa forma, a importância do descarte correto foi evidenciada nas respostas dos estudantes, que já imaginavam, inicialmente, que pudessem haver danos, mas ao final souberam justificar quais podem ser estes danos.

Conhecendo um pouco o pensamento dos estudantes sobre os danos do descarte incorreto das pilhas e baterias, através do Q1, para verificar a atitude dos estudantes, no questionário Q2, colocamos a seguinte situação: Você está caminhando pela rua e se depara com uma pessoa jogando uma pilha no chão. O que você faz?

Verificamos que dez estudantes citaram que chamariam a atenção da pessoa, nove disseram que iriam recolher e descartar em local adequado, e apenas um estudante disse que não faria nada. Vejamos algumas respostas:

E6: Se fosse antigamente, o máximo que eu iria fazer é colocar no lixo comum, mas agora que sei que elas prejudicam o meio ambiente e podem ser recicladas, eu pegaria a pilha e entregaria para o processo de reciclagem.

E2: Eu digo para pessoa levar a pilha para o lugar onde ela comprou.

E7: Acho que não faria nada para a pessoa, mas depois iria recolher a pilha.

E12: Eu não jogaria a pilha no chão, mas nessa situação não faria nada.

E18: Depois de tudo que eu aprendi sobre a importância da pilha eu chegaria na pessoa e a diria da importância e quanto pode ser prejudicial.

Percebemos pelas respostas que os estudantes estão cientes dos riscos para natureza e consequente para a saúde dos seres vivos, causados pelo descarte inapropriado de pilhas e baterias, mas o mais importante é a atitude que eles tomariam ao se depararem com situação proposta.

Também no Q2, questionamos como os alunos, utilizando os aprendizados adquiridos em aula, poderiam cuidar e conscientizar as pessoas a seu redor. Verificamos que 10 estudantes disseram ser importante alertar as pessoas quanto aos risco de contaminação e 8 disseram ser importante alertar quanto ao descarte correto. Seleccionamos algumas resposta para melhor ilustrar:

E5: Colocando em prática os conhecimentos. Não poluindo o meio ambiente com lixos na rua, e principalmente não jogando pilha no solo.

E16: As aulas nos deram muito mais informações sobre os problemas das pilhas e meio ambiente no geral, as quais nós devemos passar a diante e assim melhorar a situação.

E13: Passando estes conhecimentos a mais pessoas e claro também tendo a consciência de não só falar, mas agir.

E6: Comento com a minha família sobre as aulas e sempre tento economizar água no máximo possível, não colocar as pilhas e baterias em lixo comum, colocar lixo sempre no lixo.

Demonstramos com essa análise a importância dada pelos estudantes em compartilhar os conhecimentos adquiridos e, mais importante ainda, colocá-los em prática.

Ao final, questionamos se, levando em consideração as suas atitudes de antes das aulas, eles pretendiam mudar de alguma forma seu comportamento. A resposta se dividiu em sim, pretendo mudar (quinze estudantes) e já cuidava e pretendo continuar (três estudantes), como destacado nas respostas abaixo:

E1: Não, porque acho que antes e depois das aulas e sempre tentei ao máximo cuidar do meio ambiente.

E4: Sim, é importante mudar o comportamento, porque somos nós que vivemos neste ambiente e as vezes prejudicamos. Então eu pretendo mudar porque essa mudança é importante para a natureza.

E8: Acho que posso juntar algo do chão para ter menos poluição.

E15: Sim, pois com o conhecimento adquirido e as causas que podem ocorrer no meio ambiente, seria impossível não mudar meu comportamento.

E5: Com certeza. Sobre as pilhas por exemplo, era um assunto muito importante, mas eu não fazia ideia dos danos causados no meio ambiente e para nossa saúde.

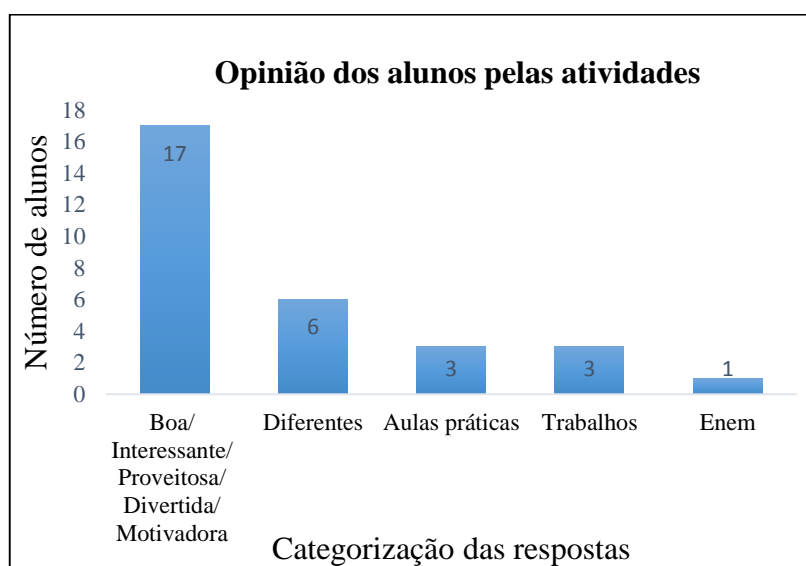
De acordo com Bordin (2013) o professor deve realizar um trabalho de conscientização com os estudantes, possibilitando a transformação, para que o indivíduo possa ser mais responsável e preocupado com o meio ambiente. Dessa forma, acreditamos que as intervenções, associando as questões científicas com os aspectos tecnológicos, sociais e ambientais, foram

muito importantes para uma mudança comportamental nestes estudantes e, quem sabe, até com seus familiares, visto que estes relataram passar adiante os conhecimentos adquiridos.

4.3.2.4. Considerações dos estudantes a respeito da proposta

A fim de verificar a opinião dos estudantes a respeito das atividades desenvolvidas, visto que motivar os estudantes é fundamental para a aprendizagem, conforme já destacado por algumas pesquisas (CARDOSO; COLINVAUX, 2000; VALVERDE; CHAVARRÍA, 2002;) utilizamos duas questões. A primeira perguntava a opinião sobre as atividades desenvolvidas. As respostas foram categorizadas e elencadas na Figura 74.

Figura 74 - Opinião dos estudantes quanto as aulas desenvolvidas



Fonte: Autores

Selecionamos algumas respostas:

- E9: Achei muito interessante, descobri coisas que pra mim eram desconhecidas e estou aprendendo com o tempo o que é a química em si.
- E15: Ótimas, consegui aprender e gostar da química. As dúvidas são esclarecidas e as aulas diferentes e alegre com o material utilizado para a compreensão.
- E8: Achei divertidas e mais explicativas de que uma aula normal.
- E4: Gostei muito dos trabalhos desenvolvidos, tenho aprendido muito bem o conteúdo. Mas tenho dificuldades em algumas coisas.
- E1: Achei muito bom foi uma forma diferente de aprender. Ainda tenho algumas dificuldades mas todo conhecimento que adquiri ajuda bastante a eu entender certas coisas. Os trabalhos e experiências ajudaram a visualizar o que era explicado.

Observamos que as atividades foram motivadoras para os alunos, pois estes disseram que foram divertidas, diferentes, interessantes e proveitosas. Além disso, citaram as aulas práticas e os trabalhos como ferramentas que auxiliaram na aprendizagem. Ainda, um estudante relatou se sentir melhor preparado para o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) demonstrando assim, o reconhecimento de que as práticas diferenciadas são importantes também para a preparação de exames para ingressar no ensino superior.

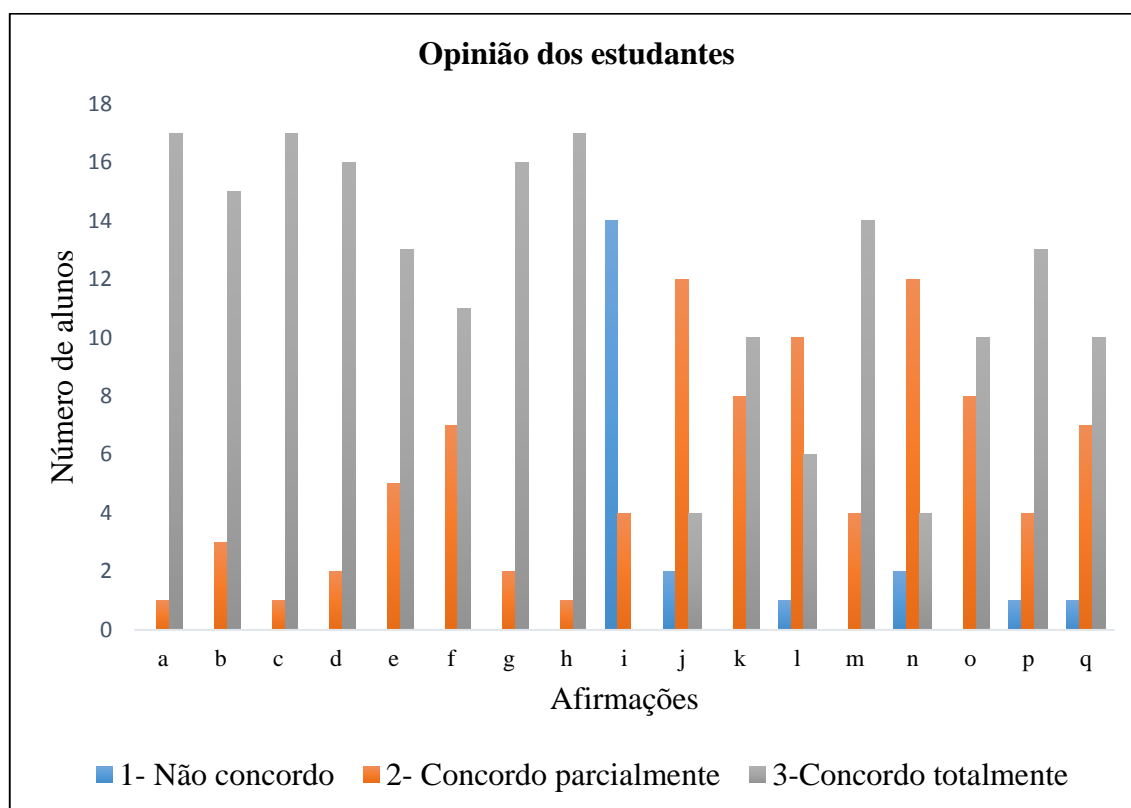
Destacamos que a motivação e afetividade entre professor e estudantes foram fundamentais para a construção do conhecimento ao longo das intervenções.

Também elencamos algumas frases onde alunos deveriam numerar em 1, 2 ou 3, concordando ou não com as afirmativas. Sendo, 1 - não concordo, 2 - concordo parcialmente e 3 - concordo totalmente. Estas frases tiveram como objetivo investigar a opinião dos estudantes com relação as aulas, a realização de atividades experimentais e ao conhecimento científico e ambiental. As frases foram:

a) As aulas ajudaram no aprendizado de Química; **b)** As explicações foram boas; **c)** As aulas utilizaram diferentes recursos que enriqueceram o seu aprendizado; **d)** As aulas tiveram uma importância que vai além do conhecimento químico; **e)** O trabalho em grupo ajudou na aprendizagem; **f)** Os desafios (problemas) realizados em aula foram desafiadores e auxiliaram no processo de aprendizagem; **g)** A realização de atividades experimentais facilitou a aprendizagem; **h)** As atividades experimentais foram motivadoras; **i)** As atividades experimentais foram interessantes mas não contribuíram para a aprendizagem; **j)** Você conseguiu entender as reações de oxirredução; **k)** Você conseguiu entender o funcionamento de uma pilha; **l)** O modelo atômico ajudou no entendimento das reações redox; **m)** As discussões ambientais foram importantes para uma mudança de comportamento em relação as minhas atitudes com o meio ambiente; **n)** Tudo que foi trabalho em relação as questões ambientais já era de meu conhecimento; **o)** Falar sobre poluição deixou o estudo das reações redox mais interessante; **p)** Associar um tema ambiental com conteúdo de Química facilitou a aprendizagem; **q)** Associar um tema ambiental com conteúdo de Química foi motivador.

Na Figura 75, apresentamos graficamente os resultados obtidos sobre a opinião dos alunos.

Figura 75 - Número e Opinião dos alunos quanto as afirmações



Fonte: Autores

Constatamos com isso, que a maioria dos estudantes concordou plenamente ou parcialmente com as afirmativas de forma geral. Analisando algumas das afirmativas, como a “i”, de acordo com o gráfico a maioria não concordou com a afirmação que dizia que as atividades experimentais foram interessantes mas não contribuíram para a aprendizagem. Assim os estudantes acharam importante para sua aprendizagem a realização desse tipo de atividade. Quanto a afirmativa, “j”, você conseguiu aprender as reações redox, a maioria concordou parcialmente, assim eles acreditam que ainda havia algumas lacunas na aprendizagem, e isso foi realmente constatado pela análise dos dados apresentados na evolução do conhecimento químico.

4.3.3. Poluição da água

Nessa etapa, participaram da análise quinze estudantes dos dezoito envolvidos na pesquisa como um todo, pois três estudantes não responderam aos instrumentos de coleta de dados iniciais ou aos finais. As categorias para a análise da segunda parte da intervenção são semelhantes às da primeira parte, porém com as subcategorias são diferentes, criadas a partir do que foi desenvolvido.

1. Construção do conhecimento por resolução de problemas: construção do conhecimento a respeito da eletrofloculação; construção do conhecimento de tratamento de efluentes.

2. Evolução do conhecimento químico: Evolução do conhecimento de reações redox; Evolução do conhecimento de tratamento de efluentes;

3. Evolução de aspectos de consciência ambiental

4. Consideração dos estudantes a respeito da proposta

4.3.3.1. *Construção do conhecimento por resolução de problemas*

Para esta categoria, as subcategorias estão de acordo com a sequência didática desenvolvida, descrita no capítulo 3 (item 3.2.3.3).

a) Construção do conhecimento a respeito da eletrofloculação;

Para a realização dessa atividade os estudantes foram divididos em três grandes grupos. No item 3.2.3.3 do capítulo 3, apresentamos a atividade desenvolvida pelos estudantes, denominada “desafio 2”. Nesta atividades exploramos os três níveis de representação da matéria, onde o macroscópico ocorreu com a realização da atividade experimental de descontaminação da água por eletrofloculação, o nível simbólico foi realizado com a demonstração da reação química envolvida no experimento, e por fim, o nível, submicroscópico, onde os estudantes demonstraram como ocorreu a reação utilizando de modelos construídos com bola de isopor, palitos, e massa de modelar, depois deveriam ser representado no papel.

Para a análise dessa atividade, obtivemos as respostas escritas fornecidas pelos estudantes e também gravação de vídeo da explicação apresentada pelo grupo. A seguir descrevemos as respostas obtidas pelos grupos.

Na Figura 76, apresentamos a resposta fornecida pelo grupo GA. Primeiro, eles descrevem suas observações do experimento realizado. Após, eles analisaram as informações fornecidas para representar a reação em nível simbólico. Verificamos que eles conseguiram representar corretamente. Depois eles calcularam a diferença de potencial, ddp, corretamente e finalizando representaram em “desenho”, como aconteceu a reação, também de forma correta.

Figura 76 - Resposta fornecida pelo GA



Fonte: Autores

Os integrantes do grupo deveriam explicar a reação, vejamos como eles explicaram:

E15: O ferro tem 26 elétrons. E tem a molécula de água.

E9: Duas moléculas de água

E15: O ferro tá como uma substancia simples, como se diz...

E9: Ele tá neutro

E15: É ele tá neutro. E quando acontece a reação ele perde dois elétrons, e se liga com um oxigênio e hidrogênio de cada molécula de água.

E9: E os dois hidrogênios, que ganharam os elétrons se juntam.

E15: E os dois elétrons que eram do ferro passam a ser do hidrogênio.

Pesquisadora: Exato. Então quem oxidou?

E9 e E15: O ferro

Pesquisadora Por que?

E15: Porque ele perdeu dois elétrons

Pesquisadora E quem reduziu?

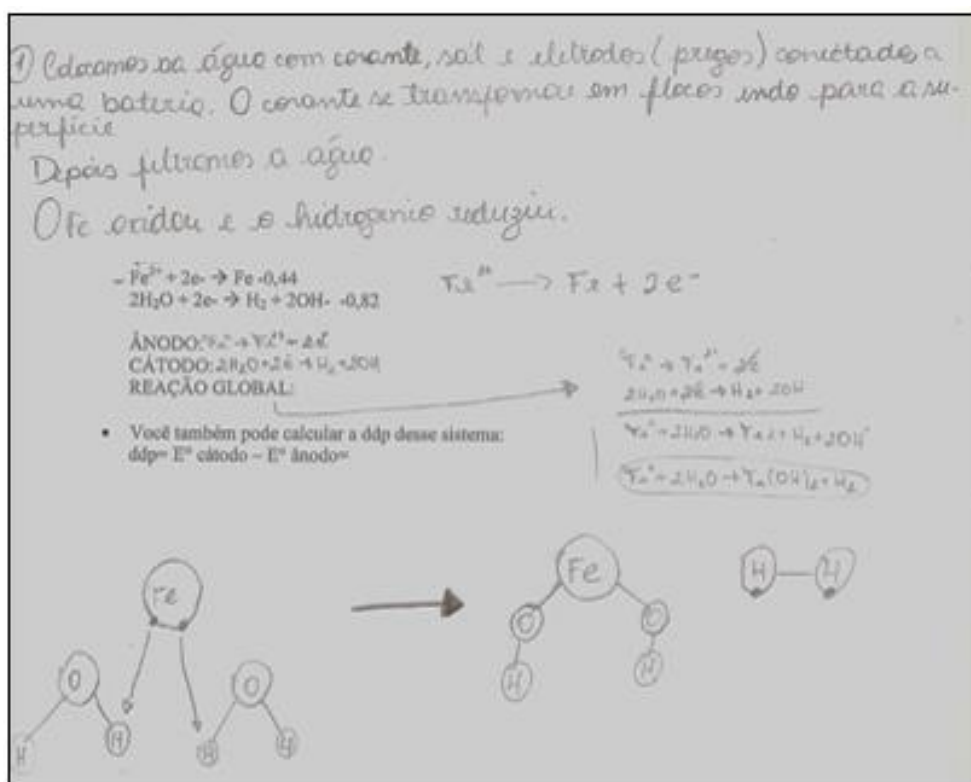
E9 e E15: O hidrogênio

Pesquisadora: Por que?

E9 e E15: Recebeu dois elétrons
Professora: Muito bem!

As respostas fornecidas pelo grupo GB, estão demonstradas na Figura 77. Assim como o outro grupo, primeiramente eles anotaram suas observações sobre a prática experimental, em seguida representaram a reação pelo nível simbólico e após “desenharam” como ocorreu a reação.

Figura 77 - Resposta fornecida pelo GB



Fonte: Autores

Percebemos que o grupo também respondeu corretamente aos questionamentos do desafio. Vejamos como foi a explicação deste grupo:

E10: Temos duas moléculas de água, H_2O .

E3: E uma de ferro

E10: Ai o ferro vai perder dois elétrons

E13: E vai dar para cada hidrogênio

E10: É.

E13: De cada molécula

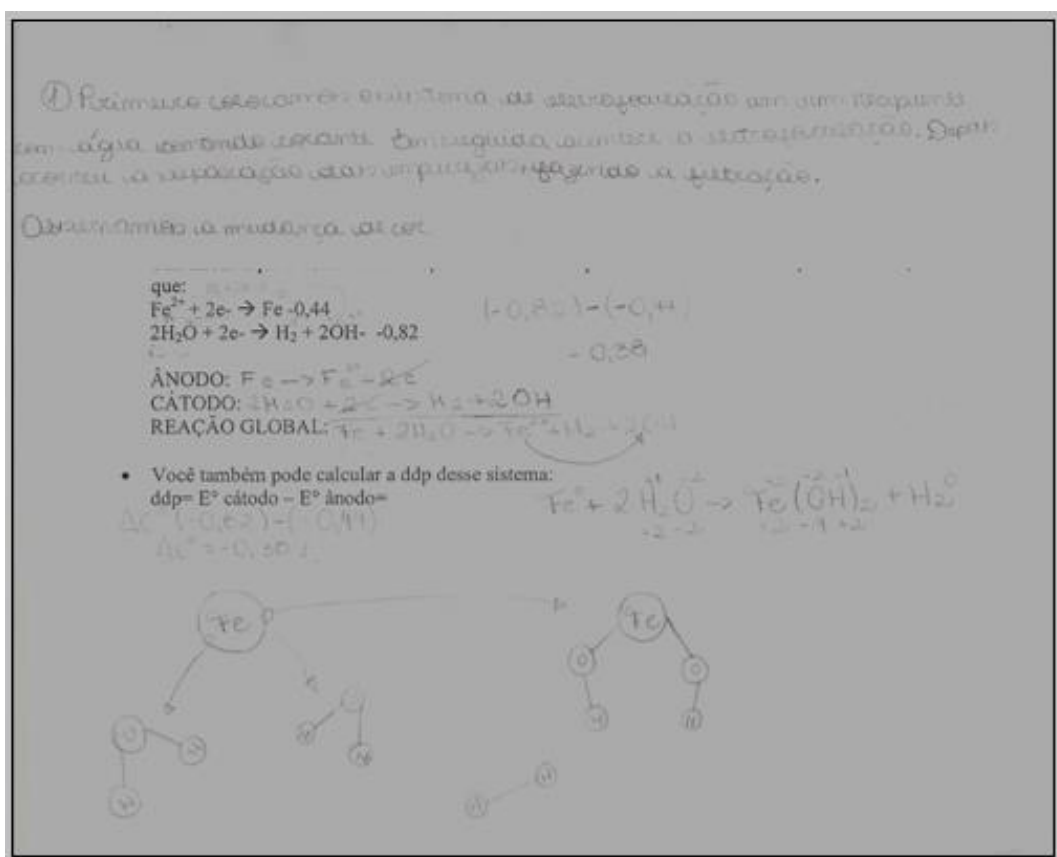
E10: Aí, sai os hidrogênios que ganharam os elétrons, e o resto se junta com o ferro.

E aí os hidrogênios vão querer compartilhar e vão se unir. É isso.

Pesquisadora: Muito bem.

Por fim, na Figura 78, temos a resposta do grupo GC. Este grupo também respondeu corretamente os questionamentos.

Figura 78 - Resposta fornecida pelo GC



Fonte: Autores

Analisaremos agora sua explicação:

E17: O ferro como perdeu elétrons passa para o hidrogênio

E6: é ele passa para o hidrogênio

Professora: Qual hidrogênio?

E6: um elétron para um hidrogênio de cada molécula de água

Pesquisadora e agora?

E17: e agora não sei

E14: calma, a gente consegue

E17: Ah, o ferro liga com o oxigênio e o outro hidrogênio, que não recebeu o elétron.

E o hidrogênio de cada molécula de água que recebeu o elétrons sai e eles se ligam.

Professora: Isso, muito bem. Então quem oxidou:

Estudantes em coro: O ferro

Pesquisadora: E quem reduziu?

Estudantes em coro: O hidrogênio

De maneira geral, os alunos foram participativos e empenharam-se para resolver a atividade. Pelas respostas escritas e as explicações fornecidas percebemos que os estudantes conseguiram resolver a atividade de forma satisfatória. Todos conseguiram explicar e demonstrar utilizando a modelagem, cada grupo com a sua interpretação. O grupo G3 teve um pouco mais de dificuldade ao se expressar, mas, mesmo assim, conseguiu realizar a atividade.

Para Mozzer, Queiroz e Justi (2007) a modelagem é uma alternativa que valoriza o conhecimento dos estudantes e a compreensão do significado dos conteúdos. A utilização da modelagem e da atividade experimental auxiliou na interpretação do fenômeno em estudo, permitindo estes estudantes transitarem entre os três níveis de ensino, macroscópico, submicroscópico e simbólico. A Figura 79 mostra os alunos realizando a explicação.

Figura 79 - Alunos demonstrando a reação



Fonte: Autores

Destacamos também o trabalho em grupo desenvolvido, além da motivação dos estudantes em realizar a atividade. Assim, acreditamos que essa atividade foi fundamental para a construção do conhecimento sobre o tratamento físico-químico de efluentes, a eletrofloculação, que envolve uma reação redox, visualizada na prática. Como mencionado por Jófili (2002), o construtivismo implica que o conhecimento é construído pelo aluno via interação com os objetos. Além disso, houve também a questão ambiental, tecnológica, econômica e social envolvida na atividade, visto que tratava-se da descontaminação de um rio poluído por uma industrial têxtil.

b) Construção do conhecimento de tratamento de efluentes

Para a construção do conhecimento da parte 2, sobre tratamento de efluentes, os estudantes receberam o desafio apresentado no Quadro 37, logo em seguida estão as respostas fornecidas por cada grupo.

Quadro 37 - Desafio e respostas fornecidas pelos grupos

(continua)

DESAFIO 4	
<p>Lembra da Solange? Aquela moça administradora que lhes pediu ajudar para descobrir como funcionava os tratamentos de efluentes, visto que ela necessitava de um plano ambiental para poder abrir suas indústria. Pois bem, vocês pesquisaram e lhe derem uma resposta, explicando os dois tipos de processos, biológico e físico-químico. Agora, retomamos ao problema de Solange:</p> <p><i>Estou querendo abrir uma indústria têxtil, mas fui recomendada a criar um plano de controle ambiental, somente após isso poderei por minha indústria em funcionamento. Entendo apenas de administração, e por isso peço a ajuda de você.</i></p> <p>Agora que você já estudou os processos de tratamentos de efluentes, e sabendo que a sua indústria de Solange é uma indústria têxtil, qual dos tipos de processo, biológico ou físico-químico, você indicaria para Solange? Explique detalhadamente porquê de sua escolha, deixando claro por que o processo que você indica seria a melhor escolha, e porque o outro processo não seria adequado.</p> <p>Obs.: Se sua escolha for biológico, indique qual dos processos biológicos, e se for físico-químico indique que tipo de processo poderia ser utilizado.</p>	
GRUPO	RESPOSTA
G1	Nós indicaríamos o processo físico-químico usando o recurso da eletrofloculação, pois é uma forma de transformar moléculas indesejáveis em moléculas menos tóxicas. Esse processo transforma as impurezas em moléculas maiores levando-as a superfície para depois serem filtradas. O processo biológico não é indicado já que pode apresentar substâncias tóxicas em maior quantidade.
G2	Nos indicaríamos o processo físico-químico porque em uma indústria têxtil utilizam-se corantes que é prejudicial ao meio ambiente. O processo físico-químico que é composto pela: coagulação, floculação, decantação, flotação, separação por membranas, adsorção e oxidação química. A oxidação química sob a ótica do tratamento de efluentes é uma forma de transformar moléculas ambientalmente indesejáveis em outras moléculas menos tóxicas. A oxidação química é um processo pelo qual os elétrons são removidos de uma substância ou elemento, aumentando seu estado de oxidação. O processo biológico não foi escolhido pois ele não é suficiente para eliminar os corantes, pois ele só é dividido em dois grupos que não são capazes de constitui uma indústria têxtil.
G3	Nós indicaríamos o processo físico-químicos pelo fato dele ser mais ágil em transformar moléculas indesejáveis em outras menos tóxicas. Não indicamos o

(conclusão)

	processo biológico por ele é capazes de realizar uma série de reações químicas ainda não imitadas pelo homem moderno.
G4	Biológico: Aeróbico- Degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio molecular.
G5	Nós escolhemos o processo biológico por que apresentam micro-organismo, que são capazes de realizar uma série de reações químicas. E é dividida em dois grupos, aeróbico e anaeróbico. Não escolhemos o processo físico-químico porque a oxidação pode ser completa ou parcial, porque nem sempre se pode garantir que o subproduto será menos tóxico.
G6	Físico-químico por que ele separa o corante da água, transformando o corante em flocos. O biológico não é adequado porque não solucionaria o problema porque utiliza micro-organismos que não separam o corante da água.

Fonte: Autores

Por meio das respostas, verificamos que os grupos G4 e G5 indicaram o processo biológico, que não é o adequado para essa situação. O G4 não explica porque de sua escolha. O G5 justifica sua resposta optando por um processo que ao entender deles seria ideal por não formar subprodutos.

Os demais grupos indicaram o processo físico-químico, os grupos G6 e G2, forneceram boas justificativas tanto pela escolha do processo físico-químico quanto na justificativa porque não deve ser o processo biológico. Já os grupos G1 e G3, justificaram bem a escolha do processo físico-químico, mas não conseguiram expressar-se adequadamente quando responderam porque não deveria ser o processo biológico.

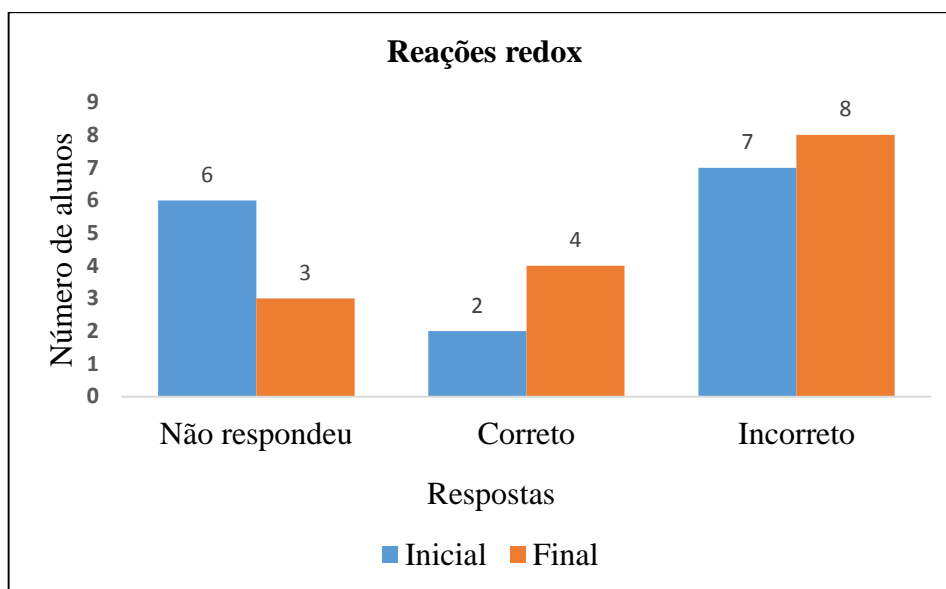
Dessa forma, a resolução da atividade foi satisfatória por colocar os estudantes frente a um desafio para resolver um problema que poderia ser real, onde tiveram que expressar suas opiniões na escolha de um processo adequado utilizando de conhecimento científico e também tecnológico. Acreditamos que essa atividade foi muito importante na formação de um cidadão crítico e cientificamente alfabetizado.

4.3.3.2. *Evolução do conhecimento químico*

a) Evolução do conhecimento das reações redox

Nesta subcategoria averiguamos a evolução do conhecimento quanto as reações orgânicas de oxirredução, com exemplo de um reação envolvida no processo de tratamento de efluentes. Para facilitar a análise, construímos um gráfico (Figura 80), com as respostas obtidas no questionário inicial (Q4) e final (Q5) dessa parte das intervenções.

Figura 80 - Número de estudantes que respondeu correta ou incorretamente a questão sobre as reações orgânicas redox



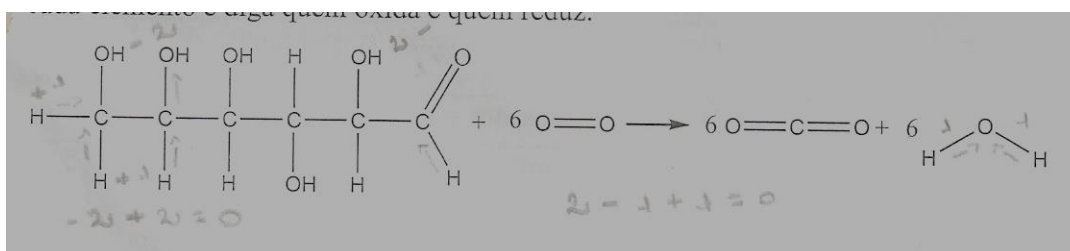
Fonte: Autores

Pelo gráfico observamos a dificuldade em resolver a questão que foi colocada de maneira um pouco diferente nos dois questionários. Analisando o gráfico, observamos um maior número de erros no Q4 do que no Q3. No Q3 muitos nem chegaram a responder a questão. Apenas quatro estudantes conseguiram responder completamente a questão. Porém, salienta-se que são estudantes da segunda série do ensino médio e que não tiveram ainda nenhum contato com a química orgânica. Outro fator, que provavelmente tenha contribuído para esse resultado, é o tempo disponibilizado para essa parte da intervenção que foi bem menor, devido ao período de greve na escola.

Mesmo assim, evidenciamos como positiva a evolução obtida pelos estudantes, mesmo que muitos não tenham conseguido responder totalmente a questão, mas demonstraram empenho na sua realização e entendimento parcial. Vejamos alguns exemplos.

O estudante E4, no questionário inicial forneceu uma resposta totalmente errônea, ao dizer que a água reduz por receber mais número de substância e que o O_2 se oxida a CO_2 , por diminuir o número de substâncias. No questionário final, apesar de não responder corretamente, percebemos uma tentativa em responder e demonstrar com algumas flechas, sinalizando para onde os elétrons estão sendo atraídos (Figura 81). Também há uma tentativa de adicionar o NOX para átomos de hidrogênio e oxigênio.

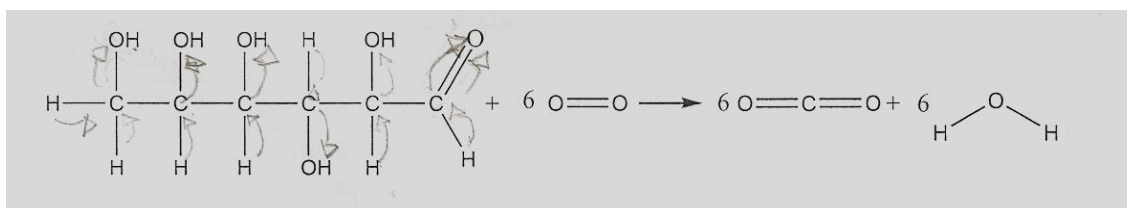
Figura 81 - Resposta fornecida pelo E4 no questionário final



Fonte: Autores

Outro exemplo é a representação do estudante E5. No questionário inicial ele disse não saber, ao final ele demonstrou através das flechas (Figura 82) corretamente, mas não consegue atribuir o NOX.

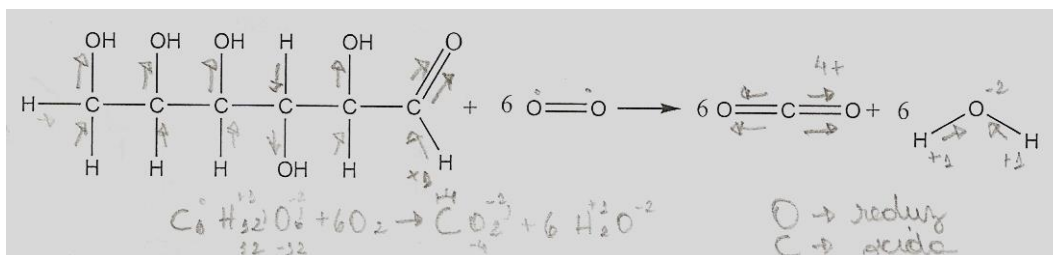
Figura 82 - Resposta fornecida pelo E5 no questionário final



Fonte: Autores

O estudante E13, também inicialmente disse não saber, depois representa (Figura 83) através de flechas corretamente a atração dos elétrons pelos átomos mais eletronegativos, e também responde corretamente que o Oxigênio reduz e o Carbono oxida. Este estudante determina o NOX médio do carbono.

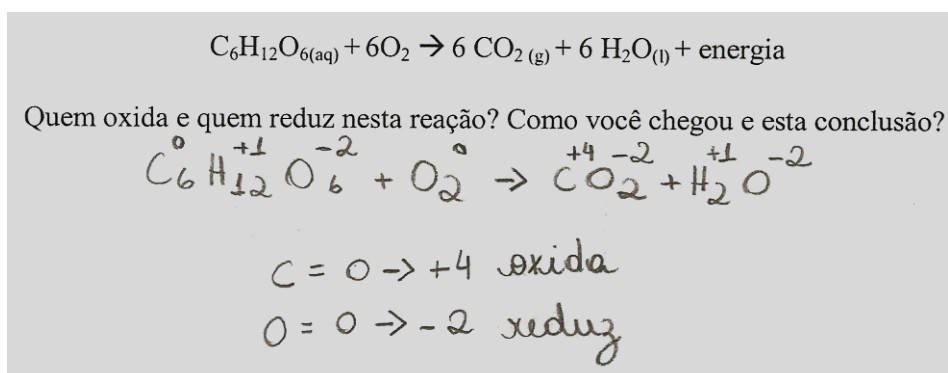
Figura 83 - Resposta fornecida pelo E13 no questionário final



Fonte: Autores

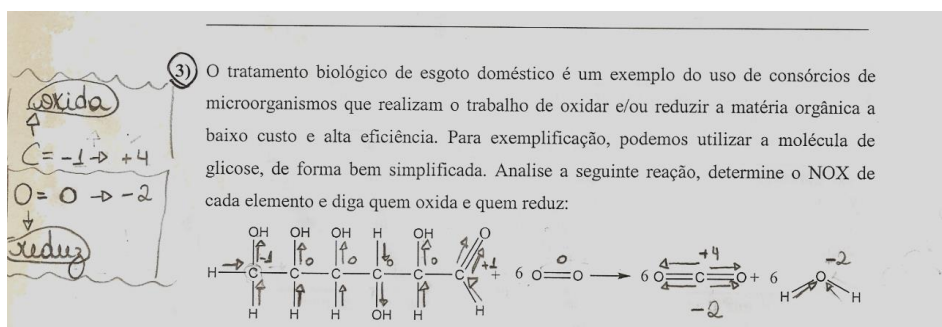
Outro exemplo de resposta correta é a fornecida pelo E15, que no início, como podemos observar na Figura 84 já soube determinar o NOX médio e respondeu corretamente a questão, e, ao final (Figura 85), novamente responde corretamente e demonstra a atração de elétrons pelos átomos mais eletronegativos, além de demonstrar corretamente o NOX de cada átomo de carbono da molécula.

Figura 84 - Resposta fornecida pelo E15 no questionário inicial



Fonte: Autores

Figura 85 - Resposta fornecida pelo E15 no questionário final



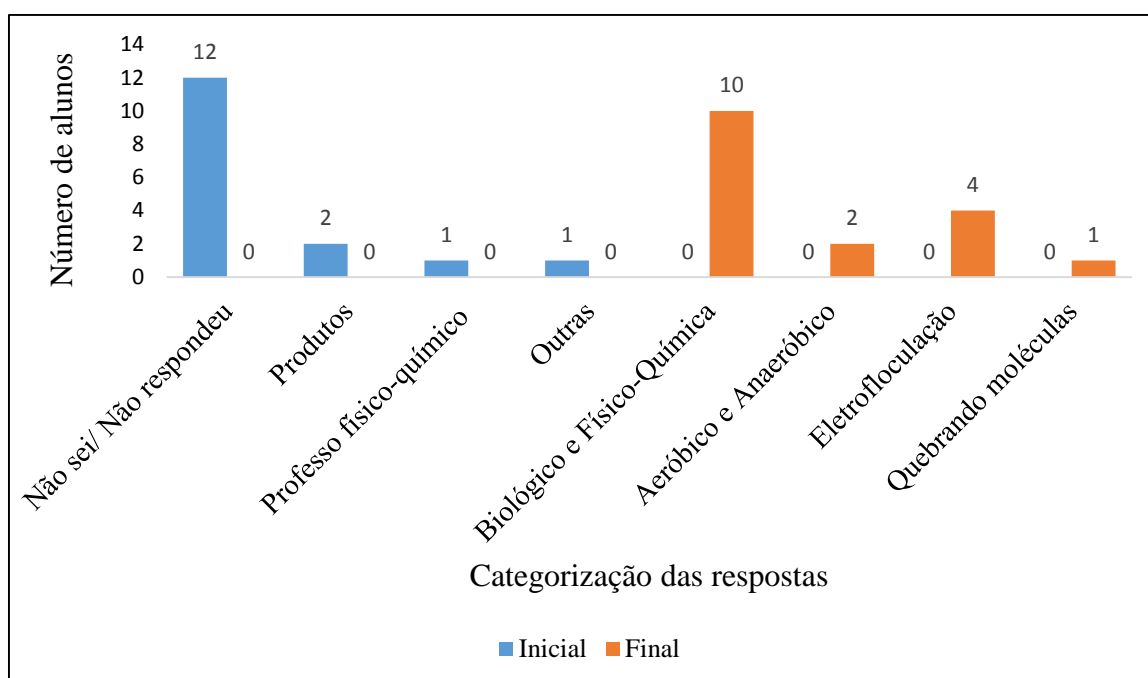
Fonte: Autores

Desta forma, acreditamos que a parte do conteúdo referente as reações talvez devesse ser explorada mais um pouco para concretizar o conhecimento daqueles estudantes que ainda não conseguiram compreender corretamente esse processo. Porém, salientamos novamente que houve uma evolução conceitual, mesmo que pequena.

b) Evolução do conhecimento de tratamento de efluentes

Quanto ao conhecimento sobre tratamento de efluentes, nos dois questionários, os estudantes foram questionados sobre como ocorre o tratamento de efluentes. Reunimos as resposta na forma de gráfico apresentado na Figura 86. Percebemos pelas respostas iniciais que a maioria não sabia responder, já no questionário final citam os dois tipos de tratamento físico-químico e biológico, alguns ainda citam o processo de eletrofloculação (físico-químico), e dois citam os processos aeróbicos e anaeróbicos, pertencentes ao processo biológico, um estudante ainda se refere como sendo um processo que quebra moléculas.

Figura 86 - Tratamento de efluentes: respostas iniciais e finais



Fonte: Autores

Vejam algumas respostas fornecidas ao início:

E5: No momento não sei como ocorre o tratamento de efluentes mas vou procurar saber.
E8: Não sei.
E14: Ainda não sei.
E6: Não sei.
E11: Não sei, mas seria interessante saber.

E a evolução das respostas destes mesmos estudantes no questionário final:

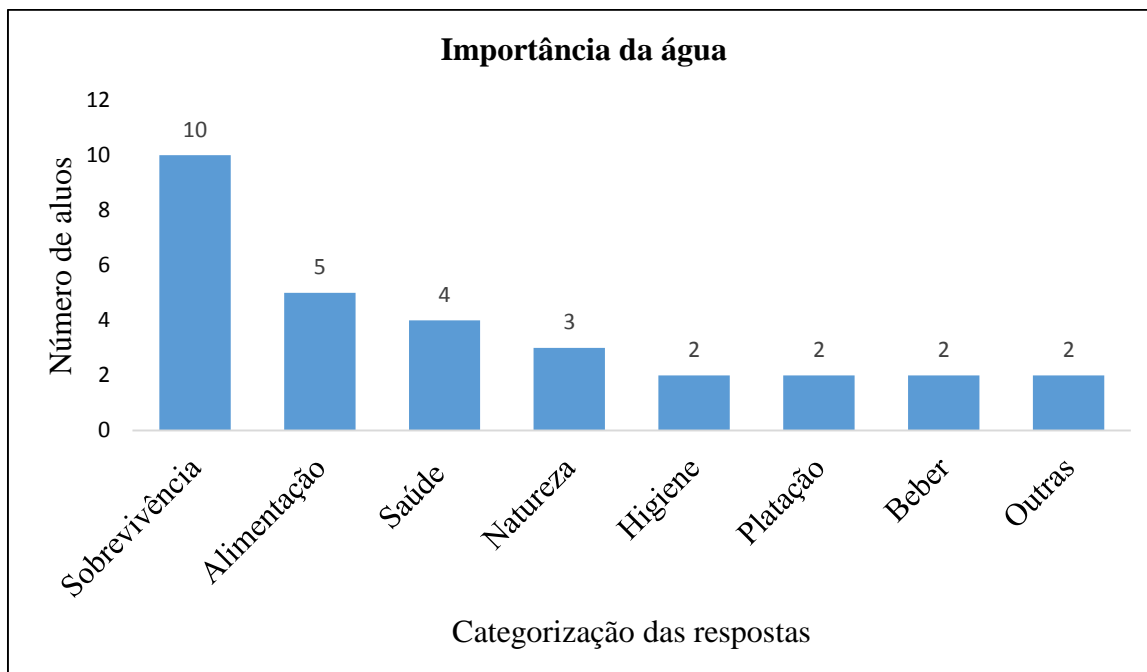
E5: O esgoto passa por processo quebrando as moléculas indesejáveis e limpando deixando o esgoto quase 100 por cento limpo.
E8: Podem Ser tratados pelo biológico e físico-químico.
E14: O tratamento de efluentes pode ocorrer com o biológico ou físico-químico (eletrofloculação: que faz com que as impurezas fiquem na superfície da água).
E6: O tratamento físico-químico que são divididos em quatro partes e uma delas é a floculação e também é usada algumas bactérias para comer alguns micro-organismos, o que ajuda muita no tratamento de efluentes. E também o tratamento biológico.
E11: Existem dois tipos de tratamentos, aeróbico e anaeróbico.

Podemos perceber que o processo de tratamento de efluentes era desconhecido dos estudantes ao início das atividades, e ao final foi mais um conhecimento adquirido. A importância de saber esses processos envolve questões ambientais, sociais e tecnológicas além de científicas, acrescentando-se dessa forma em nossa proposta.

4.3.3.3. *Concepções e evolução de aspectos ambientais*

Nessa categoria buscamos investigar alguns aspectos de consciência ambiental relacionados com a água e sua poluição. No questionário inicial, primeiramente buscamos saber qual a importância da água para os alunos, e as respostas foram categorizadas e dispostas na Figura 87.

Figura 87 - Importância da água para os estudantes



Fonte: Autores

Selecionamos algumas das respostas dos estudantes para exemplificar:

E15: A importância é que a água hidrata nosso corpo e por meio dela também temos o nosso alimento. Acredito que sem água não existiria.

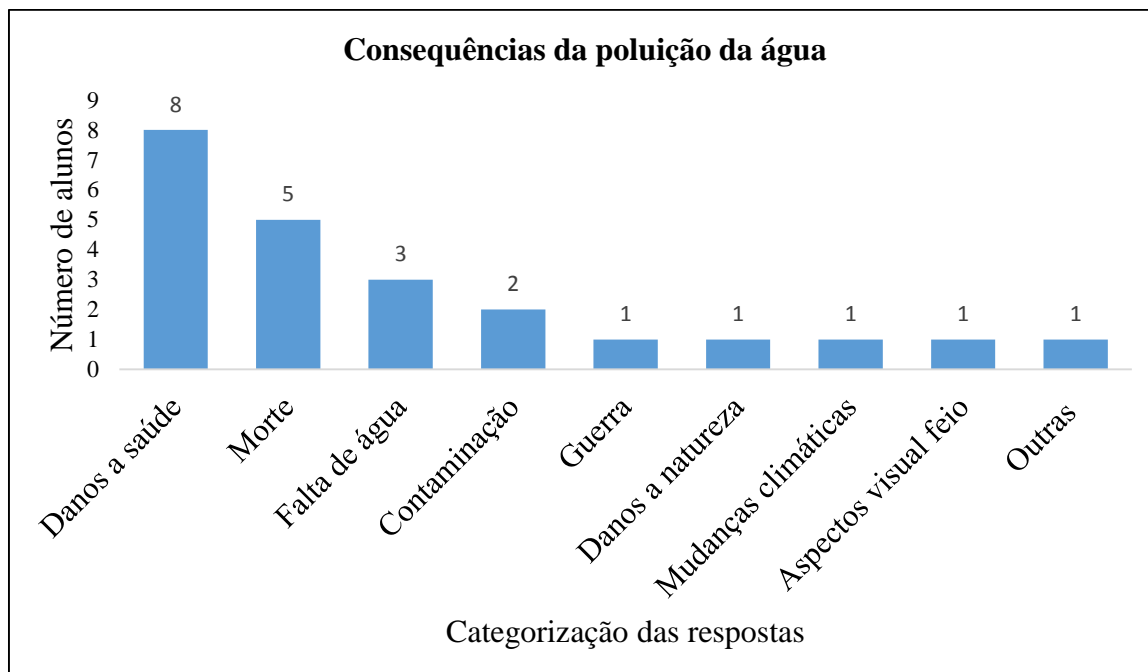
E5: A água tem uma grande importância para nós. Principalmente para a saúde quando bebemos, para lavar roupas, fazer comida...

E8: A importância da água é o que todos devemos saber porque a água está em tudo, tudo depende de água hoje em dia.

E10: Ela É Importante pois 70% do nosso corpo é composto por água.

Os estudantes demonstram uma consciência sobre a importância da água para suas vidas, de diferentes formas. Quando questionados sobre as consequências da poluição da água, também demonstraram saber a importância de se manter um controle sobre a poluição, e as drásticas consequências da poluição. As respostas foram categorizadas e são apresentadas na Figura 88.

Figura 88 - Consequências da poluição da água na visão dos estudantes



Fonte: Autores

Algumas respostas foram:

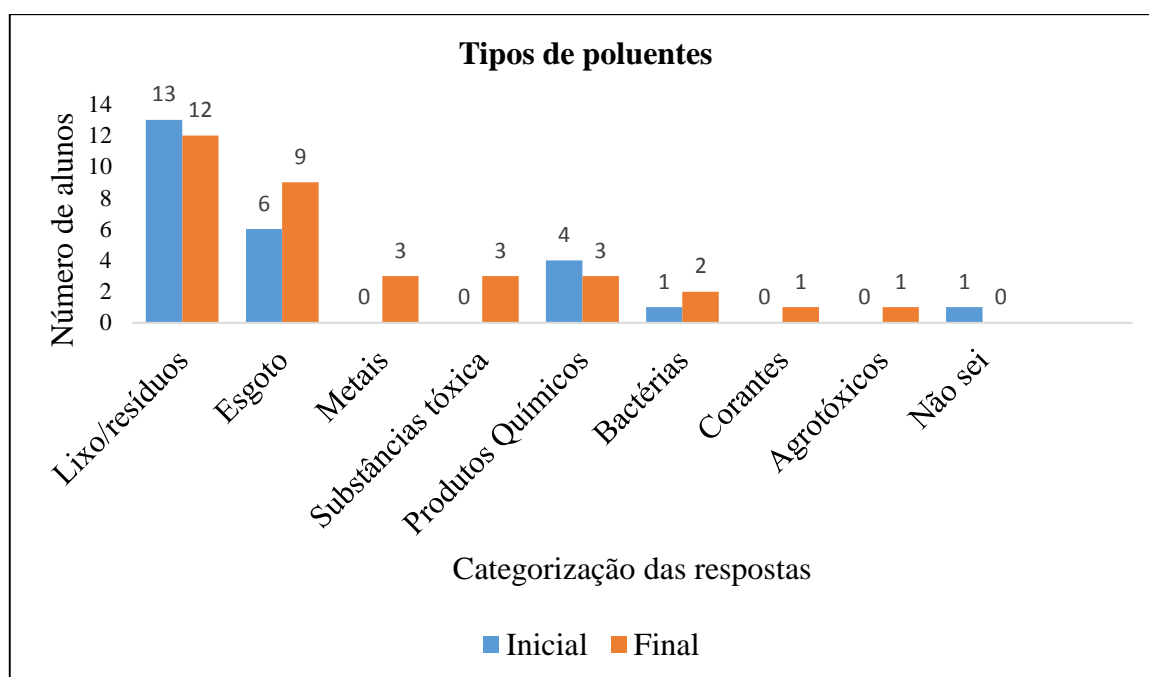
- E9: Consequências de malefícios para a sociedade e animais.
- E2: Países sem água, mortes e até mesmo guerras.
- E7: Acho que a maior consequência seria a morte, pois sem a água não poderíamos fazer a maioria das coisas. Que serve para nossa sobrevivência.
- E10: Pois com poluição há desperdício da água e morte das espécies marinhas.
- E4: Furacões, terremotos, temperaturas altas...

Também questionamos quanto aos hábitos que eles costumam ter com a utilização água: treze estudantes disseram economizar, três não jogar lixo e dois disseram não ter cuidados nenhum, como exemplos algumas respostas:

- E8: Sim, tento desperdiçar menos água possível porque pode fazer faltar água algum dia.
- E4: Não pois não tenho grandes reservas ao meu redor. Mas procuro economizar e juntar água da chuva.
- E15: Sim, quando vou escovar os dentes ou tomar banho desligo o chuveiro, reaproveito a água que sai da máquina para limpar a casa e tapetes.
- E2: Bom eu acho que não.

Buscando saber a importância e as consequências da poluição da água na visão dos estudantes, perguntamos nos dois questionários quais são os poluentes da água. Na Figura 89, estão a categorização obtida a partir das respostas obtidas nos dois questionários.

Figura 89 - Tipos de poluentes citados pelos estudantes no início e no fim dos questionários



Fonte: Autores

Observemos algumas fornecidas no questionário inicial:

- E9: Produtos tóxicos
- E8: Lixo, esgoto, móveis deixados, e etc...
- E6: Bactérias, lixo.
- E7: Lixos, coisas contaminadas

E agora as respostas do questionário final, fornecidas pelos mesmos estudantes:

- E9: Metais pesados, agrotóxicos, produtos de limpeza, lixo tóxico e esgoto.
- E8: Lixo jogado no chão, falta de tratamento de esgoto, falta de reciclagem.
- E6: Bactérias, lixo que as pessoas descartam de maneira incorreta.
- E7: Corantes, produtos químicos, esgoto, lixo.

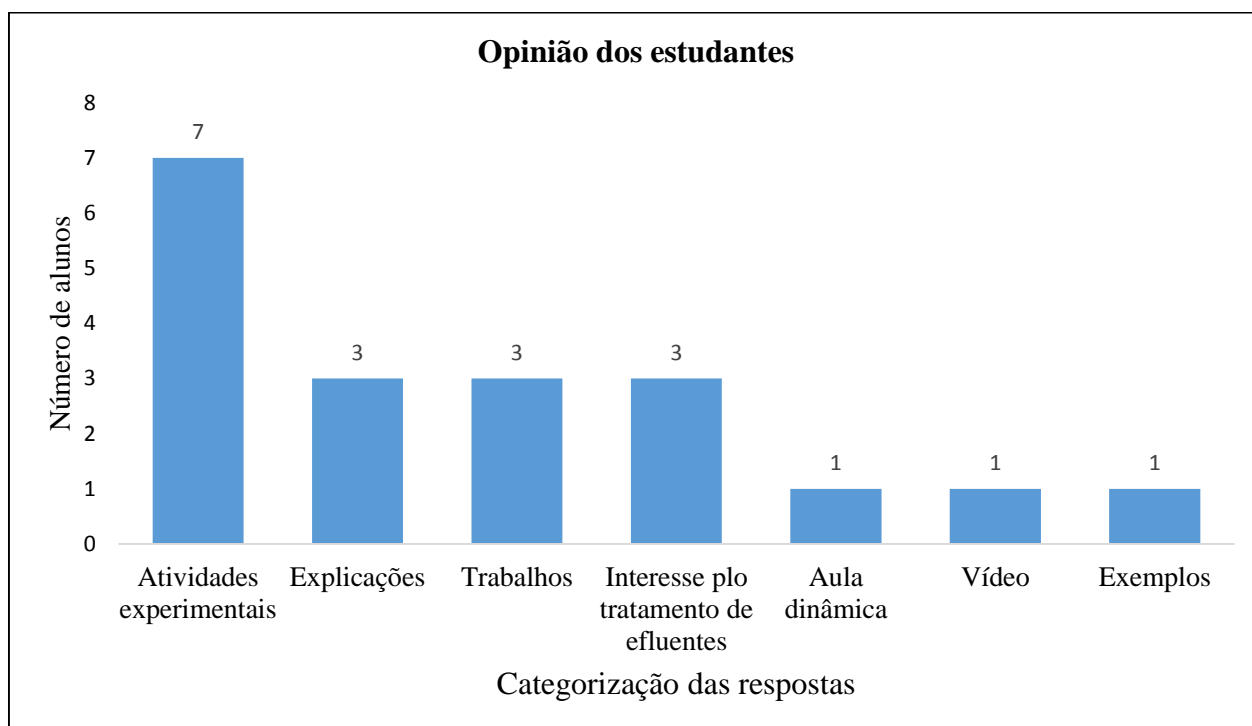
Verificamos com as respostas que, ao início, os estudantes apenas relacionavam lixo, esgoto e produtos químicos. Ao final, citaram também corantes, agrotóxicos, metais pesados e produtos de limpeza.

Essa visão sobre a importância, consequências e tipos de poluentes da água é importante para formar um cidadão ciente de seus atos com o meio ambiente.

4.3.3.4. Consideração dos estudantes a respeito da proposta

Os estudantes foram questionados a respeito da sua opinião sobre as atividades desenvolvidas para o estudo de reações de oxidação química em tratamento de efluentes e o que mais lhes ajudou no aprendizado. As respostas foram categorizadas e apresentadas na Figura 90.

Figura 90 - Opinião dos estudantes quanto a proposta desenvolvida



Fonte: Autores

Algumas respostas:

E8: As atividades fazem a aula mudar e sair de uma aula chata para uma aula mais dinâmica que envolve os alunos, o que me ajudou foram os problemas, mesmo sendo complicados são interessantes fazer.

E4: O método utilizado como vídeos, aulas práticas e a boa explicação fazem com que eu entenda melhor. O que mais me ajuda são as aulas práticas (porque aumentam meu interesse e curiosidade) e o fato de se nós não entendemos 20 vezes, você explica de novo e de novo. Obrigada.

E14: Achei muito legal as atividades desenvolvidas, foi uma maneira fazer algo prático e descobrir como realmente funciona. Me ajudou além do conhecimento a gostar mais de química.

E17: podemos entender melhor como ocorre o tratamento da água. Ajudou a ter mudança de comportamento nas minhas atitudes com o meio ambiente.

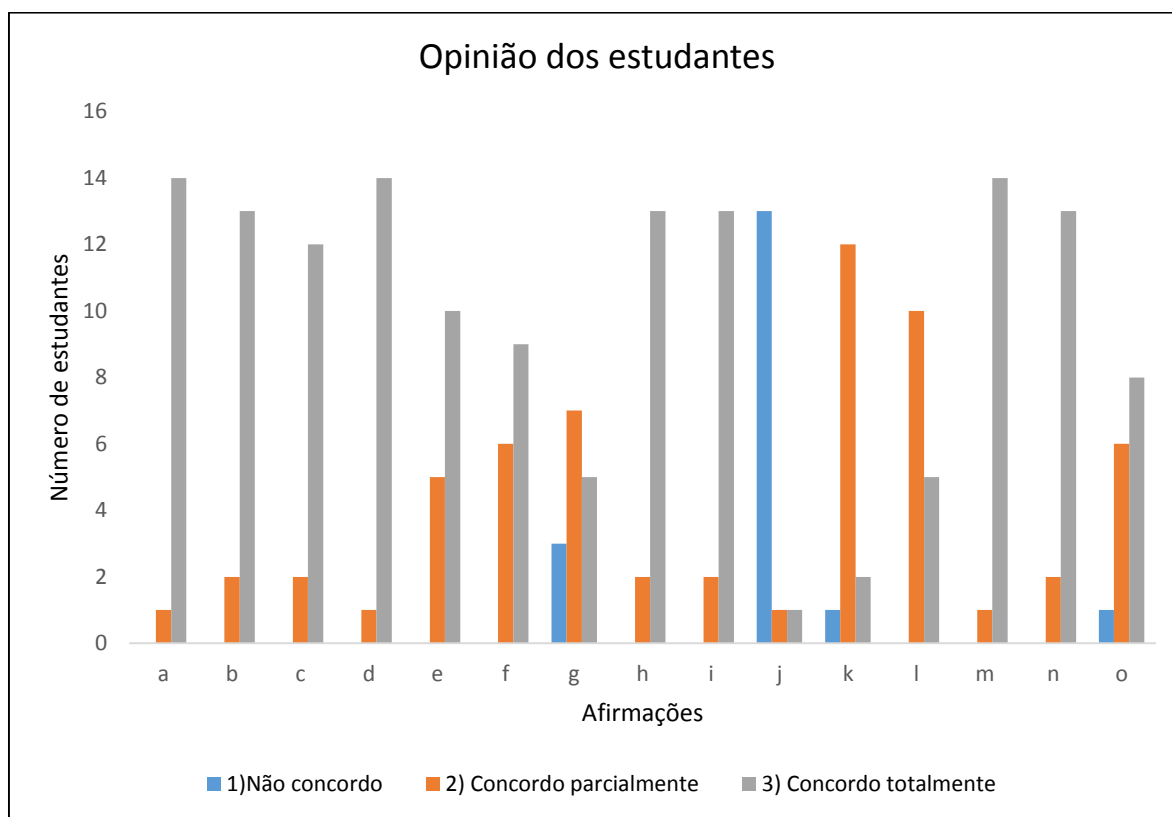
Assim, verificamos que os estudantes gostaram das atividades experimentais, dos trabalhos e sentiram interesse pelo assunto de tratamento de efluentes. Percebemos pelas respostas que eles se sentiram mais motivados. Salientamos a resposta do E17 que diz que as aulas ajudaram a ter uma mudança de comportamento com o meio ambiente.

Além disso e de forma semelhante ao Q2, solicitamos aos estudantes que emitissem sua opinião a respeito das atividades desenvolvidas, a partir de afirmações em que os estudantes assinalavam entre os valores 1) não concordo, 2) concordo parcialmente e 3) concordo totalmente, através das frases:

a) As aulas ajudaram no aprendizado de Química; b) As explicações foram boas; c) As aulas utilizaram de diferentes recursos que enriqueceram a aprendizagem d) As aulas tiveram importância que vai além do conhecimento químico; e) O trabalho em grupo ajudou na aprendizagem; f) Os desafios (problemas) realizados em aula forma desafiadores e auxiliaram no processo de aprendizagem; g) Os desafios eram muito complicados; h) A realização de atividades experimentais facilitou a aprendizagem; i) A atividade experimental foi motivadora; j) A atividade experimental foi interessante mas não contribuiu para aprendizagem; k) Você acredita que conseguiu entender as reações redox envolvidas no tratamento de efluentes; l) Você acredita que conseguiu entender como funciona o tratamento de efluentes; m) As discussões ambientais em relação a água foram importantes para uma mudança de comportamento em relação as minhas atitudes com o meio ambiente; n) Você achou importante conhecer o funcionamento do tratamento de efluentes ; o) Falar sobre tratamento de efluentes e poluição da água deixou o estudo de reações redox mais interessante.

Na Figura 91, apresentamos graficamente os resultados obtidos sobre a opinião dos alunos.

Figura 91 - Número e Opinião dos alunos quanto as afirmações



Fonte: Autores

Quanto as afirmações, a maioria concordou plenamente ou parcialmente com as afirmativas. Apenas na afirmativa j, que não concordaram pois esta expunha que as atividades experimentais não ajudaram no aprendizado. Dessa forma acreditamos que as atividades desenvolvidas auxiliaram na motivação dos estudantes o que colaborou no processo de aprendizagem.

4.3.4. Análise e discussões da atividade de produção textual final

Para analisar a produção textual, realizada através do mapa conceitual descrito no capítulo 3 (item 3.2.3.4), verificamos como se estabeleceram algumas relações entre palavras fornecidas no mapa conceitual que foi utilizado para construção do texto. Acreditamos que relacionar corretamente, fundamentando seu texto, utilizando os conhecimentos adquiridos em aula é tão importante quanto o número de palavras utilizadas para escrever o texto. Desta forma, criamos as seguintes categorias: relações pouco satisfatórias e relações satisfatórias.

De maneira geral, os textos construídos foram satisfatórios. Para dar um panorama geral, consideramos, dos 14 textos entregues, 5 muito bons, 4 bons e 5 razoáveis. Foram considerados muito bom, aqueles que conseguiram fazer boas relações com quase todas as palavras presentes no mapa; Bons aqueles que utilizaram um menor número de palavras mas as relações foram boas; e razoáveis, os que tiveram algumas relações confusas, ou escreveram utilizando poucas palavras do mapa.

São exemplos de relações pouco satisfatórias as respostas do Quadro 38.

Quadro 38 - Exemplos de relações insatisfatórias

E18	... físico-químico- que é do tipo eletrofloculação que tem processo de eletrólise. Tem também os corantes e a indústria têxtil. A eletrofloculação é para esgoto industrial.
E2	... a água é importante porque é indispensável a vida, devemos economizar e conscientizar. O esgoto deve passar por tratamento...
E4	... tipo físico-químico é a eletrofloculação, corantes e indústria têxtil.

Fonte: Autores

Percebemos que os estudantes E18 e E4, não conseguiram entender a relação entre o processo de eletrofloculação que pode ser utilizado na indústria têxtil para remoção de corantes. Estes estudantes apenas citaram o processo de eletrofloculação como físico-químico e citaram as palavras corantes e indústria têxtil sem relacioná-las. Já o estudante E12, diz que a água é importante e devemos economizar e conscientizar, palavras presentes no mapa, mas não diz quem e como devemos conscientizar.

No Quadro 39 são apresentados alguns exemplos de *relações satisfatórias*.

Quadro 39 - Exemplo de relações satisfatórias

(continua)

E15	As pilhas e baterias contêm metais pesados que são prejudiciais tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. Nelas são encontrados metais como: Cu, Li, Mn, Mg, Zn, Pb e Hg. Há várias definições para metais pesados, cujo, número atômico, massa atômica, peso atômico e densidade são elevados.
E9	As pilhas e baterias ao entrarem em lençóis de água são tóxicos. Elas funcionam através da oxirredução que utilizam transferência de elétrons. Nela tem oxidação e redução. Para ficar mais claro este assunto, vamos entender que: Oxidação: tem a perda de elétrons, na pilha isto é chamado de ânodo. Redução: tem o ganho de elétrons, na pilha é chamado de cátodo. Este processo é espontâneo.
E12	Á água indispensável para vida pode acabar. Cientes disso devemos primeiramente economiza-la e também procurar conscientizar ao máximo possível de pessoas sobre o assunto. Seus poluentes são lixo, metais pesados e o esgoto que pode ser doméstico

(conclusão)

	ou industrial. Estes devem passar por tratamento que pode ser biológico ou físico-químico. O tratamento físico-químico ocorre através da eletrofloculação (para corantes de industrial têxtil) em um processo de eletrólise, este necessita de energia vinda de pilhas e baterias, que realiza não espontaneamente reações de oxirredução.
E6	Para uma reação de oxirredução acontecer é preciso a transferência de elétrons. A oxidação ocorre com a perda de elétrons sendo assim é chamado de agente redutor. A redução ocorre com o ganho de elétrons e chamado de agente oxidante. Para solucionar o cálculo é preciso achar o NOX.

Fonte: Autores

Além disso, verificamos com os destaques no quadro, que os estudantes E6, E9, e E15, estabeleceram boas relações quanto as reações de oxirredução, sendo que o E15 conseguiu explicar os metais pesados componentes das pilhas e baterias com suas diferentes definições.

Dessa forma, acreditamos que os estudantes de maneira geral estabeleceram relações satisfatórias unido as duas partes das intervenções, poluição do solo e poluição da água, através da utilização do mapa. O mapa apresenta as palavras que só terão sentido quando forem bem relacionadas, pois um mapa conceitual de acordo com Moreira (2009) não é autoexplicativo.

Moreira (2009) também salienta que um mapa conceitual pode ser usado para demonstrar as relações significativas entre conceitos ensinados em uma unidade de estudo. Essa atividade final possibilitou aos estudantes unirem os conhecimentos adquiridos ao longo das intervenções e demonstrar as relações significativas através da produção textual.

4.3.5. Evolução a respeito das relações CTSA por parte dos estudantes

Nossa proposta foi realizar um trabalho com enfoque CTSA, visto a importância em se discutir as relações entre ciência-tecnologia-sociedade-ambiente para formação de estudantes críticos e cientes de suas ações e responsabilidades. Nossa ideia com a pesquisa não foi verificar se houve uma mudança na concepção dos estudantes a respeito das relações CTSA e sim utilizar o enfoque para a formação de cidadãos. Mas, procuramos, nesse espaço, estabelecer algumas relações que acreditamos ser importantes quanto uma evolução em aspectos CTSA por parte dos estudantes.

No questionário inicial (Apêndice 1) uma das questões versava sobre a influência da química para com as tecnologias e a sociedade. Como resultado, quatorze estudantes disseram que há relação, destes apenas dez justificaram. A seguir destacamos algumas das respostas dos estudantes que justificaram como enxergam essa relação.

E1- “Sim, tudo é Química ela exerce influência sobre as tecnologias e a sociedade, só não sei exatamente como”.

E7- “Acredito que sim, por meio de descobertas e pesquisa assim fazem as coisas evoluírem”.

E15- “Sim, acredito. Sem a Química não iríamos viver ex. remédios, quimioterapia. E sem a química não teríamos o avanço na medicina”.

E16- “Acredito. A química está presente constantemente no nosso dia a dia e com certeza sendo bem aplicada pode ajudar muito no desenvolvimento de tecnologias e na saúde da sociedade”.

Com isso, verificamos que a maioria percebe que existe uma relação entre ciência, tecnologia e sociedade, mas pelas respostas percebemos que pouco conseguem identificar como essa relação acontece.

Outro questionamento foi sobre a relação entre química e questões ambientais, como a poluição, seis disseram não saber, oito associaram apenas a química como prejudicial ao meio ambiente e apenas dois buscaram aspectos da química a favor do meio ambiente. Vejamos algumas respostas:

E1- Pela poluição do ar com a fumaça dos carros, os gases, substâncias que maltratam o meio ambiente

E3- Tem muitos elementos que são prejudiciais para o meio ambiente, assim, como tem os que ajudam a preservá-lo.

E6- Com certeza, mas aulas de química sempre somos alertados para cuidar do meio ambiente

E10- Com o descarte errado de materiais químicos, etc.

E15- Gás de automóveis, fábricas, etc.

E17- Por algumas substâncias químicas que podem prejudicar o ambiente e até nós mesmos

Percebemos a pouca relação estabelecida entre aspectos científicos e ambientais, que acabam envolvendo de forma indireta questões tecnológicas e sociais, estas que foram pouco mencionadas pelos estudantes.

A partir disso, acreditamos que no início da aplicação, os estudantes não percebiam as relações estabelecidas entre CTSA. Ao final das intervenções algumas respostas, fornecidas nos questionários, nos permitiram identificar um avanço nesse sentido, como:

E4: É importante mudar o comportamento, porque somos nós que vivemos neste ambiente e as vezes prejudicamos. Então eu pretendo mudar porque essa mudança é importante para a natureza.

E15: Com o conhecimento adquirido e as causas que podem ocorrer no meio ambiente, seria impossível não mudar meu comportamento.

E5: Sobre as pilhas por exemplo, era um assunto muito importante, mas eu não fazia ideia dos danos causados no meio ambiente e para nossa saúde.

E6: Se fosse antigamente, o máximo que eu iria fazer é colocar no lixo comum, mas agora que sei que elas prejudicam o meio ambiente e podem ser recicladas, eu pegaria a pilha e entregaria para o processo de reciclagem.

E6: Comento com a minha família sobre as aulas e sempre tento economizar água no máximo possível, não colocar as pilhas e baterias em lixo comum, colocar lixo sempre no lixo.

As respostas evidenciam as mudanças comportamentais relacionadas a cidadania. Como destacado por Auler (2007), os principais objetivos da educação CTS são, entre outros: promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais; adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico; formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados capazes de tomar decisões informadas.

Com isso, acreditamos que as discussões CTSA estabelecidas em aula tenham permitido aos estudantes se considerarem como cidadãos importantes para a evolução da sociedade, cientes de seus atos e capazes de discutir questões sociais.

CAPÍTULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa foi uma pesquisa em educação química para melhorar o processo de ensino e aprendizagem, utilizando da prática e reflexão da mesma. Buscou-se favorecer a construção do processo de ensino e aprendizagem de estudantes de nível médio, do conteúdo de reações redox. Partindo-se do questionamento inicial: **Como a temática “Poluição”, considerada em duas perspectivas, poluição do solo e poluição da água, sob um enfoque CTSA, pode favorecer a construção do processo de ensino aprendizagem do conteúdo de reações redox para estudantes de nível médio?**

Nessa perspectiva, primeiramente diferenciamos os significados atribuídos aos termos envolvidos nas reações redox, em vista de suas diversas abordagens. Assim reunimos um referencial sobre o conteúdo a ser desenvolvido, que poderá ser utilizados por professores que desenvolverão esse conteúdo e sala de aula.

Também verificamos como as reações redox são abordadas por pesquisadores da área, com enfoque no ensino médio, utilizando para isso de um levantamento bibliográfico e uma análise dos artigos publicados na revista QNEsc, onde encontramos uma diversidade de assuntos e possibilidades para desenvolver esses conteúdo, uma preocupação na realização de práticas experimentais e um ensino contextualizado, ainda com enfoque, em sua maioria, puramente científico e ainda averiguamos a necessidade de aprofundar as discussões teóricas a respeito das reações redox.

A partir disso, desenvolvemos uma maneira para abordar as reações de oxirredução, tanto na química inorgânica como na química orgânica, em nível médio, que foram avaliadas por meio das intervenções realizadas em sala de aula. Com a análise das intervenções, verificamos que a temática favorece o processo de aprendizagem quando desenvolvida através de diferentes metodologias, como a resolução de problemas e atividades experimentais, que envolvem os estudantes e permite que interajam com seus colegas bem como possam construir sua aprendizagem de forma crítica, associando seus atos como consequência para a sociedade em que vivem.

A resolução de problemas sobre pilhas e baterias foi importante para a construção do conhecimento das reações redox por parte dos estudantes. Nessa atividade, os estudantes conseguiram demonstrar a reação em nível molecular, resultado da explicação utilizando o modelo atômico através da modelagem. Concluímos que o desenvolvimento da nossa proposta facilitou a aprendizagem das reações redox. Como mencionado por Jófili (2002), o construtivismo, de uma forma ampla, implica que o conhecimento é construído ativamente pelo

aluno via interação como os objetos. Além da resolução de problemas, as atividades experimentais também foram fundamentais para construção da aprendizagem, pois foram motivadoras e desafiadoras.

Os problemas referentes a segunda parte sobre o tratamento de efluentes também foram importantes para a construção do conhecimento, mas principalmente, tornaram-se ferramentas que possibilitaram aos estudantes um posicionamento crítico que necessitada do conhecimento científico para sua resolução.

Os questionários aplicados *a priori* e *a posteriori* nos permitiram avaliar e validar a sequência desenvolvida para explicar as reações redox. Constatamos uma evolução conceitual satisfatória, através das comparações com os questionários iniciais, que demonstraram os conhecimentos prévios, e os questionários aplicados depois das intervenções. Ainda restaram algumas dificuldades no entendimento das reações orgânicas, visto que foi o primeiro contato desses alunos com esse tipo de reação. Outro fator pode ter sido o menor tempo disponibilizado para trabalhar a parte 2, em comparação a parte 1, isso porque enfrentamos um período de greve escolar.

Dessa forma, acreditamos ter contribuído para a aprendizagem das reações redox dos estudantes de nível médio, sujeitos dessa pesquisa. Mas também, esperamos que os atividades descritas neste trabalho venham a ser utilizadas por outros professores, facilitando o ensino desse conteúdo, atingindo dessa forma, uma população maior de estudantes, para que nossa contribuição com relação ao assunto trabalhado seja maior.

Neste trabalho utilizamos da temática “Poluição” e recentemente o Brasil passou por um desastre ambiental e ainda vem sofrendo com as consequências. No dia 5 de novembro de 2015 o distrito de Bento Rodrigues, em Mariana, MG, foi atingido por uma lama tóxica, proveniente dos rejeitos da Samarco mineração, contendo metais pesados. De acordo com uma notícia publicada no site Aracruz, por Josimar Silva, no dia 14 de novembro de 2015, o biólogo André Ruschi, afirma que, para ele, este é o maior desastre ambiental que já sofremos. Para o biólogo, bilhões a lama tóxica, que contém metais pesados podem atingir de 3 a 10 km de área a cada margem do Rio Doce. Dependendo da quantidade de chuva, o lençol freático pode ser atingido tornando toda água da região imprópria para consumo. Essa é apenas uma das consequências salientas pelo biólogo das que ainda podem ser mais devastadoras.

Destacamos esse acontecido nesse momento, pelo fato de ser um assunto que os estudantes dessa pesquisa são capazes de discutir e entender as dimensões, uma vez que durante as aulas tratamos com os metais pesados e suas sérias consequências ambientais. Desse modo, procuramos demonstrar a relevância do trabalho desenvolvido. Todos devem ter acesso ao

conhecimento e entender as consequências que situações como essas podem causar, para que no máximo possível seja evitado. Além da aprendizagem do conteúdo de reações redox, acreditamos ter contribuído para a formação cidadã dos participantes da pesquisa, proveniente do enfoque CTSA realizado.

Dessa forma, esse enfoque permitiu uma abordagem além de apenas conceitos científicos, pois durante as intervenções dessa pesquisa em sala de aula, promovemos discussões tecnológicas e ambientais, e também sobre nosso papel como cidadãos. Essas relações entre CTSA são fundamentais para a formação de cidadãos críticos, pois assim como relataram Santos e Mortimer (2009), esse enfoque é o caminho para a construção de um letramento científico e tecnológico que beneficie a formação de cidadãos capazes de agir em relação a temas que abranjam aspectos sociocientíficos. O enfoque CTSA realizado foi possibilitado pela utilização da temática “Poluição”. A utilização de temáticas por si só já representa uma ferramenta importante para o ensino, pois abordar temas no ensino é um orientação dos PCNs, mas a temática “Poluição” surge como um tema social e controverso capaz de levantar questões sociocientíficas e ambientais.

Gostaríamos de salientar, ainda, algumas lacunas encontradas que podem vir a ser objetos de novas pesquisa, que venham a se associar e, com isso, contribuir ainda mais com nossa pesquisa. Alguns conhecimentos prévios científicos como: ligações químicas, modelo atômico, reações químicas, propriedades dos elementos químicos são fundamentais para o entendimento desse conteúdo. Em nossa pesquisa associamos o modelo atômico para explicar as reações e verificamos que isso facilitou o entendimento das reações. Porém, uma dificuldade encontrada foi a determinação do NOX por parte dos estudantes. O NOX, normalmente é determinado por regras, o que acaba se tornando uma decoreba. Ainda faltam estudos sobre como explicar o NOX de forma mais significativa.

Por fim, gostaria de deixar descritas nessas considerações finais, uma opinião a respeito da formação como mestre em ensino de ciências: Ensinar é uma tarefa árdua, mas vale o esforço pela recompensa de que é através do ensino que podemos mudar o mundo para melhor.

5.1. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

As contribuições geradas até o momento por essa pesquisa, foram a apresentação de três trabalhos em eventos:

- CTS no contexto escolar: um olhar inicial sobre o IX ENPEC, apresentado no III Seminário Internacional de Educação em Ciência (III SINTEC, 2014);

- Poluição do solo por pilhas e baterias: identificação de metais pesados em amostras de solos contaminados, apresentado no Encontro de Debates em Ensino de Química (35° EDEQ, 2015);

- Reações de oxidação-redução: concepções conceituais de estudantes do nível médio, apresentado no Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciência (X ENPEC, 2015).

Além disso, submetemos um artigo para a Revista Química Nova na Escola intitulado “Reações de oxi-redução e suas diferentes abordagens”, que está em processo de avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACÚMULO de lixo e descarte inapropriado de materiais é recorrente em quatro bairros de Santa Maria. Diário de Santa Maria. Disponível em: <<http://diariodesantamaria.clicrbs.com.br/rs/geral-policial/noticia/2015/04/acumulo-de-lixo-e-descarte-inapropriado-de-materiais-e-recorrente-em-quatro-bairros-de-santa-maria-4731594.html>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

AKRAM, M.; SURIF, J. B.; ALI, M. Conceptual Difficulties Of Secondary School Students in Electrochemistry. **Asian Social Science**. V. 10. N. 9. p. 276-281, 2014.

ANSELME, J-P. Understanding Oxidation-Reduction in Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**. V. 74, n. 1, p. 69-72, Jan. 1997.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S.; Atividade experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ATKINS, P. JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

AULER, Décio; Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto Brasileiro. **Ciência e ensino**, v. 1. n. especial, 2007.

AZEVEDO, E. B.; Poluição vs. Tratamento de água: duas faces da mesma moeda. **Química Nova na Escola**. N. 10, Nov. 1999.

BAIRD, C. **Chemistry in your life**. Estados Unidos da América: Freeman. 2 ed. 2006.

BARBOSA, R. M. N; JÓFILI, Z. M. S.; Aprendizagem cooperativa e ensino de Química-parceria que dá certo. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 55-61, 2004.

BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. de; **Metodologia de Pesquisa em Ciência: Análises quantitativas e qualitativas**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

BRAATHEN, P. C. Hálito Culpado, o Princípio Químico do Bafômetro. **Química Nova na Escola**. N° 4, p. 3-5, 1997.

BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S.; O ensino de Química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. **Ciência e Natura**. V. 36, ed. Especial II, p. 819-826, 2014.

BRAIBANTE, M. E. F.; WOLLMANN, E. M.; A inserção da educação ambiental no ensino médio: conscientização e formação. In: PALMA, G. B.; ROSA, M. B. da. (Org.) **Meio Ambiente: A Importância da interdisciplinaridade na formação de um novo profissional**.

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland: Novas Edições Acadêmicas, 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais.** Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Secretária de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências Naturais.** Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Ensino Básico. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. v. 2.** Brasília, 2006 Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio. Ministério da Educação, 2006

BOCCHI, N. et al. Pilhas e baterias: Funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11. Maio 2000.

BORDIN, L. G.; Jornalismo como ferramenta da educação ambiental: pesquisa e mediação com ética, crítica e coerência na antártica. In: PALMA, G. B.; ROSA, M. B. da. (Org.) **Meio Ambiente: A Importância da interdisciplinaridade na formação de um novo profissional.** Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland : Novas Edições Acadêmicas, 2013.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. **Química nova.** v. 23, n. 2. p. 401-404, 2000.

CARVALHO, L. C. de LUPETTI, K. O. FILHO-FATIBELO, O. Um estudo sobre a oxidação enzimática e a prevenção do escurecimento de frutas no ensino médio. **Química Nova na Escola.** N° 22, p. 48-50, 2005

CLAYDEN, J.; GREEVES, N; WARREN, S.; WOTHERS, P.; **Organic Chemistry.** 1 ed. New York: Oxford, 2001

CHASSOT, A. **A Educação no Ensino de Química.** Ijuí: Ed. Ijuí, 1990.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação.** 5 ed. Editora Unijuí: Íjuí, 2010.

CHINÊS cria carro elétrico que, segundo ele, recarrega bateria com o vento. Uol. <<http://noticias.uol.com.br/tabloide/ultimas-noticias/tabloideanas/2012/12/25/chines-cria-carro-eletrico-que-recarrega-bateria-com-o-vento.htm>>. Acesso em: 07 Dez. 2015

CONAMA. Resolução N° 257, de 30 de junho de 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=257>>. Acesso em 05 Jan. 2014.

COSTA, T. S. et al; A corrosão na abordagem da cinética química. **Química Nova na Escola.** n. 22, p.31-34, 2005.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M.; **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009, p. 200-202.

DE JONG, O.; 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. 33, N. 10, p. 1097-1110. 1995.

DEMARTINI, F. Em breve, você poderá chacoalhar seu celular para carregá-lo Tec mundo. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/bateria/32712-em-breve-voce-podera-chacoalhar-seu-celular-para-carrega-lo.htm>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. 2ed. São Paulo: Signus, 2000.

DIÓZ, R. Drone ajuda a detectar e mapear áreas de degradação ambiental em MT. **G1**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/2014/10/drone-ajuda-detectar-e-mapear-areas-de-degradacao-ambiental-em-mt.html>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

DURAND, A. M. A Química dos Minerais: Uma Temática para Investigar o Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

DOMINGUES, T. C. De G.; Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduos de sucata metálica, em função de sua acidificação. Dissertação de Mestrado. Instituto Agrônomo. Campinas, 2009.

ELEOTÉRIO, I. C. et al; Experimentos para identificação de íons ferro em medicamentos comerciais. **Química Nova na Escola**. N° 26, p. 37-39, 2007.

FELLET, J. Degradação ambiental ameaça progresso em países emergentes, diz ONU. **BBC**. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/11/111102_pnud_ambiente_jf.shtml>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

FERREIRA, P. F. M; JUSTI, R. da S.; Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**. n. 28, p. 32-36, 2008.

FREITAS, H. Análise de dados qualitativos: aplicações e as tendências mundiais em sistemas de informação. **Revista de Administração da USP**. v. 35, n. 4, p. 84-102, 2000.

FRIEDRICH, L. da S.; Lixo eletrônico como possibilidade para o ensino de Química na formação de professores. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

GALIAZZI, M. do C.; et al; Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciência. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p. 249-263, 2001.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas de situação de estudo: complementariedade e contribuições para a educação em ciências. **Ciência & Educação**. V. 18, n.1, p. 1-22, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

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

GUIMARÃES, M. **A Dimensão Ambiental na Educação**. 11.ed. Campinas, SP: Papirus, 2011

GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A.; Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. **Química Nova na Escola**. Ed. Especial. Maio 2001.

GODOY, A. S. Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**. v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOI, M. E. J. SANTOS, F. M. T. dos. A construção do conhecimento químico por estratégias de resolução de problemas. **IV Congresso Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência**. São Paulo, 2005.

GOMES, C. Nomofobia pode ser considerada um mal do século XXI. ACESSA.COM. Disponível em: <<http://www.acesa.com/tecnologia/arquivo/noticias/2010/06/26-nomofobia/>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa vs. Pesquisa Quantitativa: Está É a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Vol. 22 n. 2, p. 201-210, 2006.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

HECKE, C. Cientistas criam "bateria perfeita" que pode se recarregar sozinha. Tec mundo. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/futuro/32592-cientistas-criam-bateria-perfeita-que-pode-se-recarregar-sozinha.htm>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

HIOKA, N. et al; Pilha de Cu/Mg: Construídas com materiais de fácil obtenção. **Química Nova na Escola**. n. 11, p. 40-44, 2000.

HOLDER, D. A.; JOHNSON, B. G.; KAROL, P. J. A.; Consistent set of oxidation number rules for intelligent computer tutoring. **Journal of Chemical Education**. v. 79, n. 4, p. 465-467, 2002.

HUDDLE, P. A.; WHITE, M. D.; Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 77. n. 1. p.- 104-110. 2000.

IBANEZ, J. G.; Saneamento Ambiental por métodos eletroquímicos. I- Tratamento de soluções aquosas. **Química Nova na Escola**. N. 15, Maio 2002.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). Compendium of Chemical Terminology. **Gold Book**. Version 2.3.3, 2014.

JARDIM, W. F.; CANELA, M. C.; **Fundamentos da oxidação Química no tratamento de efluentes e remediação de solos**. Caderno temático UNICAMP . v. 1. Jun. 2004.

JENSEN, W. B. The origin of the oxidation-state concept. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 9, p. 1418-1419, 2007.

JENSEN, W. B. Oxidation states versus oxidation numbers. **Journal of Chemical Education**, v. 88, p. 1599-1600, 2011.

JOESTEN, M. D. WOOD, J. L. **Word of Chemistry**. 2 ed. EUA: Souders College Publishing, 1996.

JÓFILI, Z.; Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. **Educação: Teorias e Práticas**. n. 2, p. 191-208, 2002.

JUNIOR, W. E. F. DOCHI, R. S. Um experimento simples envolvendo Oxidação-redução e diferença de pressão com materiais do dia-a-dia. *Química Nova na Escola*. Nº 23, p. 49-51, 2006.

JÚNIOR, W. A. D.; WINDMOLLER, C. C. A questão do mercúrio em lâmpada fluorescente. **Química Nova na Escola**. n. 28, p. 15-19, 2008.

KEMERICH, P. D. da C; et al; Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de lixo eletrônico no solo. **Engenharia Ambiental-Espirito Santo do Pinhal**, v. 10, n. 2, p. 208-219, 2013.

KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F; Poluição do solo por pilhas e baterias: identificação de metais pesados em amostras de solos contaminados. **35º EDEQ**, Porto Alegre, RS. 2015. Disponível em: <<http://www.univates.br/editora-univates/publicacao/151>>. Acesso em: 18 Jan. 2016.

KLEIN, S. G.; MUENCHEN, C.; BRAIBANTE, M. E. F; CTS no contexto escolar: um olhar inicial sobre o IX ENPEC. **III SINTEC**. Rio Grandre, RS. 2014. Disponível em: <<http://www.casaleiria.com.br/sintec3/sintec3.htm>>. Acesso em: 03 Dez. 2015.

KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F.; Reações de oxidação-redução: concepções conceituais de estudantes de nível médio. **X Encontro Nacional de Ensino de Ciências**. Águas de Lindóia, SP. 2015. Disponível em: <<http://www.automacaodeeventos.com.br/sigeventos/enpec2015/sis/inscricao/resumos/0001/R1088-1.PDF>>. Acesso em: 30 Out. 2015.

KÖHLER, R. de C. O. A Química da Estética capilar como temática no ensino de Química e na capacitação dos profissionais da beleza. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química Geral e reações químicas**. Tradução 6 ed. Norte Americana. v 2. São Paulo: Learning, 2009.

LYRA, D. G. G.; Os três momentos pedagógicos no ensino de ciências na educação de jovens e adultos da rede pública de Goiânia-Goiás: o caso da dengue. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2013.

LOOCK, H. P. Expanded Definition of the Oxidation State. **Journal of Chemical Education**, V. 88, n. 3, p. 282-283, 2011.

MACIL, M. 2015 é o Ano Internacional dos Solos. **Abril**. Disponível em: <<http://viajeaquibril.com.br/materias/2015-e-o-ano-internacional-dos-solos>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

MARTINS, C. R.; et al; Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: A importância da Química na Atmosfera. **Química Nova na Escola**. n. 5. 2003.

MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STAMITSKI, C. L.; **Princípios de Química**. Tradução de: Chemical principles, 6th ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 698p.

MENDONÇA, P. C. C.; A influência de atividades de modelagem na qualidade dos argumentos de estudantes de química do ensino médio. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

MENDONÇA, R. J.; CAMPOS, A. F. JÓFILI, Z. M. S; O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de química orgânica do ensino médio. **Química Nova na Escola**. Nº 20, p. 45-48, 2004

MENZEK, A. A new approach to understanding oxidation-reduction of compounds in Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 79, n.6, p. 700- 702, 2002.

MILLER, G. T. **Ciência ambiental**, 1931. São Paulo: Thomson, c2007.

MIRANDA, A. C. G. Temas geradores através de um abordagem temática Freireana como estratégia para o ensino de Química e Biologia. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compressão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. v. 9, n.2, p. 191-211. 2003

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais, Diagramas V e Organizadores Prévios**. Instituto de Física, UFRGS. Porto Alegre, 2009.

MOREIRA, M. **Comportamentalismo, construtivismo e humanismo**. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. 1. ed. Porto Alegre, 2009.

MOZZER, N. B.; QUEIROZ, A. dos S. JUSTI, R. da S.; Proposta de ensino para introdução ao tema interações intermoleculares via modelagem. **VI ENPEC**. Florianópolis, 2007.

MUENCHEN, C. A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

MULLER, L. Japoneses criam bateria de lítio que recarrega três vezes mais rápido. Tec mundo. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/bateria/52873-japoneses-criam-bateria-de-litio-que-recarrega-tres-vezes-mais-rapido.htm>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

NETO, S. de A.; et al; Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1468-1471, 2011.

NETO, S. A.; ANDRADE, A. R. **Descontaminando a água por eletrofloculação. A Química perto de você.** Sociedade Brasileira de Química. São Paulo, 2010

NEVES, J. L.; Pesquisa Qualitativa- Características, Usos e Possibilidades. **Cadernos de Pesquisa em Administração.** V. 1, n. 3, 1996.

NIEVES, E. L. O.; BARRETO R.; MEDINA Z.; Jce classroom activity # 111: redox reactions in three representations. **Journal of Chemical Education**, v. 89, p. 643-645, 2012.

OLIVEIRA, F. V. de; Aromas: contextualizando o ensino de Química através do olfato e paladar. . Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

OLIVEIRA, A. L. de; Observação e entrevista em pesquisa qualitativa. **Revista FACEVV.** n. 4, p. 22-27, 2010.

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

ÖSTERLUNND, L. L.; BERG, A.; EKBORG, M. Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe?. **Chemistry Education Research and Practice.** V. 11, p. 182-192, 2010.

ÖSTERLUNND, L. L.; EKBORG, M. Student's Understanding of Redox Reactions in Three Situation. **Nordina**, v. 5 n.2, 2009.

OTTAWAY, J. H. **Bioquímica da Poluição.** Coleção temas da biologia. v. 29. São Paulo: EPE, 1982.

ÖZAKAYA, A. R.; Conceptual Difficulties Experienced by Propospective Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, Cell Potential, and Chemical and electrochemical Equilibrium in Galvanic Cells. **Journal of Chemical Education.** v. 79. n. 6. P.- 735-738. 2002.

ÖZAKAYA, A. R.; ÜCE, M.; SAHIN, M.; Prospective Teachers' Conceptual Understanding of Electrochemistry: Galvanic and Eletrolytic cells. **Univesity Chemical Education.** v. 7, p. 1-10, 2003.

PAZINATO, M. S. Alimentos: uma temática gerador do conhecimento químico. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; Oficina temática composição química dos alimentos: uma possibilidade para o ensino de Química. **Química Nova na Escola.** v. 36, n.4 p. 289-296, 2014.

PAOLI, M. de; Plásticos Inteligentes. **Química Nova na Escola.** ed. Especial. p. 9-12, 2001.

PINHEIRO, E. L. et al; **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Pilhas, Batrias e Lâmpadas**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2009.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A; **O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque**. Revista Iberoamerica de Educación. n. 49/1, 2009.

PINHEIRO, P. C. Aumentando o Interesse do Alunado pela Química Escolar e Implantação da Nova Proposta Curricular Mineira: Desenvolvimento e Resultados de Projeto Seminal Realizado no PIBID-UFSJ. **Química Nova na Escola**. v. 34, n. 4, p. 173-183, 2012.

PINHEIRO, P. C.; LEAL, M. C.; ARAÚJO, D. A. de; Origem, produção e composição química da cachaça. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 3-8, 2003.

PREFEITURA sanciona lei que proíbe lavagem de calçadas. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/5558/>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

REIS, M. **Química: Meio Ambiente, cidadania, tecnologia**. v. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

REBELLO, G. A. F. et al. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova na Escola**. v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.

RIBEIRO M. E. M.; RAMOS, M. G. Aprendizagem de Química em grupos colaborativos. **XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia**. Salvador, Bahia, 2012.

RIVAS, J. C. Degradação de solo ameaçará a produção de alimentos daqui a 50 anos. **G1**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Mundo/0,,AA1623379-5602,00-DEGRADACAO+DE+SOLO+AMEACARA+A+PRODUCAO+DE+ALIMENTOS+DAQUI+A+ANOS.html>>. 07 Dez. 2015.

ROMANATTO, M. C. Resolução de problemas nas aulas de matemática. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 6, n. 1, p. 299-311, 2012.

ROCHA, T. R. da; Construção do conhecimento químico através do esporte. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A A. **Introdução a Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009

ROTH, B. W.; **Tópicos em educação ambiental: recortes didáticos sobre o meio ambiente**. Santa Maria: Pallotti, 1996

- SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J.; Students' Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. **Journal of Chemical Education**. v. 74 n. 7. p- 819-823, 1997.
- SANTOS, W. L. P. dos; SCHENETZLER, R. O que significa ensino de Química para formar cidadão? **Química Nova na Escola**. n. 4, 1996.
- SANTOS, W. L. P. dos; Contextualização no ensino de ciência por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, 2007.
- SANTOS, W; L. P. dos; et al; O enfoque CTS e a Educação ambiental: Possibilidades de "ambientalização" da sala de aula de ciências. In: Ensino de Química em Foco. Org: SANTOS, W; L. P. dos; MALDANER, O. A. Editora Unijuí: Ijuí, 2013.
- SANTOS, W. L. P. dos; Educação CTS e Cidadania: confluências e diferenças. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**. v. 9, n. 17, p. 49-62. 2012
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO**. v. 2, n. 2, 2002.
- SARTORI, E. R. BATISTA, E. F. FILHO-FATIBELO, O.; Escurecimento e Limpeza de Objetos de Parta- Um experimento simples e de fácil execução envolvendo reações de oxidação-redução. **Química nova na escola**. n. 30, p. 61-65, 2008.
- SARTORI, E. R. et al; Construção de uma célula eletrolítica para o ensino de eletrólise a partir de materiais de baixo custo. **Química Nova na Escola**. v. 35, n. 2, p. 107-111, 2013
- SEIBT, T. No Rio Grande do Sul, o que preocupa é a qualidade de água. Zero hora. <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2014/11/no-rio-grande-do-sul-o-que-preocupa-e-a-qualidade-da-agua-4634395.html>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.
- SHIBLEY JR. I. A.; et al. Oxidation and Reduction Reactions in Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 87, n.12, 2010.
- SILVA, D. da; A química dos chás: uma temática para o ensino de Química orgânica. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- SILVA, J.; Lama tóxica pode atingir lençol freático, comprometer qualidade das praias e interromper produção agropecuária. **Site Aracruz**. Disponível em: <http://www.sitearacruz.com.br/noticia/368/cat/10/lama_toxica_pode_attingir_lencol_freatico_comprometer_qualidade_das_praias_e_interromper_producao_ag>. Acesso em 18 nov. 2015.
- SILVA, G. S. et al, Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr. **Ciência e Educação**. v. 20, n. 2, p. 481-495, 2014.
- SILVA, S. M. da; Concepções Alternativas de Calouros de Química sobre Conceitos Fundamentais da Química Geral. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

SILVA, E. L. da; MARCONDES, M. E. R.; Contextualização no Ensino de Ciências: significados e epistemologia. In: Tópicos em Ensino de Química. Org: SANTANA, E. M de; SILVA, E. L. da; São Carlos: Pedro & João Editores, 2014.

SILVERSTEIN, T. Oxidation and reduction: too many definitions? *Journal of Chemical Education*. v. 88, n. 3, p. 279-281, 2011.

SISTEMA evita desperdício de água na lavoura. G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2015/06/sistema-evita-desperdicio-de-agua-na-lavoura.html>> Acesso em: 07 Dez. 2015.

SOUZA, E. T. de; et al; Corrosão de metais por produtos de limpeza. *Química nova na escola*. n. 26, p. 44-46, 2007.

SPTITZCOVSKY, D. Degradação do solo gera perda de até 5% do PIB agrícola. **Planeta Sustentável**. Disponível: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/degradacao-solo-prejuizos-pib-agricola-economia-738632.shtml>>. Acesso em: 07 Dez. 2015.

SUART, R. de C.; Habilidade cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas. **Dissertação de mestrado**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SUART, R. de C.; MARCONDES; M. E. R.; A argumentação em uma atividade experimental investigativa no ensino médio de Química. **VII ENPEC**. Florianópolis, 2009.

SUPER INTERRESANTE. Quanto você consome? Disponível em: <<http://super.abril.com.br/crise-agua/quizinicio.shtml>>. Acesso em: 19 Nov. 2015.

TEIXEIRA, E. B.; A análise de dados na pesquisa científica: importância e desafios em estudos organizacionais. *Desenvolvimento em Questão*. Editora Unijuí, ano 1, n. 2, p. 117-201, 2003.

TREVISAN, M. C.; Saúde bucal como temática para um ensino de Química contextualizado. *Dissertação*. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

VALVERDE, A. A.; CHAVARRÍA, G. C.; La motivación: una atividade inicial o un processo permanente. **Revista Pensamiento actual**. v. 3, n. 4, p. 33-40, 2002.

VAZ, E. L. da S.; ASSIS, A.; CODARO, E. N. Análise experimental da resistência a corrosão e da velocidade de corrosão: Uma proposta pedagógica. **Química Nova na Escola**. v. 33, n. 1, p. 61-64, 2011.

VOGEL, M.; MARI, C. F; O uso de temas químicos sociais como proposta de ensino de Química. In: Tópicos em Ensino de Química. Org: SANTANA, E. M de; SILVA, E. L. da; São Carlos: Pedro & João Editores, 2014.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. de B.; Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias de semiótica de Pierce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16 n. 2, p. 275-290, 2011.

WERNECK, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: o papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v.14, n.51, p. 173-196, 2006.

WOLLMANN, E. M.; A temática atmosfera como ferramenta para o ensino de Química. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

ZAPPE, J. A. Agrotóxicos no contexto Químico social. Dissertação. (Mestrado em Educação em Ciência) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A- Questionário investigativo sobre perfil dos sujeitos

Ao responder este questionário você estará ajudando em uma pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Sua participação é de extrema importância.

Desde já agradecemos sua colaboração.

Iniciais do Nome e Sobrenome: _____ Idade: _____ Gênero: _____

Responda as questões:

- 1) No momento você: () Só estuda () Estuda e trabalha
- 2) Após o término do ensino médio, quais são suas expectativas?

- 3) Você tem acesso a internet facilmente? () Sim () Não
- 4) Você possui facebook? () Sim () Não. Se a resposta for afirmativa, responda: Se houvesse um grupo no facebook, para a disciplina de Química, onde todos poderiam interagir, tirar dúvidas, postar novidades, vídeos, e atividades, você participaria? () Sim () Não
- 5) Quando você necessita realizar um pesquisa, você faz isso por meio de:
() Livros () Internet
- 6) Quais suas disciplinas favoritas? Por quê?

- 7) Você acredita que a Química pode influenciar as tecnologias e a sociedade, de que formas?

- 8) Você já teve aulas experimentais? Se sua resposta for sim, o que achou desse tipo de aula?

- 9) Você acredita ser importante discutir questões ambientais, como a poluição das águas e do solo?

- 10) Como você acha que a Química pode estar relacionada a questões ambientais, como a poluição?

- 11) Você pratica cuidados com o meio ambiente? Quais?

- 12) Você tem acompanhado as notícias sobre a crise da água? () Sim () Não
Se sim, através de: () Televisão () Internet () Escola

Obrigada pela participação!

Sabrina G. Klein – Mestranda

Mara E. F. Braibante- Profa. Dra.Orientadora

APÊNDICE B- Questionário inicial (Q1)

Ao responder este questionário você estará ajudando em uma pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Sua participação é muito importante.

Desde já agradecemos a colaboração.

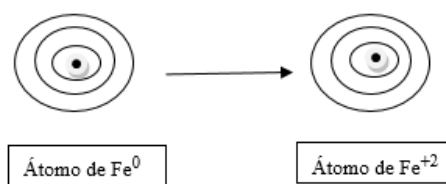
Sabrina G. Klein – Aluna de mestrado
Mara E. F. Braibante- Profa. Dra.Orientadora

Q1- Parte 1

Iniciais do Nome e Sobrenome: _____

Responda as questões:

- Das reações abaixo representadas, quais são reações de oxidação-redução? Como você chegou a esta conclusão?
 - $2 \text{NaBr}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{NaCl}_{(s)} + \text{Br}_{2(g)}$
 - $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 - $\text{Cu}_{(s)} + 2 \text{Ag}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Ag}_{(s)}$
 - $\text{KI}_{(s)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}^+_{(aq)} + \text{I}^-_{(aq)}$
- Falar em oxidação separadamente de redução é o mesmo que bater palma com uma mão só. O que você entende por essa afirmação?
- Observe essa semi reação: $\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ e levando em consideração que o número de elétrons do átomo de ferro é 26, represente no esquema abaixo essa semi-reação:



- O avanço tecnológico tem aumentado muito o uso de pilhas e baterias. Ao ano cerca de 3 bilhões de unidades de pilhas e baterias são fabricados, para atender suas diversas utilidades. Porém as pilhas e baterias causam sérios impactos ambientais devido sua composição química, podem assim causar danos ao solo. Você sabe qual a composição química de pilhas e baterias? Quais danos as pilhas e baterias podem causar ao solo?
- As pilhas e baterias funcionam devido as reações de oxidação-redução. Você sabe como isso ocorre? Tente explicar com suas palavras.

APÊNDICE C- Desafios

DESAFIO 1B
<p>Caros amigos, Esses dias, eu estava distraída na sala olhando as novidades no facebook com a televisão ligada, quando ouvi uma reportagem que dizia: No Brasil, são vendidos, em média, 400 milhões de baterias e mais de 1 bilhão de pilhas por mês. Infelizmente, apenas 1% é reciclado. Como fiquei sabendo que vocês estão estudando sobre esse assunto, resolvi pedir a ajuda. Fiquei muito curiosa em saber como funciona o processo de reciclagem de pilhas, que eu nem sabia que existia. E porque esse processo é tão importante e apenas 1% pode ser reciclado? Assim, fico ansioso no aguardo da resposta de todos esses questionamentos! Grato pela ajuda! DEMÓCRITO</p>
DESAFIO 1C
<p>Caros amigos, como estão vocês? Deixe-lhes contar um fato curioso ocorrido comigo nessa manhã. Fui até uma loja no centro da cidade para comprar um celular novo. Com o avanço tecnológico as novas tendências mudam o tempo todo. Durante a escolha, estava em dúvida entre dois modelos, e resolvi pedir ao vendedor o que ele achava. Ele me disse que os dois modelos eram praticamente iguais de desempenho e estilo, porém me disse que utilizar o aparelho que possui bateria de íons lítio ao invés do que possui bateria de níquel/cádmio seria mais ambientalmente correto. Não entendi porque ele disse isso. Mas resolvi consultar vocês antes de efetuar a compra. Assim, lhes pergunto: Ele tem razão no que disse? Qual a diferença entre essas duas pilhas? Por que devo me preocupar com a relação bateria-ambiente? Assim, fico ansioso no aguardo da resposta de todos esses questionamentos! Grato pela ajuda! RUTHERFORD</p>
DESAFIO 1D
<p>Caros amigos, Tenho um história e tanto para lhes contar. Estava indo até a cidade vizinha, visitar, pela primeira vez, os pais da minha namorada. Já era noite, e o tempo estava se armando. No meio do caminho, meu carro simplesmente parou de funcionar. E nesse momento, também começou a chover. Fui dar uma conferida no motor, abaixo de chuva, mas não consegui resolver nada. Então, eu já nervoso, decidi ligar para minha namorada. Ao pegar o celular, nele dizia: bateria acabando, recarregue. Pensei, e agora? O que vou fazer? Tentei ligação, e consegui dizer apenas: Me ajuda, estou no meio da estrada com o carro parrado. E a bateria acabou. Sem saber o que fazer, nem ter para onde ir, fiquei dentro do carro no aguardo, esperançoso de que minha namorada tivesse entendido meu recado e viesse me socorrer. Alguns minutos depois, chega ela acompanhada de meu sogro, que por sinal é mecânico. Ele nem me cumprimentou direito, pois estava brabo com a situação. Ótima maneira de conhecer o sogro, não? Ele analisou meu carro, abaixo de chuva, e diz que a bateria estava descarregada. Assim, guinchado volto para casa, de mal com o sogro. Então meus caros amigos, me ajudem, para isso jamais acontecer novamente. O que acontece para que as baterias acabem e devemos recarrega-las? Como funciona esse processo de recarga? Aliás, como funciona a bateria de um carro? Assim, fico ansioso no aguardo da resposta de todos esses questionamentos!</p>

Grato pela ajuda!
THOMSON

DESAFIO 1E

Boa tarde alunos,
Recebi informações de que vocês estão participando de um projeto que envolve o conhecimento a respeito de pilhas e baterias. Me disseram que vocês são muito espertos e poderiam me ajudar. Me chamo Bohr, e estou iniciando no mercado de trabalho. Gosto muito de tecnologias, e por isso, resolvi procurar emprego em uma indústria que produz pilhas. Na empresa sou auxiliar do químico responsável. Ouvi de alguns colegas, que existe uma quantidade mínima de alguns metais que podem ser utilizadas na confecção das pilhas, devido aos impactos ambientais. Eles me disseram que o rapaz que trabalhava no meu lugar antes, deixou a impressa porque as quantidades não eram respeitadas.
Assim, solicito o auxílio de vocês para saber quais as quantidades mínimas de metais que podem ser utilizadas? E de que forma esses metais podem ser prejudiciais ao meio ambiente?
Assim, fico ansioso no aguardo da resposta de todos esses questionamentos!
Grato pela ajuda!
BOHR

DESAFIO 1E

Boa tarde alunos,
Recebi informações de que vocês estão participando de um projeto que envolve o conhecimento a respeito de pilhas e baterias. Me disseram que vocês são muito espertos e poderiam me ajudar. Me chamo Bohr, e estou iniciando no mercado de trabalho. Gosto muito de tecnologias, e por isso, resolvi procurar emprego em uma indústria que produz pilhas. Na empresa sou auxiliar do químico responsável. Ouvi de alguns colegas, que existe uma quantidade mínima de alguns metais que podem ser utilizadas na confecção das pilhas, devido aos impactos ambientais. Eles me disseram que o rapaz que trabalhava no meu lugar antes, deixou a impressa porque as quantidades não eram respeitadas.
Assim, solicito o auxílio de vocês para saber quais as quantidades mínimas de metais que podem ser utilizadas? E de que forma esses metais podem ser prejudiciais ao meio ambiente?
Assim, fico ansioso no aguardo da resposta de todos esses questionamentos!
Grato pela ajuda!
BOHR

APÊNDICE D- Material de apoio aos estudantes (Parte 1)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA: QUÍMICA DA VIDA E
SAÚDE
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
LABORATÓRIO DE ENSINO DE QUÍMICA**



**POLUIÇÃO DO SOLO
PILHAS E BATERIAS: FUNCIONAMENTO E
CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS**

MATERIAL DE APOIO AO ESTUDANTE

Elaborado por:

MESTRANDA: PROFA. SABRINA G. KLEIN

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARA E. F. BRAIBANTE

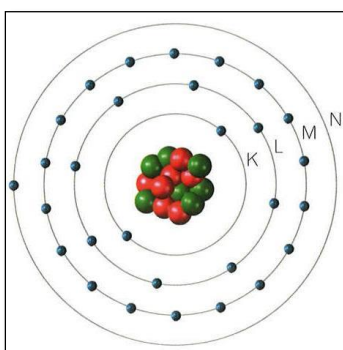
Santa Maria, 2015

O avanço da tecnologia tem aumentado muito o uso de pilhas e baterias. Ao ano cerca de três bilhões de unidades de pilhas e baterias são fabricados devido sua utilização em brinquedos, relógios, lanternas, barbeadores, câmeras fotográficas, filmadoras, computadores, instrumentos médicos, enfim, inúmeras são suas utilizações, tornando-se assim, essenciais na vida contemporânea em que vivemos. Conseqüentemente, existem no mercado diferentes tipos de pilhas e baterias para atender a essas diversas finalidades. Porém, esses dispositivos podem ser causadores de sérios danos ambientais, devido a sua composição química. **Mas afinal, como funciona uma pilha?** As pilhas, são um pequeno dispositivo, que utiliza a **energia química** produzida por **reações de oxirredução**, para produzir **energia elétrica**.

AS REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO

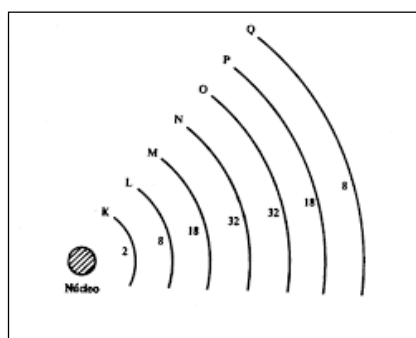
As reações de oxirredução são aqueles em que há uma **transferência de elétrons**, onde um espécie química cede elétrons para uma outra espécie química, que os recebe. Para a espécie química que **cede elétrons**, chamamos de **OXIDÇÃO**, já a que **recebe os elétrons** de **REDUÇÃO**. Assim, a oxidação e a redução acontecem simultaneamente, uma depende da outra para acontecer.

Como podemos identificar uma reação de oxirredução? **Através do número de oxidação (NOX)**. Uma mudança no NOX de uma substância, indica se esta cedeu ou recebeu elétrons. Para entender como isso acontece, devemos nos lembrar da estrutura atômica. Um átomo é constituído por um núcleo e a eletrosfera. No núcleo encontram-se os neutros e os prótons e na eletrosfera, os elétrons. Os prótons são carga positiva e os elétrons carga negativa. Abaixo, temos a representação do átomo de acordo com o modelo atômico proposto por Bohr.



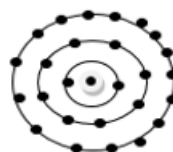
Representação do átomo segundo Borh

Os elétrons são distribuídos em camadas, chamadas de K, L, M, N, O P, Q. Cada camada suporta uma quantidade mínima de elétrons, K=2, L=8, M=18, N=32, O=32, P=18, Q= 8, como vemos na imagem abaixo:



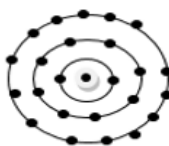
O número de elétrons, prótons e neutros é o que diferencia um átomo de outro, influenciando em suas características. Sabemos qual é o número de elétrons de um átomo, através do seu número atômico (Z), encontrado na tabela periódica. **Quando o número de elétrons e de prótons de um átomo é mesmo este será neutro**, ou seja, possui a mesma quantidade de cargas negativas (elétrons = e^-) e cargas positivas (prótons = p^+). Assim, $Z = p = e^-$.

Conhecendo o átomo desta forma, é fácil de entender como o NOX indica a perda ou ganho de elétrons. Utilizaremos como exemplo, o átomo de Ferro (Fe). O átomo de Fe neutro, simbolicamente representado como Fe^0 , possui número atômico 26. Ou seja, possui 26 elétrons e 26 prótons. Esquemáticamente representamos esse átomo como a imagem abaixo, onde os elétrons são distribuídos pelas camadas da seguinte maneira: $k=2$, $l=8$, $m=16$:



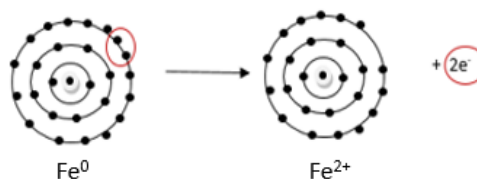
Átomo de Fe^0

A formação das substâncias, ocorre pela união de átomos, através das ligações. Essa ligações ocorrem com a doação de elétrons por um átomo e recebimento de elétrons por parte do outro, o que chamamos de ligação iônica, ou pelo compartilhamento de elétrons entre os átomos, que denominamos de ligação covalente. Essa perda ou ganho de elétrons, da ligação iônica, ou o ganho e perda parcial de elétrons na ligação covalente, é representada com um valor numérico mais uma carga ou positiva ou negativa. Por exemplo, se o átomo de Fe^0 , acima representado, perde dois elétrons, representamos a perda, da seguinte forma: Fe^{2+} . Esse número, $2+$, chamamos de NOX (Número de oxidação). Vamos entender, porque a perda de dois elétrons é representada dessa forma. Como vimos, um átomo neutro possui a mesma quantidade de prótons e elétrons, ou seja, são 26 cargas $+$ (os prótons), e 26 cargas $-$ (os elétrons). Se este átomo perde dois elétrons, ele ficará com 26 cargas $+$ e 24 cargas $-$. Assim, existem nesse átomo há duas cargas positivas ($2+$) a mais do que a quantidade de cargas negativas, por isso a representação é feita colocando-se o número $2+$ sobrescrito ao símbolo do ferro, Fe^{2+} . A representação por modelo atômico, agora será: $k=2$, $l=8$, $m=14$, conforme demonstra a imagem:

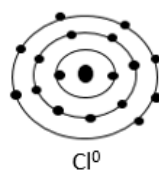


Átomo de Fe^{2+}

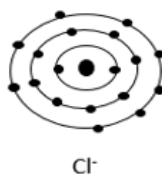
Podemos representar essa perda de elétrons através de uma semi-reação: $Fe^0 \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$. Esquemáticamente, temos:



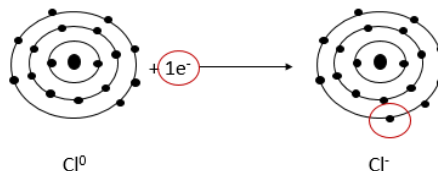
Vejamos agora outro exemplo, como ficará a representação de NOX, quando há um ganho de elétrons. Vamos analisar o átomo de cloro, este quando neutro possui, número atômico, $Z=17$. Assim, ele possui 17 elétrons e 17 prótons. Os elétrons são distribuídos nas camadas $k=2$, $l=8$, $m=7$.



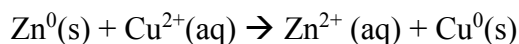
Se este átomo receber 1 elétron, ele passará de 17 elétrons para 18 elétrons. A quantidade de prótons continua sendo de 17. Assim, ele possui 17 cargas positivas (+) e 18 cargas negativas, (-) sendo assim, há um elétron a mais do que a quantidade de prótons, e sua representação será, Cl⁻, esquematicamente temos:



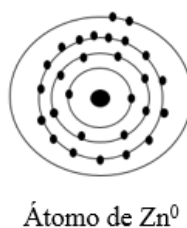
Podemos representar esse ganho pela semi-reação: $\text{Cl}^0 + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-$



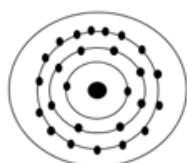
Agora, que entendemos como determinamos o NOX através da perda ou ganho de elétrons, podemos entender como funciona uma reação de oxirredução. Como exemplos tomamos a seguinte reação:



Observando a reação, percebemos que o zinco tem uma mudança de NOX, que passa de 0 para 2+, como vimos, isso indica que primeiramente o átomo de Zn⁰ (+30 prótons – 30 elétrons = 0) era neutro, possuía a mesma quantidade de elétrons e de prótons, após a reação ocorrer, ele passa a ser Zn²⁺ ou seja, ele está com 2 cargas positivas a mais do que a quantidade de elétrons de quando neutro, e para isso ocorre ele deve ter perdido 2 elétrons (+30 prótons – 28 elétrons = 2+). Como já vimos, **perda de elétrons** é denominada **oxidação**. Vamos analisar de acordo com o modelo atômico, começando com o átomo de Zn⁰ que possui 30 elétrons (k=2, l=8, m=18, n=2), representado esquematicamente abaixo:

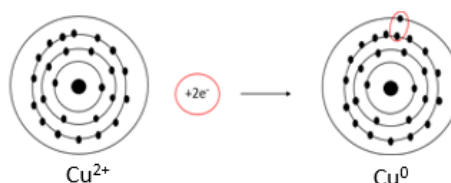


Nessa representação, apresentamos os 30 elétrons do átomo de zinco neutro, sendo que na sua última camada encontram-se 2 elétrons. Agora representaremos o átomo de Zn oxidado, quando ele **perde** esses dois elétrons:

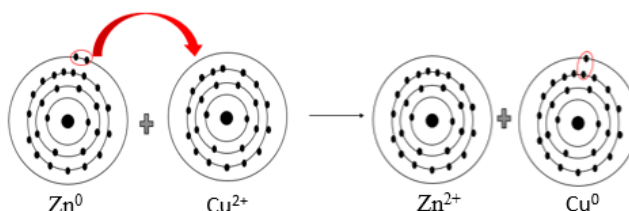
Átomo de Zn^{2+}

Assim verificamos um aumento do número de nox ($0 \rightarrow 2+$) isso devido à perda de elétrons. Podemos, desta forma, generalizar, dizendo que um **aumento no NOX**, indica a **oxidação**.

O mesmo acontece com o Cu, 29 elétrons ($k=2, l=8, m=18, l=1$) ele, aparece primeiramente representado como Cu^{2+} , isso significa que este átomo está com 2 prótons a mais que o número de elétrons ($+29$ prótons $- 27$ elétrons $= +2$). Após reação, o átomo de Cu^{+2} passa a ser Cu^0 , ou seja, torna-se neutro, mesma quantidade de prótons e elétrons ($+29$ prótons $- 29$ elétrons $= 0$), o que indica que ele deve ter recebido dois elétrons para isso acontecer. O **recebimento de elétrons** é denominado **redução**. Assim, podemos generalizar, dizendo que quando ocorre uma **diminuição no NOX**, como aconteceu com o cobre ($2+ \rightarrow 0$) temos uma **redução**. Podemos verificar como isso acontece com a representação abaixo:

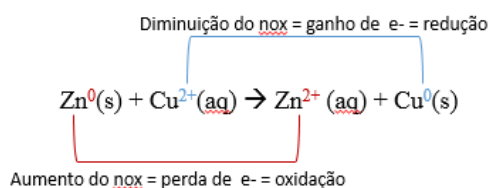


A reação global, $Zn^0(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu^0(s)$ esquematicamente será:



Perceba que os dois elétrons perdidos pelo Zn são recebidos pelo Cu. Isso é a reação de oxirredução, uma transferência de elétrons entre espécie químicas. O Zn é oxidado (agente redutor) e o Cu reduzido (agente oxidante). Assim, a oxidação e a redução acontecem simultaneamente, uma depende da outra.

De forma simplificada, temos:



As reações de oxirredução podem ser espontâneas ou não. As espontâneas acontecem naturalmente, e esse tipo de reação que as pilhas utilizam para seus funcionamento, já as não

espontâneas precisam de um fonte externa que forneça energia suficiente para a reação ocorrer. Para saber se uma reação irá acontecer espontaneamente é preciso utilizar uma tabela, chamada de tabela de potencial padrão de redução (E^0). Os valores encontrados nessa tabela indicam a tendência de diversas espécies químicas serem reduzidas ou oxidadas.

Semi-reação de redução	E^0 red (volts)	Semi-reação de redução	E^0 red (volts)
$K^+ + e^- \rightarrow K$	- 2,93	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	- 0,136
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	- 2,714	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	- 0,126
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	- 2,37	$2 H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0,00
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	- 1,66	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	0,34
$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	- 1,18	$Fe(CN)_6^{3+} + e^- \rightarrow Fe(CN)_6^{4-}$	0,48
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	- 0,763	$I_2 + 2e^- \rightarrow 2 I^-$	0,536
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	- 0,74	$O_2 + 2 H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$	0,682
$Ag_2S + 2e^- \rightarrow 2Ag + S^{2-}$	-0,69	$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	0,771
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	- 0,44	$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2 Hg$	0,789
$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	- 0,402	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0,799
$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	- 0,277	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	1,23
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	- 0,250	$H_2O + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	1,50

Quadro: Tabela de potencial padrão de redução

Esses valores foram determinados experimentalmente tendo como eletrodo padrão de referência o Hidrogênio. Quanto maior o valor do potencial padrão de redução maior é a tendência de a reação ocorrer na forma como está escrita, ou seja na forma reduzida. Analisando-se os valores é possível prever qual espécie ganha elétrons ou perde elétrons. A semi-reação com menor valor de potencial padrão de redução deve ser invertida, indicando que essa sofrerá oxidação.

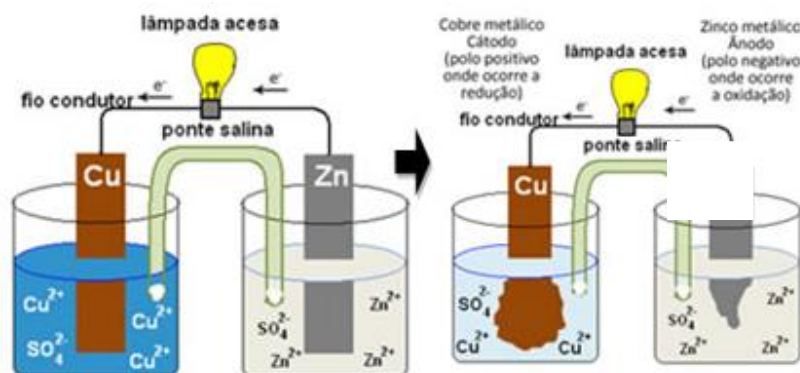
A diferença dos valores de E^0 de ambas as reações ($E^0_{red (cátodo)} - E^0_{red (ânodo)}$) fornece o valor do potencial padrão elétrico da reação global (ΔE^0). Quando este valor é positivo a reação é espontânea, e quando for negativo a reação não será espontânea.

Uma das aplicações mais comum das reações de oxidação-redução é para a geração de energia elétrica, necessária na iluminação, na comunicação, no aquecimento, no lazer, etc. A energia elétrica é obtida da conversão de outras formas de energia provenientes de usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares, do vento, marés, etc... Ou então é obtida por meio de transformações químicas nas pilhas e baterias, onde o emprego de reações espontâneas de oxirredução é usado para gerar corrente elétrica.

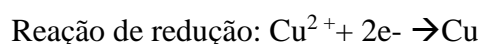
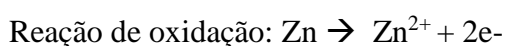
PILHAS E BATERIAS: FUNCIONAMENTO

A pilha (ou cela galvânica) é um dispositivo que aproveita a transferência de elétrons em uma reação de oxirredução e propicia o aparecimento de uma corrente elétrica através de um condutor. Assim a pilha converte energia química em energia elétrica. A bateria por sua vez, é uma associação em série de duas ou mais pilhas.

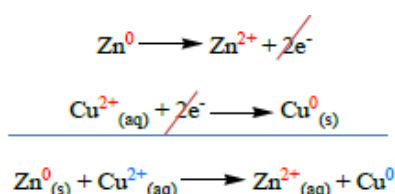
Em 1836, o químico inglês Jonh F. Daniell (1790-1845) construiu uma pilha formada por uma barra de zinco e outra de cobre, unidas por um fio metálico, conforme a figura abaixo:



Para saber quem sofrerá oxidação e quem sofrerá redução nessa pilha, podemos utilizar os valores de potencial das substâncias envolvidas. Assim, pela tabela de potencial padrão: $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$ $E^0 = -0,76$; $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ $E^0 = 0,34$. Assim, o maior valor reduz, sendo este o Cu, e a semi-reação de menor valor deve ser invertida, representando a oxidação, neste caso o Zn. Assim temos:

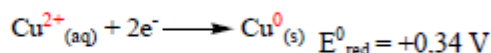
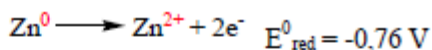


Pela semi-reação de oxidação verificamos que o átomo de zinco sólido, na pilha a barra metálica, passam a ser íons Zn^{2+} em solução quando perdem seus dois elétrons. Isso faz com que a barra perca massa e a solução fique mais concentrada em íons Zn^{2+} . Os elétrons perdidos pelo zinco percorrem o circuito externo e chegam à barra de cobre. Esse fluxo de elétrons gera uma corrente elétrica e pode, por exemplo, fazer a lâmpada acender. Esses elétrons, chegando à barra de cobre, atraem os íons Cu^{2+} da solução, que, recebem os elétrons presentes na barra de cobre, provenientes do Zn. Os íons Cu^{2+} ao receberem dois elétrons se convertem em átomos de Cu^0 , depositando-se na barra. Assim a solução de cobre fica mais diluída e a massa da barra de cobre aumenta. A soma das semi-reações fornece a equação química global da pilha:



O conjunto formado pela barra metálica e pela solução de seus íons recebe o nome de eletrodo. Chamamos de **ânodo** o eletrodo que **emite elétrons** (onde ocorre a **oxidação**). Este é o **polo negativo** da pilha. Já o eletrodo que **recebe os elétrons** (onde ocorre a **redução**) é denominado de **cátodo** e este é o **polo positivo** da pilha. Os elétrons sempre fluem do ânodo para o cátodo. A indicação da pilha é feita da seguinte maneira: $\text{Zn}^0 / \text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^0$, ou seja, do eletrodo emissor (ânodo) para o eletrodo receptor (cátodo). O sinal // indica a ponte salina. A ponte salina é um tubo de vidro que contém gelatina saturada com um sal (por exemplo, KNO_3), cuja função é permitir o escoamento dos íons acumulados no eletrodo, mantendo o equilíbrio de cargas. Então, os elétrons se movimento pelo fio e os íons pela ponte salina. A IUPAC recomenda que, na indicação da pilha, o ânodo fique à esquerda.

Utilizamos os potenciais de redução, para determinar a diferença de potencial (ddp) da pilha de Daniell. Utilizando a tabela de potencial de redução temos:



Sendo $\Delta E^0 = E_{\text{red}}^0 (\text{cátodo}) - E_{\text{red}}^0 (\text{ânodo})$, a ddp da pilha será:

$$\Delta E^0 = +0,34 - (-0,76) = +1,10 \text{ V}$$

As transformações químicas que ocorrem em uma pilha são espontâneas, pois basta montar a aparelhagem para que o processo se efetue por si próprio. Em um processo espontâneo, o valor de ΔE é positivo ($\Delta E > 0$).

PILHAS E BATERIAS COMERCIAIS

Pilha seca comum (Leclanché)

Inventada pelo francês George Leclanché por volta de 1860, esse é o tipo de pilha usado em lanternas, rádios, gravadores, etc. É conhecida como pilha seca porque o meio eletrolítico nela presente não é uma solução, mas uma pasta úmida contendo íons dissolvidos.

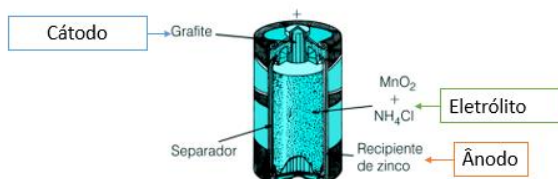
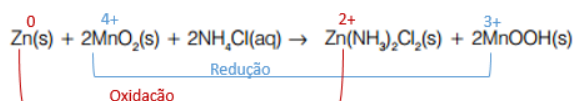


Figura 1: Pilha de zinco/dióxido de manganês (Leclanché).

Esta pasta úmida contém cloreto de amônio (NH_4Cl), cloreto de zinco (ZnCl_2) e água. Ela encontra-se num envoltório de zinco, que constitui o ânodo da pilha. No centro da pasta existe um bastão de grafite, ao redor do qual há uma mistura de carvão em pó e dióxido de manganês, que funciona como cátodo. A reação que ocorre no processo de descarga consiste em:



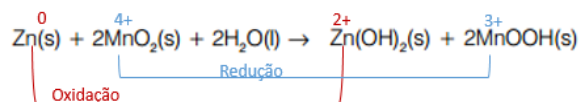
Pilha alcalina

É um aprimoramento da pilha seca. O ânodo também é feito de zinco metálico, que se oxida a íons zinco e o cátodo também envolve a redução do MnO_2 . Porém, a pasta contém NaOH , por isso é chamada de alcalina. Essa substituição é responsável por vantagens como: a não formação de camada isolante de amônia ao redor do cátodo de grafite, e assim, a voltagem não cai tão violentamente; fornece corrente de maneira mais eficiente; possuem vida mais longa; podem ser armazenadas por mais tempo sem sofrer uma “autodescarga” tão intensa.



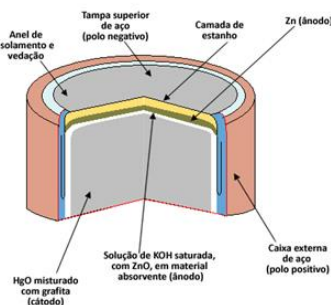
Figura 2: Pilha de zinco/dióxido de manganês (alcalina).

A reação é muito semelhante a da pilha seca, já que apenas muda-se o eletrólito:



Pilha de mercúrio

Neste tipo de pilha, o ânodo é composto de zinco dissolvido em mercúrio, e o cátodo contém óxido de mercúrio (II). O eletrólito é o KOH.



A voltagem permanece bem mais constante do que as pilhas secas e alcalinas, sendo isso uma vantagem. Isso a torna adequada para dispositivos sensíveis, tais como aparelhos auditivos, instrumentos científicos e relógios. A reação que ocorre com essa pilha é:



Pilha de lítio/dióxido de manganês

Os dispositivos que empregam lítio como ânodo, surgiram pela necessidade de pequenos dispositivos duráveis, confiáveis e capazes de armazenar grande quantidade de energia.

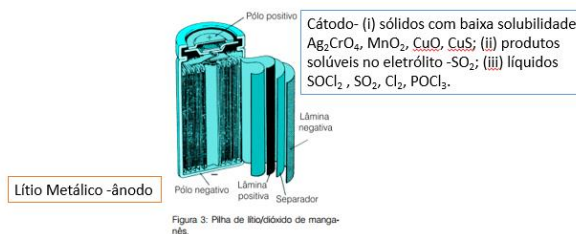
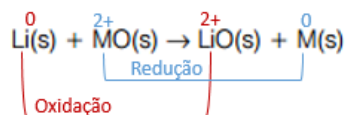


Figura 3: Pilha de lítio/dióxido de manganês.

A reação empregada nessa pilha, é:



Bateria de chumbo/ácido

Essa bateria consiste na associação de seis pilhas ligadas em série, cada uma fornecendo 2V, totalizando 12V. Sua invenção é atribuída ao francês Raymond Gaston Planté, em 1859. Essa bateria apresenta uma característica pouco usual de envolver ambos os eletrodos no mesmo elemento químico, o chumbo.

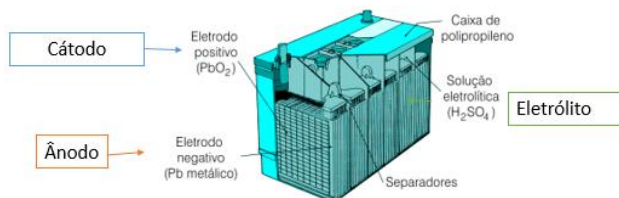
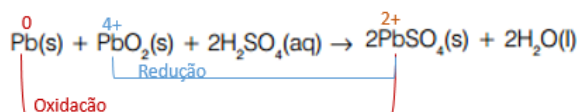


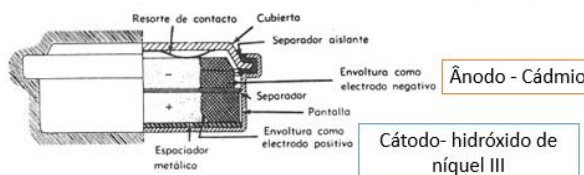
Figura 4: Bateria chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido).

No cátodo o dióxido de chumbo reage com ácido sulfúrico e no ânodo o chumbo reage com íons sulfato. A reação global dessa pilha é:

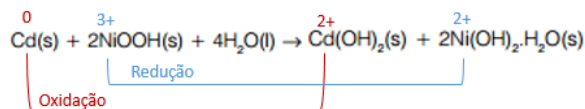


Bateria de níquel/cádmio

Foi proposta por Waldemar Jungner em 1899. Consiste em um ânodo de cádmio e de um cátodo de hidróxido de níquel III, imersos em uma solução aquosa de hidróxido de potássio.



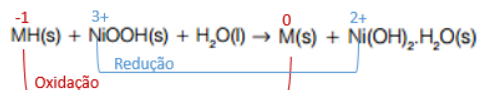
A reação global dessa pilha é representada como:



Pelo fato de ser constituído por cádmio, essas baterias são consideradas de maior impacto ambiental. Assim há uma tendência em substituí-la pelas baterias de hidreto metálico/óxido de níquel cujo as características operacionais são muito semelhantes.

Bateria de hidreto metálico

Essas baterias usam como material ativo do ânodo o hidrogênio absorvido na forma de hidreto metálico, em vez de cádmio. Com isso a reação de descarga desse eletrodo é a oxidação do hidreto metálico, regenerando o metal. A reação global dessa bateria é:



Bateria de íons lítio

Essa bateria utiliza apenas íons lítio, em vez de lítio metálico. Durante a descarga, os íons lítio migram desde o interior do material do ânodo até dentro do material do cátodo e os elétrons movem-se através do circuito externo, como ilustrado na figura.

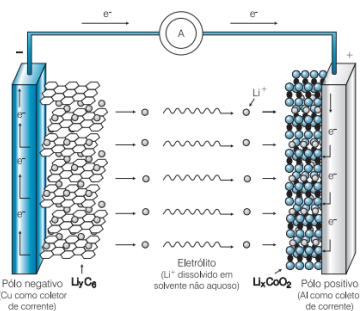
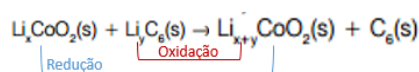


Figura 5: Ilustração esquemática dos processos eletroquímicos que ocorrem nas baterias de íons lítio.

A reação global da descarga é dada da seguinte maneira:



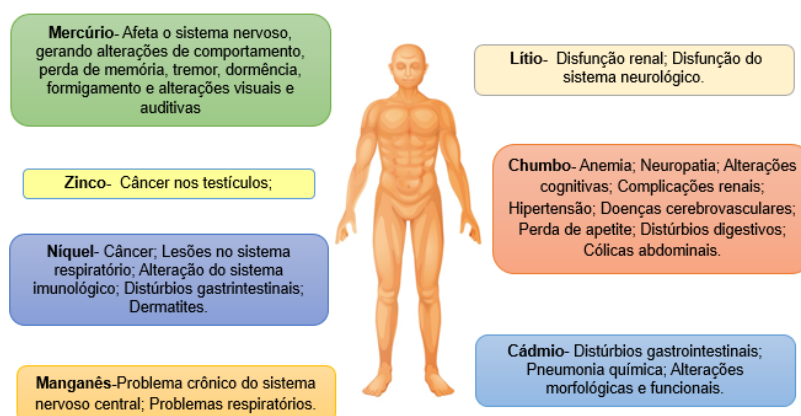
PILHAS E BATERIAS: CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS

Hoje há uma enorme variedade de pilhas e baterias para atender aos diferentes usos. As pilhas, por gerar energia elétrica, resolvem muitos problemas, mas algumas causam sérios transtornos com a contaminação do meio ambiente, pois contém em sua composição metais pesados. O que significa metal pesado? Primeiramente vamos lembrar o que é um metal. Os metais são sólidos à temperatura ambiente e apresentam cor prateada. Mas existem exceções como o Cobre (Cu) e o Ouro (Au) que apresentam coloração vermelha e dourada respectivamente. O Mercúrio (Hg) é o único metal encontrado na natureza no estado líquido. Algumas das propriedades dos metais são: brilho metálico, maleáveis e dúcteis, bons condutores de eletricidade, bons condutores de calor, apresentam densidade elevada. A imagem abaixo apresenta a tabela periódica e a localização dos metais.

Já para o termo, pesado, existem muitas definições, sendo elas:

- Metais pesados apresentam massa específica elevada, sendo maior ou igual a um determinado valor de referência que, varia entre 3,5 e 7,0 g/cm³;
- Metais pesados apresentam elevada massa atômica, sendo o sódio (massa atômica igual a 23) usado como referência;
- Metais pesados apresentam elevado número atômico, sendo o cálcio (número atômico igual a 20) usado como referência;
- Metais pesados são elementos químicos com densidade acima de 4g/cm³ ou 5g/cm³.

Alguns metais pesados fazem parte da composição química das pilhas e baterias. Volte no texto, onde está explicação sobre o funcionamento das pilhas e verifique quais são os metais pesados. Você provavelmente deve ter encontrado os elementos: Lítio (Li), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Prata (Ag) e Níquel (Ni). Esses metais, dependendo das quantidades, podem ser muito tóxicos, assim quando mal descartados chegam ao solo, o que acaba por chegar até as plantas e com a cadeia alimentar, até os seres humanos. Abaixo, uma imagem demonstra algumas das consequências dos metais pesados a saúde humana.



De acordo com a resolução nº 25 do COMANA, é estabelecido a quantidade dessas substâncias tóxicas que podem ser utilizadas, sendo 0,010% de mercúrio, 0,015% de cádmio e 0,200% de chumbo. Essa resolução diz que pilhas e baterias usadas jamais devem ser: lançadas *in natura* a céu aberto; queimadas a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados; lançadas em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, esgotos ou em áreas sujeitas à inundação. A destinação final mais apropriada são os estabelecimentos que as comercializam, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos. Estes serão responsáveis pelos procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada para as pilhas e baterias coletadas.

Uma pilha pode levar anos para se decompor quando lançada na natureza, e os metais pesados demoram milhões de anos para perder sua toxicidade. Como forma de poluição ao solo, as pilhas e baterias podem ser prejudiciais pois os metais pesados de sua composição causam impactos negativos no ecossistemas. Os metais pesados no solo podem ter origem litogênica, ou seja, natural, proveniente do intemperismo da rocha matriz. Mas as concentrações desses metais pode ser acentuada pela ação antropogênica, causada pelo homem, que pode surgir de várias maneiras, como: resíduos de mineração, galvanoplastia, as indústrias de pilhas e baterias e descarte inadequado desse materiais.

O solo possui grande capacidade de retenção de metais pesados, porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais disponíveis no meio podem restringir a função do solo, causar toxicidade as plantas e chegam até os organismos vivos pela cadeia alimentar, ou ser lixiviados (Lixiviados, significa: solubilização dos constituintes químicos do solo), colocando em risco a qualidade das água subterrâneas. O comportamento dos metais no solo depende do pH, quantidade de matéria orgânicas e do potencial redox.

O potencial redox varia muito no solo, sendo influenciado pelo teor de carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre, manganês e ferro, podendo ser afetado também pelos metais pesados. Os processos de oxirredução podem influenciar na mudança direta do estado de oxidação de um metal ou indireta através da alteração no estado de oxidação de um elemento constituinte de um ligante orgânico ou inorgânico que forma uma ligação química com o metal. As condições de oxirredução são parâmetros críticos no controle do comportamento dos poluentes ambientais.

O Chumbo (Pb) é um metal pesado de grande preocupação devido sua entrada na cadeia alimentar. Sua contaminação é um processo cumulativo praticamente irreversível. O chumbo apresenta dois estados de oxidação Pb^{+2} e Pb^{+4} , porém é normalmente encontrado como Pb^{+2} , que após liberado no ambiente se acumula no solo devido sua baixa mobilidade e resistência à degradação microbiana, permanece acessível a cadeia alimentar.

Os elementos zinco na forma de Zn^{+2} , e cobre na forma de Cu^{+2} ou Cu^{+1} são essências para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pelo fato de serem constituintes de muitas

enzimas e proteínas e catalisarem o fluxo de elétrons e as reações redox nas células vegetais. Porém, um excesso desses elementos pode causar a inibição da atividade enzimática resultando na deficiência de outros nutrientes. Além disso, o Zn e o Cu podem estimular a formação de espécies reativas, que causam danos as plantas.

RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS

A reciclagem é muito importante para evitar que os metais poluentes sejam descartados no meio ambiente. Porém dos milhões de pilhas produzidos por ano, muito pouco é reciclado, devido ao alto custo do processo ou a falta de pontos de coleta, além do fato das pessoas não descartarem corretamente esses dispositivos. Diversas pesquisas vem sendo desenvolvidas na busca de maneiras para reciclagem de pilhas e baterias usadas, ou para tratamento de disposição segura. Esses processos podem ser de hidrometalúrgica, pirometalúrgica, ou baseada em operações de minério.

Processo pirometalúrgico:

Primeiramente desmonta-se a bateria e a separa-se a carcaça, pilhas e circuito eletrônico. As pilhas são colocadas em um forno para extração de compostos orgânicos e, em seguida para destilação. Na destilação, o cádmio é evaporado, condensado e depois solidificado em barras, que serão vendidas aos fabricantes de pilhas e baterias. A escória do forno são resíduos de níquel e aço, que são encaminhados a siderúrgica.

Processo hidrometalúrgico:

Neste processo a bateria também é desmontada e separa-se a carcaça, o circuito e as pilhas. Após as pilhas são dissolvidas em meio ácido e realiza-se uma extração dos solventes seguida de precipitação.

Reciclagem de baterias recarregáveis:

O processo de reciclagem de baterias de chumbo consiste na fusão do chumbo em fornos, onde são adicionados produtos para a redução dos óxidos do metal. A próxima etapa é o refino.

Os principais produtos obtidos pelo processo de recuperação são:

- ✓ Cádmio metálico;
- ✓ Óxido metálico;
- ✓ Cloreto de cobalto;
- ✓ Chumbo reinado e suas ligas;
- ✓ Resíduos contendo aço e níquel utilizados em siderúrgicas;
- ✓ Níquel e ferro utilizados na fabricação de aço inoxidável.

Bons estudos!

Anexo

Regras para determinação de NOX

Espécie química	Situação	Nox	Exemplos
Substâncias simples	Qualquer caso	Zero	$H_2, O_2, N_2, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, P_4, S_8, Cu, Al, Au$ etc.
Íon	Qualquer caso	A carga do íon	$Na^+ \Rightarrow Nox = +1; Al^{3+} \Rightarrow Nox = +3; F^- \Rightarrow Nox = -1$ $Ca^{2+} \Rightarrow Nox = +2; S^{2-} \Rightarrow Nox = -2; N^{3-} \Rightarrow Nox = -3$
Metais alcalinos e Ag	Em todos os compostos	+1	$NaCl$, KOH , $LiNO_3$, Ag_2SO_4 , $NaBr$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$
Metais alcalino-terrosos e zinco	Em todos os compostos	+2	$CaCl_2$, MgO , $BaSO_4$, $ZnCl_2$, $ZnSO_4$ $\boxed{+2}$ $\boxed{+2}$ $\boxed{+2}$ $\boxed{+2}$ $\boxed{+2}$
Alumínio	Em todos os compostos	+3	Al_2O_3 , $AlCl_3$, $Al(OH)_3$ $\boxed{+3}$ $\boxed{+3}$ $\boxed{+3}$
Flúor	Em todos os compostos	-1	HF , CF_4 , NF_3 , OF_2 $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$
Hidrogênio	Ligado a ametais	+1	HCl , H_2S , CH_4 , NH_3 , H_2SO_4 , H_2CO $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$ $\boxed{+1}$
	Ligado a IA e IIA	-1	NaH , LiH , CaH_2 , BaH_2 $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$
Oxigênio	Na maioria de seus compostos	-2	H_2O , H_2SO_4 , $CaCO_3$, SO_2 , NO , CO_2 $\boxed{-2}$ $\boxed{-2}$ $\boxed{-2}$ $\boxed{-2}$ $\boxed{-2}$ $\boxed{-2}$
	Peróxidos	-1	H_2O_2 , Na_2O_2 , CaO_2 , MgO_2 $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$ $\boxed{-1}$
	Superóxidos	-1/2	K_2O_4 , Na_2O_4 $\boxed{-1/2}$ $\boxed{-1/2}$
	Com flúor	+2	OF_2 $\boxed{+2}$
Um composto	Qualquer	A soma algébrica dos Nox de todos os elementos participantes de um composto é igual a zero.	
Um íon	Qualquer	A soma algébrica dos Nox de todos os elementos de um íon é igual à carga do íon.	

APÊNDICE E- Questionário (Q2)

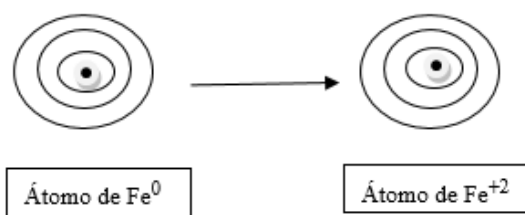
Ao responder este questionário você estará ajudando em uma pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Sua participação é muito importante.

Questionário 2

Nome _____

Responda as questões:

- Das reações abaixo representadas, quais são reações de oxidação-redução? Como você chegou a esta conclusão?
 - $\text{KI}_{(s)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}^+_{(aq)} + \text{I}^-_{(aq)}$
 - $\text{Cu}_{(s)} + 2 \text{Ag}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Ag}_{(s)}$
 - $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 - $2 \text{NaBr}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{NaCl}_{(s)} + \text{Br}_{2(g)}$
- Falar em oxidação separadamente de redução é o mesmo que bater palma com uma mão só. O que você entende por essa afirmação?
- Observe essa semi reação: $\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ e levando em consideração que o número de elétrons do átomo de ferro é 26, represente no esquema abaixo essa semi-reação:



- Uma das pilhas mais utilizadas no dia a dia é a pilha alcalina. Essa pilha é muito utilizada para câmeras digitais, controles remoto e brinquedos. Conhecendo a reação global de funcionamento pilha, assinale a alternativa **incorreta**:

$$\text{Zn} + 2 \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{MnOOH}$$
 - O Zinco é o agente redutor e perde elétrons;
 - O MnO_2 se reduz e ganha elétrons;
 - O estado de oxidação do zinco passa de $\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+}$
 - O Mn ganhou 2 elétrons
 - O zinco é o ânodo e o MnO_2 é o cátodo
- O avanço tecnológico tem aumentado muito o uso de pilhas e baterias. Ao ano cerca de 3 bilhões de unidades de pilhas e baterias são fabricados, para atender suas diversas utilidades. Porém as pilhas e baterias causam sérios impactos ambientais devido sua composição química, podem assim causar danos ao solo. Você sabe qual a composição química de pilhas e baterias? Quais danos as pilhas e baterias podem causar ao solo? E a saúde humana?
- Imagine a seguinte situação: Você está caminhando pela rua e depara com uma pessoa jogando uma pilha no chão. O que você faz?

- 7) Como você pode utilizar os aprendizados adquiridos durante as aulas para cuidar do meio ambiente e conscientizar as pessoas ao seu redor?
- 8) O que você achou das atividades desenvolvidas até o momento?
- 9) Analise as afirmações abaixo e marque o número correspondente de acordo com sua opinião:
- 1- Não concordo
 - 2- Concordo parcialmente
 - 3- Concordo totalmente

Quanto as aulas			
As aulas ajudaram no aprendizado de Química	1	2	3
As explicações foram boas	1	2	3
As aulas utilizaram de diferentes recursos que enriqueceram o aprendizado	1	2	3
As aulas tiveram uma importância que vai além do conhecimento químico	1	2	3
O trabalho em grupo ajudou na aprendizagem	1	2	3
Os desafios (problemas) realizados em aula foram desafiadores e auxiliaram no processo de aprendizagem	1	2	3
Quanto a realização de atividades experimentais			
A realização de atividades experimentais facilitou a aprendizagem	1	2	3
As atividades experimentais foi motivadoras	1	2	3
As atividades experimentais foram interessantes mas não contribuíram para a aprendizagem	1	2	3
Quanto ao conhecimento específico			
Você conseguiu entender as reações de oxirredução	1	2	3
Você conseguiu entender o funcionamento de uma pilha	1	2	3
O modelo atômico ajudou no entendimento das reações redox	1	2	3
Quanto as questões ambientais			
As discussões ambientais foram importantes para uma mudança de comportamento em relação as minhas atitudes com o meio ambiente	1	2	3
Tudo que foi trabalho em relação as questões ambientais já era de meu conhecimento	1	2	3
Falar sobre poluição deixou o estudo das reações redox mais interessante	1	2	3
Associar um tema ambiental com conteúdo de Química facilitou a aprendizagem	1	2	3
Associar um tema ambiental com conteúdo de Química foi motivador	1	2	3

APÊNDICE F- Questionário final (Q3)

Ao responder este questionário você estará ajudando em uma pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Sua participação é muito importante. Desde já, muito obrigada!

Questionário 3- Parte 1

Nome _____

Responda as questões abaixo:

- 1) Das reações abaixo representadas, quais são reações de oxidação-redução? Quem oxida e quem reduz? Explique como você chegou a esta conclusão.
- a) $\text{KI}_{(s)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}^+_{(aq)} + \text{I}^-_{(aq)}$
- b) $\text{Cu}_{(s)} + 2 \text{Ag}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Ag}_{(s)}$
- c) $\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- d) $2 \text{NaBr}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{NaCl}_{(s)} + \text{Br}_{2(g)}$
- 2) Uma das pilhas mais utilizadas no dia a dia é a pilha alcalina. Essa pilha é muito utilizada para câmeras digitais, controles remoto e brinquedos. Conhecendo a reação global de funcionamento pilha, determine o NOX das substâncias envolvidas e através disso, assinale a alternativa **incorreta**:
- $\text{Zn} + 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2 \text{MnO}_2\text{H}$
- f) O Zinco é o agente redutor e perde elétrons;
- g) O MnO_2 se reduz e ganha elétrons;
- h) O estado de oxidação do zinco passa de $\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+}$
- i) O Mn ganhou 2 elétrons
- j) O zinco é o ânodo e o MnO_2 é o cátodo
- 3) Levando em consideração suas atitudes ambientais de antes das nossas aulas e após as aulas, você teve ou pretende ter alguma mudança de comportamento?

Obrigada por sua participação!

APÊNDICE G- Questionário Inicial da parte 2 (Q4)

Ao responder este questionário você estará ajudando em uma pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Sua participação é muito importante.

Desde já agradecemos a colaboração.
Sabrina G. Klein – Aluna de mestrado
Mara E. F. Braibante- Profa. Dra.Orientadora

Questionário 4- Parte 2- Tratamento de efluentes e oxidação Química

Nome: _____

Responda as questões:

- 1) Qual a importância da água para você?
- 2) Quais as consequências da poluição da água?
- 3) Quais podem ser os poluentes da água?
- 4) Você pratica algum cuidado com a água? Quais?
- 5) Como ocorre o tratamento de efluentes?
- 6) O tratamento biológico de esgoto doméstico é um exemplo do uso de consórcios de micro-organismos que realizam o trabalho de oxidar e/ou reduzir a matéria orgânica a baixo custo e alta eficiência. Para exemplificação, podemos utilizar a molécula de glicose, de forma bem simplificada:



Quem oxida e quem reduz nesta reação? Como você chegou a esta conclusão?

APÊNDICE H- Tarefa de problematização inicial

Olá Amigo(a)!

Você sabe quanto de água consome em um dia? ... Vamos lá, pode chutar? _____.

Que tal calcularmos quanto de água gastamos, e assim conferir se você é bom de chute? Tenho certeza que você ficará surpreso com o resultado!

Para facilitar a tarefa, você está recebendo uma tabela para preencher com atividades do dia a dia que consomem água. Você apenas precisa preencher a tabela cuidando quais atividades e quantas vezes a realiza durante 24h. Depois de preenchida, utilizaremos um site da internet que pedirá as informações contidas na tabela irá calcular a quantidade média de água que você consome em um dia. Simples assim!

ATIVIDADES	QUANTAS VEZES?	OBSERVAÇÕES:
Tomou banho?		Qual a duração média?
Escovou os dentes?		A torneira esteve aberta o tempo todo ou só no início e ao final?
Fez a barba? (Essa é só para os meninos, hein?!)		
Foi ao banheiro e deu a descarga?		Tanto faz se foi o número 1 ou 2! Não precisa especificar!
Lavou as mãos?		
Comeu?		O que você comeu?
Bebeu?	Quantos copos de água?	O que mais você bebeu?
Lavou a louça?		Pouca ou muita louça?
Lavou o carro?		
Lavou a calçada?		
Regou as plantas?		Poucas ou muitas plantas?
Lavou roupa?		Poucas ou muitas roupas?

Observação: Não fique constrangido em dizer quantas vezes você realizou a tarefa. Essa planilha é só sua e ninguém terá acesso, mas ela será muito útil para nossa próxima atividade, assim procure ser fiel aos dados!

APÊNDICE I- Material de apoio para os estudantes (Parte 2)

Tratamento de efluentes e oxidação Química

O tratamento de um dado efluente depende do dos padrões de lançamento que estão ligadas as características do corpo receptor. Existem diversas tecnologias para o tratamento, demonstrada nas imagens abaixo:

Tratamento primário

- Gradeamento
- Decantação
- Flotação
- Separação de óleo
- Equalização
- Neutralização

Tratamento secundário

- Lagoas de estabilização
- Lagoas aeradas
- Lodos ativados e suas variantes
- Filtros de percolação
- RBCs (sistemas rotativos)
- Reatores anaeróbicos, etc.

Tratamento terciário

- Microfiltração
- Filtração
- Precipitação e coagulação
- Adsorção (carvão ativado)
- Troca iônica
- Osiose reversa
- Ultrafiltração
- Eletrodíálise
- Processos de remoção de nutrientes (N, P)
- Cloração
- Ozonização
- PAOs (processos avançados de oxidação), etc.

Os tratamentos primários são utilizados para remover sólidos em suspensão. O secundário visa remover substâncias biodegradáveis e o terciário aplica técnicas físico-químicas e/ou biológicas para a remoção de poluentes específicos.

Quando ocorre o lançamento de um determinado efluente em um corpo d'água, seja ele pontual ou difuso, imediatamente as características químicas, físicas e biológicas desse local começam a ser alteradas. Pode ocorrer um aumento da carga orgânica o que ocasiona um aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), da demanda química de oxigênio (DQO), do carbono orgânico total (COT) e conseqüentemente, uma depleção da concentração de oxigênio dissolvido, fruto do metabolismo de micro-organismos aeróbicos. Parte da matéria orgânica presente no efluente se diluiu, sedimenta, sofre estabilização química e bioquímica, fenômeno conhecido como autodepuração.

Antes de atingirem os corpos aquáticos as águas residuais devem sofrer algum tipo de purificação. Os tratamentos são divididos em biológicos e físico-químicos. A utilização de um ou outro, ou mesmo uma combinação de ambos, depende das características de efluente a ser

tratado, da área disponível para montagem do sistema de tratamento e do nível de depuração que se deseja atingir.

PROCESSOS BIOLÓGICOS:

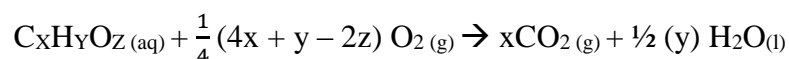
“ Os micro-organismos são estruturas fascinantes sob o ponto de vista bioquímico, e capazes de realizar uma série de reações químicas ainda não imitadas pelo homem moderno e suas tecnologias consideradas evoluídas”. Os efluentes compostos de substância biodegradáveis provenientes de esgoto doméstico e indústria alimentícia são preferidos nesse tipo de processo, que é dividido em dois grupos, anaeróbicos e aeróbicos.

Nos aeróbicos são empregados micro-organismos para biooxidar a matéria orgânica utilizando o oxigênio molecular, O₂, como receptor de elétrons. A microfauna é composta de protozoários, fungos, leveduras, micrometazoários e bactérias. Nos anaeróbicos são utilizados micro-organismos que degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio molecular. A microfauna é composta de bactérias, basicamente as acidogênicas e as metanogênicas.

- Reações biológicas de óxido-redução

O tratamento biológico de esgoto doméstico é um exemplo do uso de consórcios de micro-organismos que realizam o trabalho de oxidar e/ou reduzir a matéria orgânica a baixo custo e alta eficiência. Porém nem sempre seu uso é possível, pois existem inúmeras moléculas não biodegradáveis e também por um efluente poder conter uma série de substâncias tóxicas, tais como cianeto, mercúrio ou algum pesticida potente.

Uma reação geral que descreve o mecanismo do metabolismo aeróbico de compostos orgânicos representado por C_xH_yO_z pode ser descrita como:

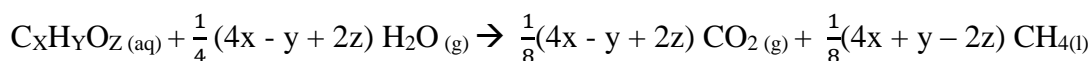


Para exemplificação, podemos utilizar a molécula de glicose, de forma bem simplificada:

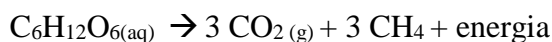


A energia liberada nesse processo é utilizada para a manutenção das atividades vitais dos micro-organismos, como reprodução, locomoção ec.

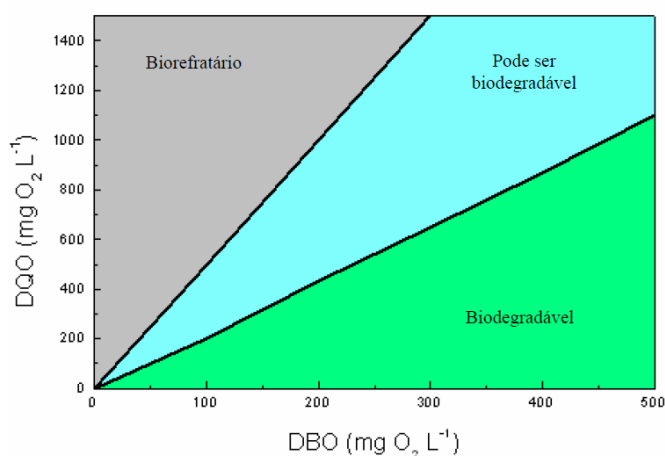
Para os processos anaeróbicos podemos descrever a reação simplificada:



Novamente usando-se a glicose como exemplo, temos:



A tratabilidade biológica é avaliada por um parâmetro denominado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Quanto maior seu valor, maior a labilidade biológica dos compostos orgânicos presentes em determinado efluente. Por outro lado, a recalcitrância desta mesma carga orgânica pode ser avaliada pelo parâmetro denominado Demanda Química de Oxigênio (DQO), a qual é obtida após uma oxidação drástica da matéria orgânica. Dessa forma, a relação DQO/DBO nos diz que tipo de oxidação será efetiva na destruição de carga orgânica presente (JARDIM; CANELA, 2004). Se a relação $DQO/DBO < 2,5$ o mesmo é facilmente biodegradável. Se a relação for $5,0 < DQO/DBO < 2,5$ deve-se tomar cuidados na escolha do processo biológico para que se tenha uma remoção desejável de carga orgânica. Já se a relação $DQO/DBO > 5$, a oxidação química é o processo alternativo.



PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS:

Os processos físico-químicos mais empregados são: coagulação, floculação, decantação, flotação, separação por membranas, adsorção e oxidação química.

A oxidação Química sob a ótica do tratamento de efluentes é uma forma de transformar moléculas ambientalmente indesejáveis em outras moléculas menos tóxicas. Essa oxidação pode ser completa ou parcial. Quando a oxidação se dá de modo incompleto, nem sempre se pode garantir que o subproduto será menos tóxico. No entanto, a oxidação total (mineralização), gera como produto final dióxido de carbono, água e íons inorgânicos caso exista algum heteroátomo na molécula.

A oxidação química é o processo pelo qual os elétrons são removidos de uma substância ou elemento, aumentando seu estado de oxidação. Para isso outra substância ou elemento deve receber estes elétrons. Assim, um oxidante é uma espécie que recebe elétrons de um agente redutor. Os agentes oxidantes mais utilizados em tratamento de águas residuais são cloro (Cl_2), hipoclorito (OCl^-), dióxido de cloro (ClO_2), ozônio (O_3), permanganato (MnO_4^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e ferrato (FeO_4^{2-}).

Uma propriedade que é requerida na prática quando se pretende usar um oxidante diz respeito a estequiometria oxidante/redutor, ou seja, ao número de moles de oxigênio disponíveis por unidade de peso ou por mol do composto. A tabela abaixo apresenta um resumo do chamado oxigênio reativo disponível, isso permite avaliar os custos em aplicações ambientais de oxidantes.

Semi-reação	Oxigênio reativo equivalente	
	Mol de [O] por mol de oxidante	Mol de [O] por kg de oxidante
$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{O}] + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+$	1,0	14,1
$\text{HOCl} \rightarrow [\text{O}] + \text{Cl}^- + \text{H}^+$	1,0	19,0
$2\text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 5[\text{O}] + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}^+$	2,5	37,0
$\text{O}_3 \rightarrow [\text{O}] + \text{O}_2$	1,0	20,8
$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow [\text{O}] + \text{H}_2\text{O}$	1,0	29,4
$2\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3[\text{O}] + 2\text{MnO}_2 + 2\text{OH}^-$	1,5	9,5
$2\text{FeO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3[\text{O}] + \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{OH}^-$	1,5	7,6

Na maioria dos casos a oxidação de compostos orgânicos, embora termodinamicamente favorável, é cineticamente lenta. Assim a oxidação completa é geralmente inviável sob o ponto de vista econômico. Uma das grandes vantagens desse processo é a ausência de subprodutos sólidos, pois os produtos finais da oxidação da matéria orgânica são apenas dióxido de carbono e água:



A maioria das substâncias poluentes são susceptíveis a participar de reações de oxirredução. Em muitos casos, uma mudança de estado de oxidação implica em uma mudança de propriedades, incluindo toxicidade. Muitos compostos orgânicos, por exemplo, ao serem oxidados perdem sua toxicidade. Porém, o cromo (VI) é extremamente tóxico enquanto que o cromo (III) é muito menos tóxico. Este fato está relacionado com a alteração do estado de

oxidação o que ocasiona uma mudança geométrica. Os cromatos possuem uma geometria tetraédrica que pode afetar o DNA e produzir alterações genéticas. Mas, ao receber três elétrons, um íon cromato converte-se a cromo III cuja a estrutura é octaédrica; conseqüentemente, suas interações são diferentes de seu predecessor, diminuindo sua toxicidade .

A eletroquímica oferece uma série de benefícios, sendo as principais vantagens: versatilidade, eficiência energética, facilidade de automação, compatibilidade com o meio ambiente e eficiência de custos.

Certos tipos de poluentes uma vez produzidos não desaparecem. O máximo que se pode fazer é diminuir ou eliminar sua toxicidade. A solução real é evitar o quanto possível a produção de poluentes na sua própria fonte de geração.

Existem dois tipos de processos eletroquímicos os diretos e os indiretos. No direto, é possível transferir elétrons diretamente desde um eletrodo até uma espécie eletroativa ou vice-versa. No indireto, isso não é possível, pois as espécies envolvidas não são eletroativas. Nesses casos, pode-se utilizar espécies geradas nos eletrodos que funcionam como mediadoras de elétrons desde/até as espécies de interesse no meio reacional.

A) Oxidações diretas

Compostos orgânicos: Fenóis, aminas aromáticas, compostos halogenados, derivados nitrogenados, esgotos fecais, corantes, aldeídos, ânions de ácidos carboxílicos etc.

Compostos inorgânicos: A substância mais utilizada tem sido é o cianeto, onde o produto principal é o íon cianato, que é muito menos perigoso.

B) Reduções diretas

Compostos orgânicos: Desalogenação catódica de hidrocarboneto clorados e ácido orgânicos reduzindo-os até seus correspondentes alcoóis e fenóis.

Compostos inorgânicos: Cromato, íons oxiclорados, íons oxinitratos e íons metálicos.

C) Oxidações indiretas

São realizados produzindo-se o agente oxidante em um eletrodo. Alguns dos principais são: H_2O_2 , Ag (II), Fe (III), Ce (IV), Mn (III).

D) Reduções indiretas

Redução dos íons NO_3^- e NO_2^- em eletrodos recobertos com metaloftalocianinas, as quais atuam como eletrocatalisadores.

Existem alguns parâmetros de interesse sanitário e ambiental que devem ser monitorados e atendidos. Os principais fatores que influenciam o pH e suas variações são as proporções de espécies carbonadas, a presença de ácidos dissociáveis, constituição do solo, decomposição da matéria orgânica, esgoto sanitário, efluentes industriais e solubilização de gases da atmosfera. Vários vegetais e animais são responsáveis por processos com a fotossíntese e a respiração, que aumentam ou diminuem o pH das águas. Em relação a processos de tratamentos de águas, essa variável afeta a coagulação química, a desidratação de iodo, a desinfecção, a oxidação química, as reações de amolecimento de águas e o controle de corrosão.

Em relação aos processos biológicos, o pH é de fundamental importância nas reações bioquímicas. Uma elevada concentração de íons H^+ pode diretamente provocar fitotoxicidade causada pela própria concentração deste íons, ou indiretamente pela liberação de metais presentes no solo.

Muitas espécies de organismos aquáticos não tem chances de sobreviver em águas com baixos níveis de oxigênio dissolvido (OD). Por outro lado, existem organismos para os quais o oxigênio é extremamente tóxico, os micro-organismos estritamente aeróbios, que são tão importantes na estabilização da matéria orgânica quanto os micro-organismos aeróbicos. A degradação da matéria orgânica provoca o consumo de oxigênio presente na água. Muitas das mortandades de peixes são causadas pela deficiência de oxigênio resultante da biodegradação da matéria orgânica. O oxigênio também pode ser consumido pela bio-oxidação de compostos orgânicos nitrogenados.

A atmosfera que contém cerca de 21% de oxigênio, é a principal fonte de reoxigenação de corpos d'água, por meio da difusão do gás na interface água/ar. O oxigênio também pode ser introduzido pela ação fotossintética das algas.

APÊNDICE J- Questionário final parte 2 (Q5)

Ao responder este questionário você estará ajudando em uma pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Sua participação é muito importante.

Desde já agradecemos a colaboração.

Sabrina G. Klein – Aluna de mestrado
Mara E. F. Braibante- Profa. Dra. Orientadora

Questionário 5- Parte 2- Tratamento de efluentes e oxidação Química

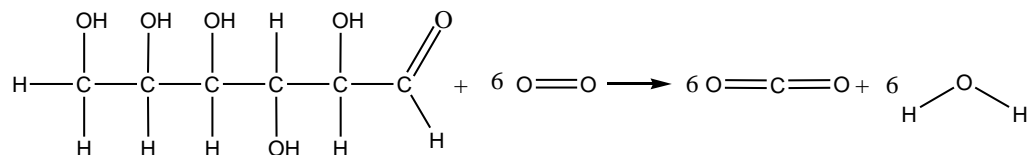
Nome:

Responda as questões:

- 1) Quais podem ser os poluentes da água?

- 2) Como pode ocorrer o tratamento de efluentes?

- 3) O tratamento biológico de esgoto doméstico é um exemplo do uso de consórcios de micro-organismos que realizam o trabalho de oxidar e/ou reduzir a matéria orgânica a baixo custo e alta eficiência. Para exemplificação, podemos utilizar a molécula de glicose, de forma bem simplificada. Analise a seguinte reação, determine o NOX de cada elemento e diga quem oxida e quem reduz:



- 4) Qual a sua opinião a respeito das atividades desenvolvidas para o estudo das reações de oxidação química em tratamento de efluentes? O que mais lhe ajudou no aprendizado?

5) Analise as afirmações abaixo e marque o número correspondente de acordo com sua opinião:

1. Não concordo
2. Concordo parcialmente
3. Concordo totalmente

Quanto as aulas			
As aulas ajudaram no aprendizado de Química	1	2	3
As explicações foram boas	1	2	3
As aulas utilizaram de diferentes recursos que enriqueceram o aprendizado	1	2	3
As aulas tiveram uma importância que vai além do conhecimento químico	1	2	3
O trabalho em grupo ajudou na aprendizagem	1	2	3
Os desafios (problemas) realizados em aula foram desafiadores e auxiliaram no processo de aprendizagem	1	2	3
Os desafios eram muito complicados	1	2	3
Quanto a realização de atividades experimentais			
A realização de atividades experimentais facilitou a aprendizagem	1	2	3
A atividades experimental foi motivadora	1	2	3
A atividade experimental foi interessantes mas não contribuíram para a aprendizagem	1	2	3
Quanto ao conhecimento específico			
Você acredita que conseguiu entender as reações de oxirredução envolvidas no tratamento de efluentes	1	2	3
Você acredita que consegui entender como funciona o tratamento de efluentes	1	2	3
Quanto as questões ambientais			
As discussões ambientais em relação a água foram importantes para uma mudança de comportamento em relação as minhas atitudes com o meio ambiente	1	2	3
Você achou importante conhecer o funcionamento de tratamento de efluentes	1	2	3
Falar sobre tratamento de efluentes e poluição da água deixou o estudo das reações redox mais interessante	1	2	3

APÊNDICE K- Quadro com a análise dos artigos da QNEsc

Título/ Autores/ volume e/ou número da revista /Ano de publicação	Abordagem	Sub área	Conte xto	Reação redox	Tema
A procura da vitamina C (Silva, Ferreira e Silva, n. 2, 1995)	Experimental	Orgânica e Bioquímica	C	- Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Saúde
Potencial de redução e eletronegatividade (Lopes, n. 4, 1996)	Teórico	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Hálito culpado, o princípio químico do bafômetro (Braathen, n. 5, 1997)	Experimental	Orgânica	CS	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Pilhas modificadas empregadas no acendimento de lâmpadas (Hioka et al, n. 8, 1998)	Experimental	Inorgânica	C	- Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia
Poluição vs. Tratamento de água: duas faces da mesma moeda (Azevedo, n. 10, 1999)	Teórico	Orgânica	CTA	-Não conceitua - Utiliza ambos os termos	Meio ambiente
Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia (Souza e Barbosa, n. 12, 2000)	Teórico	Inorgânica	CSA	-Não conceitua - Termo estado de oxidação	Meio ambiente
Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio no ar (Braathen, n. 12, 2000)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Pilha de Cu/Mg (Hioka et al, n. 11, 2000)	Experimental	Inorgânica	C	- Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental (Bocchi, Ferracin e Biaggio, n. 11, 2000)	Teórico	Inorgânica	CTA	-Não conceitua - Utiliza potencial padrão	Meio ambiente
Polímeros condutores (Faez et al, n. 11, 2000)	Teórico	Orgânica	CT	-Não conceitua - Termo estado de oxidação	Tecnologia
Uma abordagem alternativa para o ensino da função álcool (Rodrigues et al, n. 12, 2000)	Experimental	Orgânica	CS	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Saúde
Plásticos inteligentes (Paoli, Ed. especial, 2001)	Teórico	Orgânica	CT	- Não conceitua	Tecnologia

				- Não utiliza nenhum dos termos	
Tratando nossos esgotos, processos que imitam a natureza (Guimarães e Nour, Ed. Especial, 2001)	Teórico	Orgânica	CA	- Não conceitua - Ambos os termos	Meio ambiente
Algumas reações do enxofre de impacto ambiental (Cardoso e Franco, n. 15, 2002)	Experimental	Inorgânica	CA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Meio Ambiente
Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis (Villullas, Ticianelli e González, n. 15, 2002)	Teórico	Inorgânica	CTSA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia
Reação relógio iodeto/iodo (Teófilo, Braathen e Rubinger, n. 16, 2002)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Saneamento Ambiental por Métodos Eletroquímicos (Ibanez, n. 15, 2002)	Experimental	Inorgânica	CA	-Não conceitua - Termo estado de oxidação	Meio ambiente
A importância da vitamina C (Fiorucci et al, n. 17, 2003)	Teórico	Bioquímica	CS	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Saúde
Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água (Sanches, Silva e Vieira, n. 17, 2003)	Teórico	Inorgânica	CA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Meio ambiente
Ciclos globais de Carbono, nitrogênio e oxigênio (Martins et al, n. 5, 2003)	Teórico	Inorgânica e Orgânica	CA	- Não conceitua - Utiliza ambos os termos	Meio ambiente
Origem, produção e composição química da cachaça (Pinheiro, Leal e Araújo, n. 18, 2003)	Teórico	Orgânica	CS	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Saúde
Oxidação de metais (Palma e Tiera, n. 18, 2003)	Experimental	Inorgânica	C	- Não conceitua; - Não utiliza nenhum dos termos;	Conteúdo Químico
Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico- (Merçon, Guimarães e Mainier, n. 19, 2004)	Teórico	Inorgânica	CT	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia
Determinação simples de oxigênio dissolvido em água (Ferreira et al, n. 19, 2004)	Experimental	Inorgânica	CTSA	-Não conceitua - Termo estado de oxidação	Meio ambiente
O conceito de oxidação-redução nos livros didáticos de	Teórico	Inorgânica e Orgânica	C	-Não conceitua - Ambos os termos	Conteúdo Químico

Química Orgânica do ensino médio (Mendonça, Campos e Jófili, n. 20, 2004)					
A corrosão na abordagem de cinética Química (Costa et al, n. 22, 2005)	Experimental	Inorgânica	CTS	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia
A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos (Fiorucci e Filho, n. 22, 2005)	Teórico	Inorgânica e Orgânica	CA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Meio Ambiente
A utilização do elemento tecnécio-99m no diagnóstico de patologia (Araújo, n. 6, 2005)	Teórico	Inorgânica	C	-Não conceitua - Termo estado de oxidação	Conteúdo Químico
Experimentos com alumínio (Costa et al, n. 23, 2006)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Preparo e emprego do reagente de Benedict na análise de açúcar: uma proposta para ensino de Química Orgânica (Oliveira, MAIO 2006)	Experimental	Orgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Um estudo sobre a oxidação enzimática e a prevenção do escurecimento de frutas no ensino médio (Carvalho, Lupetti, e Fatibello-Filho, n. 22, 2005)	Experimental	Bioquímica	C	- Conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Um experimento simples envolvendo óxido-redução e diferença de pressão com materiais do dia-a-dia (Junior e Dochi, n. 23, 2006)	Experimental	Inorgânica	CS	- Conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
A maresia no ensino de química (Wartha et al, n. 26, 2007)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Corrosão de metais por produtos de limpeza (Souza et al, n. 26, 2007)	Experimental	Inorgânica	CTSA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia e Meio ambiente
Experimentos para identificação dos íons ferro em medicamentos (Eleotério et al, n. 26, 2007)	Experimental	Inorgânica	C	- Não conceitua - Termo estado de oxidação	Saúde
A Efervescente Reação Entre Dois Oxidantes	Experimental	Inorgânica	CA	-Não conceitua	Meio Ambiente

de Uso Doméstico e a Sua Análise Química por Medição de Espuma (Rezende et al, n. 30, 2008) http://qnesc.s bq.org.br/online/q nesc30/12-EEQ-4707.pdf				- Não utiliza nenhum dos termos	
A questão do mercúrio em lâmpada fluorescente (Júnior e Windmöller, n. 28, 2008)	Teórico	Inorgânica	CA	- Não conceitua - Termo estado de oxidação	Meio ambiente
Escurecimento e Limpeza de Objetos de Prata - Um Experimento Simples e de Fácil Execução Envolvendo Reações de Oxidação-Redução (Sartori, Batista e Fatibello-Filho, n. 30, 2008)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Termo estado de oxidação	Conteúdo Químico
Maresia: Uma proposta para o ensino de eletroquímica (Sanjuan et al, v. 31, n. 3, 2009)	Teórico	Inorgânica	C	- Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar (Scaf, v. 32, n. 3, 2010)	Experimental	Inorgânica	C	- Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Análise Experimental da Resistência à Corrosão e da Velocidade de Corrosão: Uma Proposta Pedagógica (Vaz, Assis, e Codaro, v. 33, n. 1, 2011)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Sistemas Experimentais para o Estudo da Corrosão em Metais (Merçon, Guimarães e Mainier, v. 33, n. 1, 2011)	Experimental	Inorgânica	CTSA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia
Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais (Fraga et al, v. 33, n. 4, 2011)	Experimental	Inorgânica	CS	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Aumentando o Interesse do Alunado pela Química Escolar e Implantação da Nova Proposta Curricular	Experimental	Inorgânica	CA	- Não conceitua - Termo número de oxidação	Meio ambiente

Mineira: Desenvolvimento e Resultados de Projeto Seminal Realizado no PIBID-UFSJ (Pinheiro, v. 34, n. 4, 2012)					
Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA (Rebello et al, v. 34, n. 1, 2012)	Experimental	Inorgânica	CTSA	- Não conceitua - Termo número de oxidação	Tecnologia
Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos (Pazinato et al, v. 34, n. 1, 2012)	Experimental	Orgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Saúde
A Gota Salina de Evans: Um Experimento Investigativo, Construtivo e Interdisciplinar (Matos, Takata e Banczek, v. 35, n. 4, 2013)	Experimental	Inorgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Conteúdo Químico
Construção de Uma Célula Eletrolítica para o Ensino de Eletrólise a Partir de Materiais de Baixo Custo (Sartori et al, Vol. 35, N° 2, 2013)	Experimental	Inorgânica	C	- Conceitua - Termo estado de oxidação	Conteúdo Químico
A Química dos Chás (Braibante et al, v.. 36, n. 3, 2014)	Teórico	Orgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Saúde
Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação (Rosa, Silva e Galvan, prelo, 2014)	Experimental	Bioquímica e Orgânica	C	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Tecnologia
Especiação Química e sua Importância nos Processos de Extração Mineral e de Remediação Ambiental (Ladeira et al, n. 8, 2014)	Teórico	Inorgânica	CA	- Não conceitua - Ambos os termos	Meio Ambiente
Origem e Controle do Fenômeno Drenagem Ácida de Mina (Mello, Duarte, Ladeira, n. 8, 2014)	Teórico	Inorgânica	CA	-Não conceitua - Não utiliza nenhum dos termos	Meio ambiente