

O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil

Keysy S. C. Nogueira¹, Luciane Fernandes de Goes¹ e Carmen Fernandez^{1,2*}

¹Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil; ²Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil; E-mails: keysynogueira@gmail.com, luciane@iq.usp.br, carmen@iq.usp.br

Resumo: Este estudo faz uma análise dos trabalhos relacionados ao ensino de reações redox, entre os anos de 2000 a 2014, apresentados nos eventos científicos brasileiros: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ) na seção de Ensino de Química; Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química (EPPEQ) e Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ). Os resumos foram analisados pelos aspectos: conceitos químicos, ano de publicação, público alvo, estratégia de ensino e instituição de ensino/localização. A análise dos dados revelou um número significativo de propostas de ensino sobre reações redox nesses últimos quatorze anos, com a concentração das propostas de ensino principalmente na região sudeste e nordeste do Brasil. Os trabalhos catalogados denotam ainda, que há um número significativo de pesquisas relacionadas a reações redox principalmente na RASBQ em quase todas as suas edições e no ENEQ de 2014, ano em que houve um salto de resumos que prestigiaram o evento. A maioria dos trabalhos analisados propõe principalmente a experimentação como estratégia didática para o ensino de reações redox.

Palavras-chave: estado da arte, propostas de ensino, reações redox.

Title: The state of the art about the teaching of redox reactions in the main events in the education area in Brazil.

Abstract: This study analyzes the papers related to the teaching of redox reactions between the years 2000 to 2014 presented in Brazilian scientific events: Annual Meeting of the Brazilian Chemical Society (RASBQ) at Chemistry Teaching section; National Meeting of Research in Science Education (ENPEC), Paulista Meeting of Research in Chemistry Teaching (EPPEQ) and the Teaching of Chemistry National Meeting (ENEQ). The abstracts were analyzed by the following aspects: chemical concepts, year of publication, target audience, teaching strategy and teaching institution / location. Data analysis revealed a significant number of educational proposals on redox reactions in these last fourteen years, with most educational proposals mainly in the southeast and northeast of Brazil. The cataloged papers still denote that the issue presents a significant number of research related to redox reactions mainly during RASBQ in almost all your edits and ENEQ 2014, the year that there was an increase of abstracts that attended the event. Most of the analyzed studies mainly proposes the experimentation as a teaching strategy for teaching redox reactions.

Keywords: state of the art, education proposals, redox reactions.

Introdução

As reações redox, caracterizadas pela perda (oxidação) e ganho de elétrons (redução), vem sendo objeto de estudos de diversos pesquisadores (Barke, Hazari e Yitabarek, 2009; Österlund, Berg e Ekborg, 2010; Silverstein, 2011), em consequência das dificuldades relacionadas à sua aprendizagem e ensino em diferentes níveis. Apesar da importância dos processos redox e das suas aplicações cotidianas, estudantes têm problemas em associar o conceito de reações de oxirredução com o contexto do dia a dia (Soudani et al., 2000). Além disso, alguns professores acham o tema difícil de ensinar e, em razão disso, acham que os planos de aula são difíceis de preparar (Ahtee, Asunta e Palm, 2002). Sanjuan et al. (2009) apontam para o fato de muitos professores deixarem este conteúdo para o final do ano letivo, já sabendo que não haverá tempo hábil para trabalhá-lo por terem dificuldades com tal assunto.

Em função das dificuldades apontadas com esse tópico justifica-se um estudo sistemático sobre as propostas de ensino mais frequentes referentes ao conteúdo reações redox. Assim, neste trabalho pretende-se desenvolver uma revisão da literatura do tipo estado da arte nos artigos publicados nos últimos anos em anais dos eventos científicos brasileiros de Ensino de Ciências mais significativos de forma a mapear e analisar as principais produções apresentadas que propõem como objeto de investigação o conteúdo de reações redox e assim analisar de que forma esse tópico tem sido abordado nas salas de aula brasileiras. Para tanto, nossos dados serão constituídos pelos anais do Encontro Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ), do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), do Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química (EPPEQ) e do Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), referentes ao período de 2000 a 2014.

Fundamentação teórica

Na literatura encontram-se diversos estudos que relatam as concepções dos estudantes e as dificuldades conceituais com relação a noções como: redução, corrente elétrica, condutibilidade elétrica em soluções, representação de reações redox, potencial de redução, dependência entre as reações de redução e as de oxidação, o processo de transferência de elétrons, o significado do número de oxidação, identificação dos reagentes como redutores e oxidantes, identificação de reações redox e balanceamento de reações redox (Garnett, Treagust, 1992a; 1992b; De Jong et al., 2002). Além disso, os alunos tem dificuldade em diferenciar as reações no nível macroscópico e microscópico (Barke, Hazari, Yitbarek, 2009).

Segundo alguns estudos o conteúdo reações redox é difícil de ser compreendido por estudantes, pelo uso de vocabulário inadequado evocado pelo professor, que não favorece a aprendizagem, a presença de erros conceituais, a ênfase na explicação quantitativa e a adoção de linguagem inexpressiva em livros didáticos (Sanger e Greenbowe, 1999). Para De Jong e Treagust (2002) as principais limitações dos alunos em aprender os

conceitos que envolvem as reações redox, repousaria na dificuldade em identificar a espécie química que sofreu a oxidação e a redução, além da incompreensão sobre a definição e os valores do potencial padrão de redução entre outros aspectos. Segundo alguns estudos, as barreiras para a aprendizagem desse conteúdo estariam fundamentadas na dificuldade do discente em entender o significado do sinal negativo e positivo adotados, para identificar em uma reação redox quem perdeu ou ganhou elétrons, levando-o a sinalizar erroneamente que a espécie que oxida fica com carga negativa e a que reduziu carga positiva (Garnett e Treagust, 1992; Ogude e Bradley, 1996; Sanger e Greenbowe, 1997).

As dificuldades dos alunos sobre reações redox relatadas na literatura são as mesmas que permeiam o universo de obstáculos dos docentes tanto no processo de aprender como no de ensinar (De Jong, Acampo e Verdonk e 1995). Essas dificuldades levam alguns professores considerarem o preparo de planos de aula, sobre essa temática, difíceis de serem elaborados (Ahtee, Asunta e Palm, 2002). Em consonância, Sanjuan e colaboradores (2009) argumentam que muitos professores, por terem dificuldades com o assunto, deixam este conteúdo para o final do ano letivo, prevendo que não haverá tempo hábil para trabalhá-lo.

Estado da arte

Diversos estudos intitulados estado da arte têm sido publicados no Brasil nos últimos anos (André et al., 1999; Ferreira, 2002; Goes e Fernandez, 2013; Rink e Megid, 2009; Romanowski e Ens, 2006). Este tipo de investigação apresenta as seguintes características:

[...] como de caráter bibliográfico, elas parecem trazer em comum o desafio de mapear e de discutir certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares [...] Também são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar, à luz de categorias e facetas que se caracterizam enquanto tais em cada trabalho e no conjunto deles, sob os quais o fenômeno passa a ser analisado (Ferreira, 2002, p. 258).

A pesquisa do tipo estado da arte permite a catalogação de trabalhos ao longo de um período sobre um determinado tema de estudo, o que possibilita ao pesquisador analisar como as investigações em uma determinada área de seu interesse científico vêm sendo estruturada; mapear os principais referenciais teóricos adotados e as tendências metodológicas; entre outros aspectos. Para Melo (2006) a pesquisa do tipo estado da arte permite um olhar sintético, mas integrado do conhecimento a cerca de uma temática.

Breve histórico dos eventos

A RASBQ é um evento promovido pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e acontece anualmente desde 1978. Ela é considerada o maior evento de química da América Latina e conta, em média, com 2500 pesquisadores e a apresentação de 2200 trabalhos, distribuídos pelas

divisões científicas. Em sua edição de 2014, contou com a apresentação de 1767 trabalhos, sendo 161 da divisão de ensino de química. A história de vida do ENPEC é mais recente, sua primeira edição ocorreu em 1997, com a participação de 135 afiliados e a apresentação de 128 trabalhos. Suas edições são bienais e abertas a pesquisadores não restritos a química, mas abrange a biologia, a física, a matemática, a geociências, entre outras. Em seu penúltimo encontro, no ano de 2013, ocorreram 171 apresentações orais, com um total de 1307 participantes (329 professores de ensino superior e pesquisadores, 544 pós-graduandos e 146 graduandos). Com pouco mais de uma década, o EPPEQ foi idealizado por um grupo de professores de instituições públicas de ensino superior do estado de São Paulo, que constituíam uma equipe de trabalho criada em 1998, o "Química Integradas". Em sua primeira versão, este encontro contou com a participação de 110 inscritos e a apresentação de 64 trabalhos. O ENEQ é um evento bienal, da Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química, que acontece desde 1982, no entanto, até 1992 ocorreu em conjunto com as reuniões anuais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC (Gallo Netto, 2006). Em sua última edição, 2014, o ENEQ contou com 1069 trabalhos aprovados, um número recorde para este evento científico.

Metodologia

Classificamos nossa pesquisa como qualitativa/quantitativa baseada no estado da arte, pois nosso olhar estará voltado para um período específico que permeia a publicação de trabalhos apresentados nos principais eventos de educação no Brasil, com o intuito de identificar como estão sendo desenvolvidas propostas de ensino sobre reações redox.

Coleta de dados e procedimento de análise

Nossa coleta de dados iniciou-se, a priori, com a pesquisa nos sites dos eventos nacionais investigados para conhecer os trabalhos desenvolvidos sobre o conteúdo de reações redox, tanto nas sessões do ensino de química quanto nas demais sessões de ensino que permeavam a história da ciência, formação de professores, entre outras, da RASBQ, do ENPEC, do ENEQ e do EPPEQ. O mapeamento dos trabalhos foi feito no período de 2000 a 2014, por meio de sua disponibilidade em sites e/ou CD-ROM, sendo selecionadas as pesquisas que permeavam as palavras-chave: reação redox, oxidação, redução, antioxidantes, radicais livres e eletroquímica, nos campos: títulos, palavras-chave e resumos. Não foi possível o acesso aos anais do X e XI ENEQ (2000 e 2002), sendo assim, para esses eventos, as buscas foram apenas nas edições de 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 e 2014.

Posteriormente, fizemos as análises das pesquisas selecionadas, lendo cada trabalho na íntegra com o objetivo de identificar alguns dos descritores definidos para essa pesquisa, que serão detalhados ao longo do texto. Segundo a literatura os descritores são utilizados para indicar os aspectos analisados nas pesquisas investigadas, que facilitam a análise dos dados e a classificação dos resumos (Megid Neto 1999; Romanowski, 2002). Para Megid Neto (1999) os descritores permitem "a análise de tendências das pesquisas e retenção de informações importantes [...]." (p. 37). Em sua dissertação de mestrado o autor discorre sobre alguns descritores, a saber:

Autor: refere-se à identificação do primeiro autor da pesquisa e à sua titulação.

Público alvo: faz referência ao nível de ensino em que os autores propõem que sejam desenvolvidas as suas propostas de ensino. Para tanto buscaremos por trabalhos relacionados ao ensino fundamental I (1º ao 5º anos) e II (6º ao 9º), Ensino Médio (EM) e Ensino Superior.

Estratégia de ensino: relaciona-se com o caminho adotado pelo docente para direcionar a aprendizagem em sua proposta didática. Seriam os instrumentos utilizados pelo professor que a priori facilitaria a aprendizagem dos alunos.

Instituição de origem: neste item são identificadas as principais instituições.

Conceitos químicos: identifica os principais conceitos químicos abordados nas pesquisas.

Nas pesquisas de Estado da Arte a leitura dos trabalhos em sua totalidade é uma etapa fundamental, pois a leitura apenas dos resumos, geralmente não revela os aspectos essenciais das investigações como, por exemplo, o aporte teórico que o fundamenta, tendo como possível consequência, a sua classificação errônea (Ferreira, 2002).

Resultados

Durante a análise dos anais, foram catalogados 100 trabalhos, sendo que 37 correspondiam à RASBQ, 9 ao ENPEC, 12 ao EPPEQ e 42 ao ENEQ. Na Tabela 1 apresentamos a distribuição dos trabalhos por evento ao longo dos anos pesquisados. É importante ressaltar que, como no ano de 2006 o III EPPEQ ocorreu simultaneamente com o XIII ENEQ, os trabalhos foram contabilizados apenas uma vez. No total temos, ao longo de quatorze anos, 2478 trabalhos na divisão de ensino da RASBQ; 5154 no ENPEC; 3811 no ENEQ; e 544 no EPPEQ, o que significa que apenas 1,5%; 0,2%; 1,1%; e 2,2% dos trabalhos inscritos nos eventos, respectivamente, correspondem a pesquisas que tiveram como objeto de estudo o conteúdo de reações redox.

Ano	RASBQ	ENPEC	EPPEQ	ENEQ	Total
2000	1	-	-	-	1
2001	2	0	-	-	2
2002	3	-	-	-	3
2003	2	0	-	-	2
2004	6	-	1	1	8
2005	2	2	4	-	8
2006	1	-	4	-	5
2007	0	0	1	-	1
2008	4	-	-	3	7
2009	2	3	0	-	5
2010	1	-	-	5	6
2011	4	2	2	-	8
2012	1	-	-	8	9
2013	1	2	0	-	3
2014	7	-	-	25	32

Tabela 1.- Distribuição dos trabalhos por evento no período de 2000 a 2014.

Ao longo dos anos de 2000 a 2014, o número de trabalhos com o conteúdo reações redox como eixo norteador submetidos nos encontros, oscilou significativamente, tendo seus menores valores no ano de 2000, reflexo talvez da inexistência do ENPEC, EPPEQ e ENEQ, e no ano de 2007, marcado pela inexistência de resumos que contemplasse essa temática na RASBQ e no ENPEC. Por outro lado, a maior expressividade ocorreu no ano de 2014 devido a submissão de 7 resumos na RASBQ e de 25 pesquisas ao ENEQ, o que representou 2,5% do total de trabalhos desse ano nesse evento.

Os trabalhos selecionados estão organizados na Tabela 2 de acordo com a instituição de ensino e a sua localização regional brasileira. Contudo, três universidades internacionais, Universidade Iberoamericana do México, Universidade Nacional Autónoma do México e Universidade Manuela Beltrán da Colômbia contribuíram cada uma com um trabalho, representando 3% das pesquisas apresentadas entre 2000 a 2014.

Os dados apresentados na Tabela 2 revelaram que a região com maior número de trabalhos é a sudeste, com 52% das produções, em seguida a região nordeste com 26%, a região sul representando 13% e, por último, as regiões centro-oeste e norte, que contribuem cada uma com 4% dos trabalhos. O fato da maior parcela das pesquisas apresentadas nesses encontros estar alocada na região sudeste, pode ser reflexo da RASBQ, do ENPEC e do EPPEQ serem sediados, quase que exclusivamente nessa região brasileira. O ENEQ é um dos poucos eventos que abrange, a cada ano de sua realização, uma região diferente do Brasil, exceto a região norte que, de 2000 a 2014, não foi agraciada nenhuma vez com esse encontro. Em relação às três instituições com maior número de publicações, a primeira é a Universidade de São Paulo (USP) com quinze trabalhos (15%), seguida da Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ambas as instituições com sete trabalhos.

A presença de elementos descritos ao longo do resumo, como: público-alvo, formação de professor, experimento para nível superior, desenvolvimento de material didático, entre outros, permitiu a identificação do nível de ensino abrangido nos trabalhos. Agrupamos os níveis de ensino em quatro descritores: médio, superior, médio e superior, e não especificado, representados na Figura 1.

Como ilustrado na Figura 1, o público alvo de 49 trabalhos eram alunos do ensino médio (49%) e de 35 trabalhos eram discentes do ensino superior (35%). Contudo, alguns dos resumos sugeriam que a sua proposta de ensino fosse desenvolvida tanto no nível médio, quanto no superior, o que nos levou a classificá-los na modalidade de ensino médio e superior (2%). Apenas um trabalho analisado (1%) propunha o desenvolvimento de sua atividade a alunos do ensino técnico. Contudo, alguns dos trabalhos catalogados, não apresentavam elementos que pudéssemos identificar os seus sujeitos de pesquisas, resultando na distribuição em não especificado, o que representa 13% dos trabalhos.

Nossa análise também permeou a tabulação dos dados segundo as estratégias de ensino. Para tanto, classificamos as pesquisas por meio de quatorze descritores que representam a principal estratégia adotada pelos autores em suas propostas para desenvolver o conteúdo redox.

Instituição de ensino	UF	Total	Região
Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ	6	
Universidade Federal do ABC	SP	1	
Universidade Federal de Minas Gerais	MG	2	
Centro de Tecnologia e Beleza do SENAC	SP	1	
Universidade de São Paulo	SP	15	
Universidade Federal Fluminense	RJ	7	
Instituto Harris	SP	1	
Universidade Federal de Uberlândia	MG	6	
Universidade Federal de Viçosa	MG	1	
Universidade Federal de São Carlos	SP	1	
Universidade Estadual do Norte Fluminense	RJ	1	
Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho"	SP	4	
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	MG	2	
Universidade Federal de Juiz de Fora	MG	1	
Não especificado*	SP	1	
Escola Estadual Governador Milton Campos	SP	1	
Universidade Estadual do Centro-Oeste	PR	1	
Universidade Estadual de Ponta Grossa	PR	2	
Universidade Federal do Rio Grande	RS	1	
Universidade Regional de Blumenau	SC	1	
Universidade Estadual de Maringá	PR	2	
Universidade Estadual de Londrina	PR	1	
Universidade Federal de Santa Maria	RS	2	
Centro Universitário Unidade Integrada Vale do Taquari	RS	1	
Universidade Federal de Santa Catarina	SC	1	
Instituto Federal do Rio Grande do Sul	RS	1	
Universidade Federal de Sergipe	SE	4	
Faculdade Pio Décimo	SE	1	
Universidade do Estado da Bahia	BA	1	
Universidade Federal de Pernambuco	PE	3	
Instituto Federal do Maranhão	MA	1	
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	RN	3	
Universidade Federal Rural de Pernambuco	PE	7	
Instituto Federal de Alagoas	AL	2	
Instituto Federal Baiano	BA	1	
Instituto Federal do Rio Grande do Norte	RN	1	
Universidade Estadual de Santa Cruz	BA	1	
Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara	GO	1	
Instituto Federal do Mato Grosso do Sul	MS	1	
Instituto Federal de Goiás	GO	1	
Universidade Federal do Mato Grosso	MT	1	
Universidade Federal do Pará	PA	2	
Universidade Federal do Acre	AC	1	
Universidade Estadual de Roraima	RO	1	
Total		97	

Tabela 2.- Distribuição dos trabalhos apresentados na RASBQ, no ENPEC, no ENEQ e no EPPEQ de acordo com a Instituição de Ensino e sua localização regional. *O trabalho foi classificado "não especificado", pois não há sinalização de sua instituição de ensino no seu resumo, apenas a sua localização regional.

Nessa perspectiva, como ilustrado na Tabela 3, distribuimos os resumos de acordo com a principal estratégia adotada relatada ao longo do trabalho. Apenas um trabalho, dentre os 100, não foi possível o acesso do seu resumo completo, apenas ao título do trabalho, o nome dos autores e suas instituições, nos impossibilitando de analisar a sua estratégia e consequentemente a sua classificação em um dos descritores.

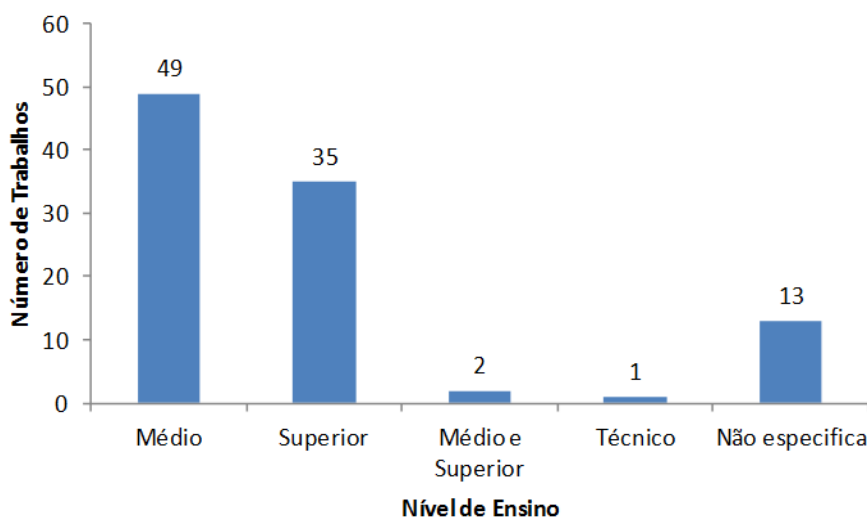


Figura 1.- Gráfico sobre o nível de ensino dos trabalhos apresentados na RASBQ, no ENPEC, no ENEQ e no EPPEQ, no período de 2000 a 2014.

Estratégia de ensino	Total
Experimento	52
Questionário	12
Sequência didática	10
Curso/Minicurso/Oficina	6
Estudo de caso	2
FlexQuest	2
Leitura de texto	2
Mapas conceituais	2
Recursos multimídia (vídeo)	2
Resolução de exercícios	3
Atividade investigativa	1
Interesse dos alunos	1
Jogos	2
Outros	2

Tabela 3.- Estratégias de ensino adotadas nos trabalhos da RASBQ, ENPEC, ENEQ e EPPEQ, nos anos de 2000 a 2014.

De modo geral, os principais conteúdos químicos que permeavam as propostas de ensino eram a corrosão, reações redox, número de oxidação (Nox), a cinética das reações químicas, pilha, eletrólise, bateria, entre outros. Mais da metade dos resumos (52%) propuserem como estratégia de ensino para o conteúdo redox práticas experimentais, em que alguns permeavam a abordagem por investigação, outros por demonstração, entre outros. A maioria das temáticas trabalhadas nesses experimentos tinham

como temas pilhas, baterias e corrosão. Além disso, foi constatado que muitos autores tinham por finalidade desenvolver experimentos de baixo custo como discorre Neves e colaboradores (2004, p.1) que argumentam que os objetivos de seu trabalho “[...]incluem a montagem de um gerador de ozônio de baixo custo para uso em laboratório de ensino a partir de componentes simples, e o desenvolvimento de ensaios envolvendo propriedades do ozônio aplicáveis em aulas experimentais”. Doze pesquisas utilizaram o questionário como estratégia, estas foram agrupadas no descritor Questionário. Um dos trabalhos agrupado neste descritor investigou a concepção de docentes sobre radicais livres e antioxidantes, além disso, envolvia a compreensão de como os docentes estruturam suas práticas de ensino sobre o conteúdo de reações redox. Um segundo investigou a concepção de alunos do ensino médio sobre a pilha de Daniell, e os aspectos técnicos científicos existentes em suas representações. Sendo que um dos pesquisadores buscou ainda averiguar qual visão epistemológica dos futuros docentes em química, por meio, da construção de modelos explicativos sobre o flogisto. Um dos autores argumentou que para desenvolver seu trabalho que tinha por propósito investigar as concepções alternativas de alunos do ensino médio “foi elaborado um instrumento (questionário) exploratório contendo seis questões com o intuito de identificar a presença de concepções alternativas sobre eletroquímica” (Igne et al., 2005, p.1).

Dez trabalhos pertencem ao descritor Sequência didática. Os três primeiros trabalhos analisados abordaram o conteúdo de eletroquímica utilizando como estratégia o desenvolvimento de uma sequência de ensino. Nessa perspectiva, um dos trabalhos propôs a análise e discussão do processo de validação de uma sequência de ensino. No quarto resumo, o pesquisador desenvolveu uma sequência didática a partir da temática maresia, sendo que o quinto resumo que compõe este descritor, o autor propôs o planejamento e implementação de uma unidade de aprendizagem sobre corrosão e suas reações de oxirredução, tendo como temática a maresia. No sexto, o autor propôs analisar o planejamento de uma sequência de aulas experimentais, mais especificamente, classificar os tipos de tarefas instrucionais previstas nos roteiros de aulas práticas de pilhas eletroquímicas, propostas por três professoras.

Um dos trabalhos agrupados em Curso/Minicurso/Oficina propunha a análise de situações concretas de ensino de eletroquímica por docentes de química de nível básico por meio da experimentação e planejamento de sequências didáticas a serem aplicadas pelos professores em contextos reais de sala de aula. Para tanto, o autor desenvolveu seu projeto em um curso de formação continuada para professores, enquanto outro pesquisador buscou analisar se a implementação de um minicurso, estruturado segundo a metodologia de prática investigativa, possibilitaria alcançar uma aprendizagem significativa e uma aproximação dos alunos com a disciplina de química. Este trabalho foi apresentado em dois eventos distintos, o que nos levou a contabilizá-lo duas vezes. Um terceiro trabalho deste descritor investigou as dificuldades de aprendizagem de um grupo de licenciandos em química sobre o tema de eletroquímica, para tanto o autor argumenta que o “[...] trabalho foi desenvolvido no contexto de um minicurso realizado como parte do Programa de Formação Complementar”

(Freire, Silva Júnior, Silva, 2011, p.4). O quarto trabalho categorizado neste descritor desenvolve sua pesquisa por meio de uma oficina com ações voltadas à Educação Ambiental baseada nos três R's, tendo como temática "reciclagem de pilhas e baterias" e envolvendo conceitos básicos de reações redox.

No descritor Estudo de caso, o autor de um dos resumos catalogados apresenta "[...] os resultados obtidos em uma primeira experiência didática onde se pretende analisar o aprendizado do tema eletroquímica mediado pela metodologia de EC no ensino superior" (Czekster, Agostinho e Maximiano, 2011, p.1). O autor propôs como problema o percalço vivenciado por uma mineradora que precisava mudar seu método de extração de um metal, em decorrência da mudança de sua fonte de matéria prima. Na segunda investigação o pesquisador propôs desenvolver o tema de eletroquímica, de forma investigativa e por problematização, tendo como fundamentação a Aprendizagem Baseada em Casos (ABC) e desenvolvida por meio do sistema informático Espaço Virtual de Aprendizagem (EVA).

Dois trabalhos foram agrupados no descritor FlexQuest, entretanto, ambos pertencem ao mesmo autor e discorrem sobre os mesmos resultados de pesquisas. Essas pesquisas analisaram como docentes da educação básica estruturaram, para o ensino de eletroquímica, uma FlexQuest, que consiste em uma estratégia baseada na WebQuest conceituada na literatura como "[...] uma atividade orientada para a pesquisa em que alguma, ou toda a informação com que os alunos interagem são recursos provenientes da internet" (Heide e Stilborn, 2000, p.154). Contudo, a FlexQuest diferencia-se da WebQuest, por ter como fundamentação teórica a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) e por ter como questão problema "[...] casos existentes na internet e não de explicações e interpretações sobre determinados conteúdos [...]" (Aleixo, Leão e Souza, 2008, p.122).

Os trabalhos que compõem o descritor Leitura de textos apresentam o mesmo título e autor, sendo que em sua primeira versão a pesquisa desenvolveu o conteúdo de reações redox por meio de conceito de antioxidantes e radicais livres, adotando como estratégia a "[...] aplicação da leitura do artigo: "A importância da vitamina C na sociedade através dos tempos [...]" (Torralbo e Faljoni-Alario, 2005, p.1). Em sua segunda versão, os autores estruturam seu texto dando um enfoque maior para a utilização de artigos disponíveis em um periódico científico no ensino e não mais para o conteúdo.

No descritor Mapas conceituais, observa-se em um dos resumos, a busca do autor em "[...] verificar como os alunos do curso de Licenciatura em Química (...) estabelecem relações entre conceitos, através da construção de mapas, e aplicá-los na avaliação do conhecimento sobre reações de oxirredução" (Masson et al., 2002, p.1). No segundo resumo o objeto de investigação estava pautado em conhecer o que os docentes sabiam sobre o uso de mapas conceituais, estabelecendo o conceito de reações redox como conteúdo norteador.

Em relação ao descritor Recursos multimídia, uma das pesquisas investigou a adoção de multimídias (vídeos) nas aulas, para ensinar o tema de radicais livres e antioxidantes no ensino médio, enquanto a outra proposta utilizou como estratégia a produção de "[...]um vídeo no âmbito

do projeto "Tecnologias digitais na formação de professores" cuja temática se refere as reações de oxirredução" (Aguiar, Sobreira e Silva, 2006, p.1). Os vídeos produzidos pelos alunos, de uma licenciatura em química, deveriam tratar sobre o conteúdo redox.

Nos resumos distribuídos em Resolução de exercícios, o autor propôs investigar as dificuldades dos discentes em relação à eletroquímica "Mediante aplicação de um teste a um pequeno grupo de alunos [...]" (Barros e Braga, 2001, p.1), constituído por questões de vestibulares de ingresso a uma universidade federal da região. O segundo resumo catalogado consistiu na ampliação das análises dos dados do primeiro trabalho, pois ambos tinham o mesmo autor principal sendo que, na segunda versão apresentada em um evento diferente, buscou relacionar os erros e ou acertos de seus sujeitos de pesquisa na resolução dos exercícios, com os recursos didáticos utilizados pelos docentes.

Em relação ao descritor Atividade investigativa, o trabalho desenvolve uma atividade investigativa sobre reações redox em compostos orgânicos tendo como eixo norteador questões problemas envolvendo o conceito de radicais livres e antioxidantes. Na visão do autor a "[...] utilização de atividades investigativas partindo de problemas se apresenta como uma metodologia bastante adequada para o ensino de química, pois consegue não só aumentar o interesse por parte dos alunos [...]" (Pitanga e Oliveira, 2009, p.1).

O descritor Interesse dos alunos apresenta um trabalho no qual o pesquisador propôs como estratégia "[...] incorporar os interesses dos alunos no ensino de eletroquímica [...]" (Ramos et al., 2010, p.1). Para o autor os conceitos a serem aprendidos por seus discentes estavam coesos com a proposição do currículo estadual de sua região.

Em um dos trabalhos contido no descritor Jogo seu autor discorre que visualiza essa estratégia como "Uma possibilidade para buscar uma melhoria no ensino de Eletroquímica é o jogo didático, que se preparado de forma a delimitar bem as funções lúdica e educativa [...]" (Silva e Lopes, 2012, p.1). O jogo proposto, denominado "Super redox", teve por objetivo desenvolver o conceito de semireações de redução, o balanceamento de reações, entre outros. Por outro lado, o segundo estudo que compõe este descritor propõe o jogo "Eletroforca" para desenvolver o conteúdo de eletroquímica, discorrendo que o jogo foi proposto principalmente "[...] com o intuito de identificar, aspectos vários acerca das atitudes dos alunos frente aos métodos tradicional e lúdico utilizados nas aulas de química de eletroquímica" (Maciel, Santos e Nóbrega, 2014, p.5279) O autor discorre que o jogo consistia basicamente em perguntas relacionadas à eletroquímica, nas quais os alunos deveriam responder corretamente, para evitar o enforcamento de um personagem fictício que o compunha e ser o ganhador. Em seu resumo o pesquisador não faz a apresentação dos conceitos que permearam as perguntas realizadas durante o jogo.

No descritor Outros foram agrupados dois trabalhos que, devido a sua especificidade, não permeavam nenhum dos descritores apresentados anteriormente. Em um dos resumos, seu autor propõe um estudo comparativo acerca da prática docente de dois professores sobre o ensino de pilha eletroquímica (Barroso e Kermen, 2014). Enquanto que no

segundo, os pesquisadores utilizaram a estratégia metavisual para ajudar alunos do ensino médio a compreenderem os tamanhos diferentes de átomos e íons em uma reação eletroquímica (Locatelli e Arroio, 2014). Para tanto, os autores propuseram inicialmente que os alunos observassem um experimento e ao termino os alunos, em dupla, deveriam propor uma representação submicroscópica da interação. Posteriormente os pesquisadores forneciam alguns desenhos, para que os alunos comparassem com os seus, e pudessem reconstruir seu desenho e, conseqüentemente, seu entendimento a partir da estratégia metavisual.

A experimentação

Durante a análise dos trabalhos catalogados, houve predominância de pesquisas que propunham a experimentação como metodologia didática para o desenvolvimento do conteúdo redox, representando 52 trabalhos dos 100 investigados. Na Figura 2, apresenta-se o número de trabalhos que permearam a experimentação entre os anos de 2000 a 2014.

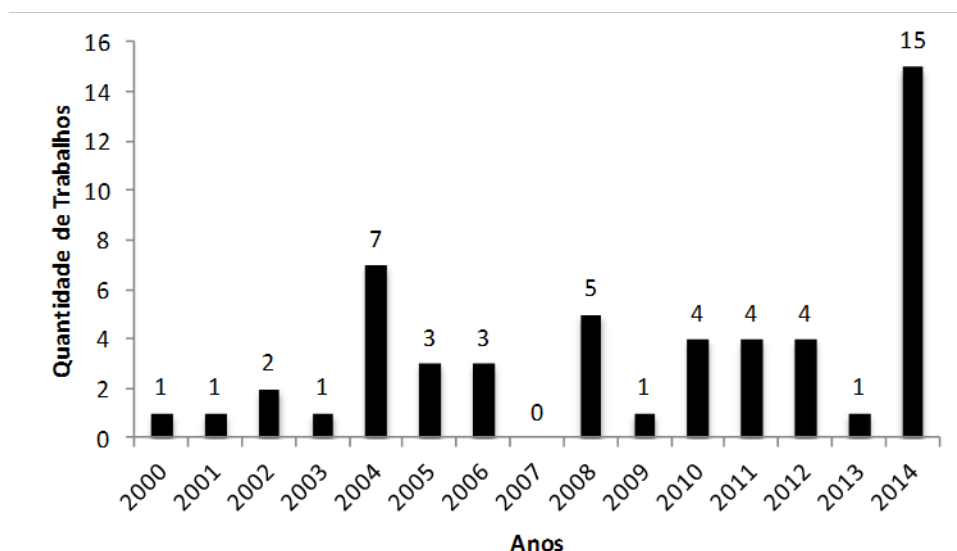


Figura 2.- Distribuição dos trabalhos apresentados na RASBO, no ENPEC, no ENEQ e no EPPEQ, entre 2000 a 2014, em que a estratégia didática era a experimentação.

Discussão

Como podemos observar pelos dados apresentado na Figura 2, entre 2010 a 2012 manteve-se uma média de quatro trabalhos por ano que adotaram a experimentação como estratégia didática, sendo que os anos com menor índice de publicações foram 2000, 2001, 2003 e 2013, com apenas um trabalho permeando as pesquisas apresentadas nos eventos nacionais brasileiros. Contudo, no ano de 2007 essa estratégia não foi contemplada. Por outro lado, no ano de 2014, tivemos 15 pesquisas que adotaram a experimentação como estratégia, no ensino de reações redox, representando um aumento de 28%.

Em decorrência do número significativo dos resumos catalogados estarem relacionados à experimentação, iremos explorá-los buscando

indícios dos descritores adaptados das categorias propostas de Araújo e Abib (2003) no trabalho intitulado "Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades". Neste artigo os autores propõem quatro categorias associadas às metodologias experimentais adotadas nos artigos da área de física que analisaram:

a) Ênfase Matemática - [...] verificar a ênfase matemática adotada na abordagem dos conceitos físicos, ou seja, o nível de matematização e de utilização do formalismo matemático, classificando-se os trabalhos neste momento em Qualitativos e Quantitativos.

b) Grau de Direcionamento – Procurou-se verificar o grau de direcionamento das atividades propostas em função de seu caráter de Demonstração, Verificação ou Investigação [...].

c) Uso de Novas Tecnologias - Procurou-se detectar o uso de novas tecnologias, com o emprego de computadores e programas específicos para atividades práticas de laboratório ou de simulação.

d) Cotidiano - Nesta categoria foi verificado se o texto dos artigos relacionava os fenômenos físicos abordados com situações típicas encontradas no cotidiano [...].

e) Montagem de Equipamentos – Nesta categoria foram classificados os artigos que procuravam explicitar a montagem de determinados equipamentos, abordando detalhes envolvidos em sua confecção e fornecendo possíveis aplicações para os mesmos. (Araújo e Abib, 2003, p. 177).

Inspirados nessas categorias propostas pelos autores, desenvolvemos descritores emergentes também de nossa análise dos artigos catalogados. Os descritores propostos são, a saber:

Demonstração: relaciona-se às atividades experimentais que geralmente são adotadas para auxiliar o docente na explicação de um determinado fenômeno, sem a necessidade de um laboratório, na qual o professor geralmente é o sujeito da ação e os alunos, observadores. Os experimentos demonstrativos podem ser desenvolvidos no ambiente escolar para explicar conceitos químicos, em diferentes níveis representacionais (macroscópico, simbólico e representacional).

Verificação: são experimentos desenvolvidos com o intuito de verificar a veracidade de uma teoria, de modo que o conhecimento empírico seja testado e suscite a argumentação. A aplicação de experimento, por vezes, está fundamentada na matematização que permeia a proposta, seja para verificar uma lei da química como, por exemplo, a eletroquímica. Consideramos ainda experimentos de verificação os que propunham analisar o rendimento de certas reações por meio da utilização de equipamentos de laboratório.

Investigação: o experimento por investigação utiliza abordagens não estruturadas, para que o aluno seja inserido em um ambiente que propicie pequenas investigações e o desenvolvimento de habilidades relacionadas aos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Neste tipo de experimento há uma maior liberdade do discente em construir hipóteses,

levando ao possível desenvolvimento de habilidades relacionadas à observação e principalmente ao seu desenvolvimento intelectual.

Materiais alternativos: relaciona-se à adoção de materiais de baixo custo na confecção de instrumentos (vidrarias, equipamentos, entre outros) para aula de laboratório, possibilitando a realização de experimentos em ambientes escolares que não tem em sua infraestrutura laboratórios.

Readequação de técnicas experimentais/verde: experimentos adaptados levando-se em consideração os princípios de química verde, normalmente voltados para terem menor impacto no meio ambiente. Consideramos também aqueles trabalhos quando a adaptação do experimento está relacionada ao uso de reagentes e materiais que são mais facilmente encontrados nos laboratórios.

Novas tecnologias: são propostas de práticas experimentais, que utilizam simuladores e/ou laboratórios virtuais.

Outros: propostas experimentais que adotam técnicas específicas, para o desenvolvimento de aulas de laboratório.

Em consonância com esses descritores, os 52 trabalhos agrupados em experimentação foram subdivididos para que fosse possível identificar as estratégias de ensino adotadas e distribuí-las em um dos sete novos descritores acima definidos, como mostra a tabela 4.

Descritor	Total
Demonstração	18
Investigação	8
Materiais alternativos	14
Readequação de técnicas experimentais/verde	5
Verificação	8
Novas tecnologias	2
Outros	1

Tabela 4.- Trabalhos catalogados nos descritores de experimentação.

Vale ressaltar que esses descritores não são excludentes, ou seja, um trabalho pode pertencer a dois ou mais descritores simultaneamente como, por exemplo, os autores Dochi e Francisco Júnior (2005) apresentam uma proposta que pode ser categorizada tanto no descritor Demonstração como em Materiais alternativos, pois a prática experimental proposta em sua totalidade está alicerçada na utilização de materiais de baixo custo como, por exemplo, seringa, vinagre, palha de aço, entre outros. A seguir, vamos discutir os trabalhos catalogados em um dos cinco descritores.

Demonstração

Neste descritor foram catalogados dezoito resumos (34,6%). Nesse universo, dois autores de diferentes pesquisas, propuseram o experimento de escurecimento e limpeza de objetos de prata, utilizando materiais de baixo custo. Um dos autores argumenta que a partir desse experimento foi “[...] possível demonstrar de uma maneira simples e alternativa aos alunos, os conceitos envolvidos [...]” (Sartori, Batista e Fatibello-Filho, 2008, p.1). Outro resumo analisado propõe a seleção de experimentos que

possibilitasse a visualização de reações de oxirredução e posteriormente a sua explicação teórica, sendo que os experimentos selecionados foram: oxidação do manganês; o bafômetro e o experimento de escurecimento e limpeza de objetos de prata é utilizado mais uma vez. Para o autor, com as mudanças de cor observadas nas práticas de laboratório escolhidas, foi possível desenvolver conteúdos relacionados a reações redox de compostos orgânicos, entre outros.

Por outro lado, em um dos trabalhos analisados, seu proponente propõe a elaboração de um experimento para ser utilizado por docentes no desenvolvimento teórico de hidrogenação em química orgânica e eletroquímica. Contudo, como o autor, discorre apenas como o experimento é desenvolvido e o rendimento de seus produtos, isso nos levou a classificá-lo como Demonstrativo. Algumas das propostas de ensino mostraram-se inovadores, como o trabalho de Méndez e Pérez (2004), que elaboraram uma prática experimental envolvendo a pulsação, que consistiu em um experimento que provocou a alteração do menisco pela reação de oxidação resultante do contato de uma agulha de ferro com o mercúrio. Em consonância, outro pesquisador, argumenta que por meio de um experimento, envolvendo revelação fotográfica, foi possível desenvolver o conteúdo de oxirredução e a reatividade química de metais. Na visão do autor, este experimento propiciou o envolvimento e a apreciação dos discentes apesar de seu caráter demonstrativo (Kreuz, Scharf e Silva, 2012).

Verificação

Neste descritor foram catalogados oito trabalhos (15,4%), o que revela que alguns autores consideram a prática experimental, por meio dessa abordagem, uma estratégia pertinente para ser desenvolvida em aulas de química. Nesse sentido, em um dos resumos o autor propõe por meio de um experimento envolvendo as reações de redução de aldeídos e cetonas a álcoois com borohidreto de sódio, uma possível estratégia para trabalhar o conteúdo envolvendo reações redox (Guzzo et al., 2012).

Outro autor propôs um experimento envolvendo a reação entre ouro e água régia para o ensino de conceitos envolvendo a eletroquímica. Nessa perspectiva, seu proponente busca explicar que o objetivo do experimento era mostrar que a reação entre o ouro e a água régia:

[...] se torna espontânea em virtude da formação do complexo AuCl_4^- ; realizar cálculos termodinâmicos de ΔE^0 e ΔE para a reação global, onde o íon NO_3^- , oxidante, é reduzido a NO_2 ; realizar experimentos que confirmem as previsões teóricas da termodinâmica. (Souza et al., 2008, p.1).

Um dos resumos propõe avaliar a ação de radicais produzidos nas reações de Fenton, por meio de um experimento utilizando o vermelho de metila e azul de metileno. Segundo resultados obtidos experimentalmente "As espécies químicas obtidas a partir das reações de Fenton se mostraram eficientes na degradação do vermelho de metila e azul de metileno [...]" (Santos e Silva, 2009, p.1). Em uma das propostas didáticas há a proposição em determinar o teor de cloro em alvejantes por titulação de

oxirredução. Segundo os pesquisadores, o cálculo do teor de cloro foi possível, pois:

Como o cloro ativo é uma unidade de comparação entre o poder oxidante de vários compostos clorados, ele pode ser calculado convertendo-se a porcentagem em massa de hipoclorito de sódio, no seu equivalente em cloro ativo, multiplicando-se o teor de hipoclorito de sódio pela relação entre as suas respectivas massas moleculares" (Sousa et al., 2012, p.1).

Investigação

Alguns dos trabalhos catalogados no descritor experimentação, oito no total (15,4%), permearam suas propostas por meio de uma abordagem investigativa. Em um dos resumos, a abordagem estava centrada em analisar os potenciais em desenvolver em sala de aula o ensino por investigação, por meio de um experimento sobre o conteúdo eletroquímico. O autor discorre que uma das grandes problemáticas para trabalhar com experimento investigativo está atrelada ao tempo necessário ao seu preparo e desenvolvimento, mas que, por outro lado, auxilia o aluno na proposição de uma hipótese para o fenômeno observado (Bocanegra et al., 2011).

Outras duas propostas foram desenvolvidas com foco nos docentes. Em uma delas, os autores buscaram levar o professor a compreender o papel das atividades experimentais investigativas no ensino de química. Para tanto, sua estratégia fundamentou-se na realização de atividades experimentais que promovessem a discussão de possíveis estratégias de aplicação de aulas experimentais que favorecessem a aprendizagem significativa. Para essas atividades, os docentes participantes deveriam considerar a seleção e organização dos conteúdos para o ensino de eletroquímica. Nessa prática experimental o autor sempre foi considerando a atividade investigativa como sua base (Lima et al. 2004). No outro trabalho, os autores, de modo semelhante ao descrito anteriormente, buscaram propiciar a reflexão dos professores relacionada ao papel da experimentação no ensino de química, por meio da realização de atividades investigativas. Da mesma forma, discutiram estratégias de aplicação que pudessem favorecer a aprendizagem significativa e selecionar e organizar conteúdos para o ensino de eletroquímica (Lima, Agostinho e Marcondes, 2004).

Na visão de outro pesquisador a atividade experimental é adotada para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre reação redox, por meio da problemática do descarte inadequado de pilhas e baterias, que em sua concepção é vivenciada pelos discentes (Roa et al., 2010).

Materiais alternativos

Quatorze resumos (27%) catalogados neste descritor permeavam a experimentação por meio de materiais alternativos. Alguns de seus autores propuseram desenvolver um experimento para o ensino médio envolvendo a eletroquímica. Pautado nesse objetivo o autor propõe a adoção de materiais de baixo custo, pois parte da premissa que:

[...] ao aprender o desvelamento desta utilização das propriedades dos compostos (por exemplo, a eletrólise do xarope de iodeto permite

o estabelecimento das relações entre saúde, medicamentos, e a indústria farmacêutica a partir da questão de que “se uma solução de KI é incolor, então por que o xarope é vermelho?”. (Gouveia-Matos e Monteiro, 2000, p.1)

Nessa atividade o conteúdo químico trabalhado foi pilhas e baterias.

Em outro resumo, os pesquisadores propõem a construção de um gerador de ozônio por meio de materiais de baixo custo. Para tanto, o autor discorre que:

[...] O ozônio produzido foi borbulhado em tubos de ensaio contendo espécies químicas de interesse, tais como íons iodeto, tiocianato, ferro (II), manganês (II) e azul de bromofenol, de modo a permitir a abordagem dos tópicos em questão. (Neves, Silva e Vieira, 2004, p.1).

Relatam ainda, que seu protótipo vinha sendo incorporado em aulas experimentais.

Coutinho e colaboradores (2005) propuseram uma prática experimental envolvendo o conceito de potencial padrão de redução, por meio da utilização de um eletroscópio artesanal e suco de frutas naturais, para que assim fosse possível identificar quais amostras de alimentos acenderiam lâmpadas em diferentes potências.

Além dos resumos citados, em outro trabalho a proposta estava pautada em desenvolver o conteúdo de reações redox, por meio da construção de um bafômetro desenvolvido com:

[...] dois frascos transparentes, como por exemplo; uma garrafa de refrigerante pequena vazia com tampa; canudos; fitas durex e veda rosca. Os reagentes usados foram: 50 mililitros de solução 0,01mol/L de permanganato de potássio, 5mL de uma solução concentrada de ácido sulfúrico e álcool comum (comercial). (Nascimento Filho, Souza e Chinelli, 2011).

Segundo os autores esse experimento possibilita a quebra de tradição nas aulas de química e, além disso, sugerem que esta prática experimental seja desenvolvida por meio de discussões que envolvam questões socioculturais e conteúdo de número de oxidação e redução atrelados, por exemplo, com radiações eletromagnéticas.

A utilização de medicamentos permeou a proposta de dois trabalhos deste descritor. Em um deles, seu proponente realiza a oxidação do íon ferro presente em medicamentos de anemia que, segundo os autores, possibilitou aos alunos compreenderem a importância do conteúdo redox associada ao uso de medicamentos (Mendes et al., 2008). Contudo, no outro trabalho, seu autor desenvolveu o experimento utilizando um xarope comercial para o estudo da eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI), adotando o amido como indicador do iodo em sua forma oxidada. Para os autores, na aplicação dessa proposta, o professor pode desenvolver conteúdos que vão além das reações redox como, por exemplo, relacionar que o KI é utilizado como insumo na indústria farmacêutica (Santos e Silva, 2010).

Gomes e colaboradores (2014) propuseram a construção de um biossensor para a dosagem de caldos culinários, por meio de materiais alternativos, que foi adotado em uma proposta didática desenvolvida com alunos de ensino superior. Contudo, os alunos não participaram de sua construção, apenas observaram o processo de sua confecção e utilização, o que nos levou a classificá-los também no descritor *Demonstração*.

Readequação de técnicas experimentais/Verde

Outros cinco trabalhos (9,6%) defendem a readequação de técnicas experimentais, envolvendo a adoção da microescala ou a utilização de outros reagentes considerados de fácil acesso ou, ainda, a utilização dos princípios da química verde, na elaboração de suas práticas laboratoriais. Nessa perspectiva Bustamante e Côrtes (2008), além de comporem o descritor Materiais alternativos, também integram a Readaptação de técnicas experimentais/Verde, pois propõem a substituição do íon dicromato por íon pergamanato como:

[...] uma tentativa de modificar os experimentos que geralmente são feitos para simular bafômetros, introduzindo um reagente de mais fácil acesso para os professores do Ensino Médio, já que o KMnO_4 é popularmente utilizado como fungicida. (Bustamante e Côrtes, 2008, p.1).

Na linha da química verde, Souza e Colaboradores (2004) propõem o desenvolvimento de experimentos sobre oxidação e redução para o ensino experimental de química orgânica em nível superior, por meio de processos oxidativos com hipocloritos e reduções enzimáticas, realizados em microescala (Souza, et al., 2004). Na visão dos autores, a utilização da microescala, diminuiu os impactos ocasionados ao meio ambiente, pelo descarte dos reagentes utilizados nos experimentos, pois para a sua realização a quantidade destes é diminuída significativamente.

Em outro trabalho, os autores relatam em sua proposta didática que os experimentos seriam adaptados por alunos de um curso de licenciatura em química, levando em consideração a adoção de materiais alternativos. Entretanto, na visão do autor os materiais alternativos, referem-se aos reagentes disponíveis no laboratório e considerados mais baratos. Isso nos levou a classificá-lo como readequação, pois seu objetivo principal estava pautado em adaptar e desenvolver atividades experimentais em eletroquímica, por meio de uma abordagem multidisciplinar e aplicada à futura prática profissional dos estudantes (Silva et al. 2004).

Santos e colaboradores (2008) estruturaram o experimento proposto nos princípios da química verde, nesse sentido a proposta experimental apresentada estava relacionada à oxidação do borneol à cânfora com água sanitária.

Em outro resumo que compõe este descritor, seus autores apesar de utilizarem a lã e o vinagre, que poderiam ser considerados materiais de baixo custo, apenas os adaptam na técnica de redução, pois este mesmo experimento, mesmo com esses reagentes de fácil acesso e baixo custo, ocorre com a adoção de equipamentos mais sofisticados como o banho ultrassônico que não é um material de fácil aquisição.

Outros

Em decorrência de sua especificidade, um trabalho (1,9%) foi catalogado neste descritor, pois adotou em uma aula Experimental, destinada para um curso técnico, a utilização da técnica denominada Raku, na confecção de peças de cerâmicas, como estratégia para desenvolver o conteúdo de reações redox. Segundo seus autores a utilização dessa estratégia possibilitou os alunos entenderem o conteúdo redox, em um curso de cerâmica (Crizel, Grando e Diehl, 2014).

Novas tecnologias

Este descritor é constituído por duas pesquisas (3,8%). Em uma delas, seu autor propôs a adoção de um laboratório virtual em aulas experimentais de química geral, para alunos de licenciatura. Para tanto, implementou experimentos virtuais utilizando o programa *crocodile chemistry*, sobre eletroquímica além, de outros conceitos químicos, cujo título da aula experimental era "Células galvânicas e células eletrolíticas". Nessa aula os próprios alunos manipulavam o programa. O interesse do autor em adotar o programa estava pautado em investigar se a sua utilização antes das aulas tradicionais de laboratório contribuiria para que os alunos entendessem melhor as regras procedimentais dos experimentos e para uma melhor aprendizagem dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula (Capim e Lima Júnior, 2014). No outro resumo, o pesquisador propôs a utilização de um simulador em uma aula sobre pilhas galvânicas, pois acredita que estes "[...] podem ser uma valiosa ferramenta de ensino, que facilita a visualização macroscópica e microscópica dos fenômenos de interesse." (Lazzaris, Dias e Luca, 2014, p.3998). O objetivo dos autores estava pautado em compreender se a utilização do simulador ajudaria os alunos entenderem os conceitos abstratos envolvendo pilhas.

Conclusões

Em nossa investigação não tivemos a pretensão de catalogar, em sua totalidade, os trabalhos apresentados em todas as edições dos eventos investigados, por ser inviável, o que nos levou a analisar um período de quatorze anos (2000 a 2014). Acreditamos que com essa amostragem, os resumos identificados nos possibilitaram mapear como são propostos os trabalhos que abordam o conteúdo redox no ensino de química, principalmente suas temáticas e suas estratégias. Além disso, pudemos sumarizar as principais instituições e regiões brasileiras que tem contribuído para o desenvolvimento de pesquisas no ensino sobre reações redox. Quanto ao nível de ensino, os resumos contemplaram principalmente o ensino médio e superior, não sendo catalogado nenhum trabalho desenvolvido com alunos dos anos finais do ensino fundamental II, revelando uma necessidade de propostas de ensino desse conteúdo nessas séries. Foi possível identificar que as principais estratégias de ensino adotadas nos trabalhos catalogados estavam pautadas na experimentação, mas principalmente as de caráter demonstrativo e as que utilizam materiais alternativos para a sua confecção.

Implicações

O mapeamento das pesquisas sobre nossa temática suscitou que o conteúdo processos redox tem se tornado tema de estudos desenvolvido principalmente no ensino médio. Tal constatação se contradiz com o fato de a literatura também apontar que as reações redox geralmente não são trabalhadas neste nível de ensino e de que muitos docentes não ministram esse conteúdo em sala de aula, por não terem conhecimento desse conteúdo da eletroquímica. Outro dado importante foi constatar que este conteúdo vem sendo trabalhado também em cursos de nível superior, em licenciaturas, o que demonstra que futuros docentes estão tendo aulas sobre processos redox, por meio da proposição de diferentes estratégias didáticas. Isso nos leva a vislumbrar aquisição de conhecimentos que podem levar ao rompimento da barreira apontada na literatura acerca da aprendizagem e ensino de reações redox.

Agradecimentos

As autoras agradecem o apoio financeiro da Fapesp, processos nº 2016/08677-8 e nº 2014/14356-4, do CNPq e da CAPES.

Referências bibliográficas

- André, M., Simões, R. H. S., Carvalho, J. M., e Brzezinski, I. (1999). Estado da arte da formação de professores no Brasil. *Educação e Sociedade*, XX, 68, 301-399.
- Ahtee, M., Asunta, T., e Palm, H. (2002). Student Teachers Problems in teaching electrolysis with a key demonstration. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(3), 317-326.
- Aguiar, C. A. C., Sobreira, H. A., e Silva, R. M. G. (2006). Projeto Tecnologias digitais na formação de professores apresenta: reações de óxido-redução. Em *XIII Encontro Paulista de Ensino de Química*. Campinas: EPPEQ.
- Aleixo, A. A., Leão, M. B. C., e Souza, F. N. (2008). FlexQuest: potencializando a WebQuest no Ensino de Química. *R. Faced*, Salvador, 14, 119-133.
- Araújo, M. S. e Abib, M. L. (2003). Atividades experimentais no ensino da Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194.
- Barke, H. D., Hazari, A., e Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry*. Berlim: Springer.
- Barros, H. L. C., e Braga, D. M. (2001). Dificuldades de aprendizagem de eletroquímica: investigação de três questões de vestibulares da UFMG. Em *24º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas: RASBQ.
- Barroso, M. T., e Kermen, I. (2014). Comparação dos modos de ação de duas professoras em aulas sobre pilhas eletroquímicas. Em *XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto: ENEQ.

Bocanegra, C. H., Gazola, R. J. C., e. Zuliani, S. R. Q. A. (2011). O uso da eletroquímica em um experimento investigativo: relato de uma atividade de ensino. Em *VI Encontro Paulista de Ensino de Química*. São Carlos: EPPEQ.

Bustamante, F. L. S., e Côrtes, C. E. S. (2008). Experimentos de oxidação de etanol baseados nas reações principais de um bafômetro, utilizando materiais de baixo custo. Em *31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: RASBQ.

Capim, S. L., e Lima-Junior, C. G. (2014). Integrando laboratório virtual às aulas práticas tradicionais: uma experiência na disciplina de química geral. Em *XVII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Ouro Preto: ENEQ.

Coutinho, L. G. R., Oliveira, E., Rocha, G. D., Guedes, G.P., Silva, J.L.S., Ferreira, M. M., Oliveira, R. L., e Nunes, R. (2005). Articulando o Ensino da Eletroquímica na Escola Média Utilizando Sucos de Frutas como Solução Eletrolítica. Em *28º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas: RASBQ.

Czekster, H. C., Agostinho, S. M. L., e Maximiano, F. A. (2011). Avaliação de um estudo de caso no ensino de eletroquímica. Em *34º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Florianópolis: RASBQ.

Crizel, L. E., Grando, S. R., e Diehl, V. (2014). Compartilhando saberes: a oxidação-redução e a cerâmica artística. Em *XVII Encontro Nacional de ensino de química*. Ouro Preto: ENEQ.

De Jong, O., e Treagust, D. (2002). The teaching and learning of electrochemistry. Em J. K. Gilbert; O. De Jong; R. Justi; D. F. Treagust e ; J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 317–337). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers

De Jong, O., Acampo, J., e Verdonk, A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1097-1110.

Dochi, R. S., e Francisco Júnior, W. E. (2005). Um experimento de óxido-redução com materiais do dia-a-dia: uma abordagem multidisciplinar. Em *II Encontro Paulista de Ensino de Química*. Araraquara: EPPEQ.

Fernandes, R. C. A. D., e Megid Neto, J. (2007). Pesquisas sobre o estado da arte em educação em ciências: uma revisão em periódicos científicos brasileiros. Em *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Florianópolis: ENPEC.

Ferreira, N. S. A. (2002) As pesquisas denominadas "Estado da Arte". *Revista Educação & Sociedade*, XVIII, 79, 257-272.

Freire, M. S., Silva Júnior, C. N. S., e Silva, M. G. L. (2011). Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. Em *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Campinas: ENPEC.

Garnett, P. J., e Treagust, D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 121-42.

Garnett, P. J., e Treagust, D. F. (1992b). Conceptual difficulties experiences by senior high school students of electrochemistry - Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099.

Gouveia-Matos, J. A. M., e Monteiro, B. A. P. (2000). Material do cotidiano na construção de fenômenos eletroquímicos. Em *23º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas: RASBQ.

Gallo Netto, C. (2006). ENEQ volta ao campus para marcar seus 25 anos e o Ano 40 da Unicamp. Sala de Imprensa. Jornal da Unicamp, 17 a 30 de junho de 2006, 11. Recuperado de http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju330pg11.pdf

Goes, L. F., e Fernandez, C. (2013). Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no ensino de química. Em *VIII Encontro do Programa da Pós-Graduação em Ensino de Ciências*, São Paulo: Instituto de Física da USP.

Gomes, G. S., Freitas, K. C. S., Lima, A. A., Silva, S. A., e Souza, S. R. (2014). Utilização de um biossensor para dosagem de triglicerídeos em caldos industrializados utilizados na culinária brasileira como ferramenta didática para o ensino de eletroquímica. Em *XVII Encontro Nacional de ensino de química*. Ouro Preto: ENEQ.

Guzzo, R. N., Silva, B. V., Martinez, S. T., e Pinto, A. C. (2012). Uma abordagem prática da redução de aldeídos e cetonas com borohidreto de sódio. Em *35º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: RASBQ.

Heide, A. e Stilborn, L. (2000). *Guia do professor para a internet: completo e fácil*. Tradução de Edson Furmankiewz. 2. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas.

Igné, M. C. I., Junior, J. C. L., Haddad, E. B., Campanerut, F. Z., Valleca, R. F., e Faljoni-Alario, A. (2005). Um instrumento para identificar as concepções alternativas dos estudantes sobre eletroquímica. Em *II Encontro Paulista de Ensino de Química*. Araraquara: EPPEQ.

Kreuz, A., Scharf, M., e Silva, C. E. (2012). A fotografia convencional como uma técnica de ensino e aprendizagem de reações de oxirredução na Educação Básica. Em *XVI Encontro Nacional de ensino de química*. Salvador: ENEQ.

Lazzaris, M. J., Dias, R. C. E., e Luca, A. G. (2014). O uso de simulações computacionais como ferramenta para o ensino da eletroquímica. Em *XVII Encontro Nacional de ensino de química*. Ouro Preto: ENEQ.

Lima, V. A., Agostinho, S. M. L., Marcondes, M. E. R., e Akahoshi, L. H. (2004). O ensino experimental num processo de ação-reflexão – uma experiência no ensino de eletroquímica (reapresentação). Em *I Encontro Paulista de Ensino de Química*. Araraquara: EPPEQ.

Lima, V. A., Agostinho, S. M. L., e Marcondes, M. E. R. (2004). O ensino experimental num processo de ação-reflexão – uma experiência no ensino de eletroquímica. Em *XII Encontro Nacional de ensino de química*. Goiânia: ENEQ.

Locatelli, S. W., e Arroio, A. (2014). Estratégia metavisual no auxílio a reconhecer submicroscopicamente diferenças de tamanho (átomo/cátion) numa interação eletroquímica. Em *XVII Encontro Nacional de ensino de química*. Ouro Preto: ENEQ.

Masson, N. C., Takata, N. H., Rodrigues, P. R. P., e Agostinho, S. M. L. (2002). Avaliação dos conceitos relacionados às reações de oxidação-redução utilizando mapas conceituais. Em *25º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas: RASBQ.

Maciel, J. A., Santos, A. L., e Nóbrega, D. S. (2014). Eletroforca: A eletroquímica trabalhada em um contexto lúdico. Em *XVII Encontro Nacional de ensino de química*. Ouro Preto: ENEQ.

Megid Neto, J. (1999). *Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Ciências no nível fundamental*. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Melo, M. V. (2006). *Três décadas de pesquisa em Educação Matemática: um estudo histórico a partir de teses e dissertações*. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Meleiro, A., e Giordan, M. (1999). Hipermissão no ensino de modelos atômicos. *Química Nova na Escola*, 10,17-20.

Méndez, F. A. J. R., e Pérez, A. I. C. (2004). Demostración de reacciones redox (pulsaciones inducidas quimicamente). Em *27º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Salvador: RASBQ.

Mendes, C. C. A., Sousa, D. G., Tavares, F. S., França, R. R., e Araújo, S.C.M. (2008). O ensino de óxido-redução a partir de uma atividade experimental envolvendo medicamentos comerciais. Em *XIV Encontro Nacional de ensino de química*. Curitiba: ENEQ.

Mól, G. S. (2011). O ensino da química no ano internacional da química. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 1(1), 20-35.

Navarro, D. M. A. F., e Navarro, M. (2003). Hidrogenação catalítica de compostos orgânicos sem fonte de hidrogênio (H₂): Um sistema eletroquímico. Em *26º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Poços de Caldas: RASBQ.

Nascimento Filho, A. P., Souza, G. S., e Chinelli, M. V. (2011). Os fenômenos químicos envolvidos no bafômetro: uma contribuição para o ensino da oxidação e redução. Em *34º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Florianópolis: RASBQ.

Neves, L. C., Silva, J. C. G., e Vieira, A. R. (2004). Química do ozônio. Em *27º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Salvador: RASBQ.

Ogude, N. A., e Bradley, J. D. (1996). Electrode processes and aspects relating to cell EMF, current, and cell components in operating electrochemical cells: Precollege and college student interpretation. *Journal of Chemical Education*, 73(12), 1145- 1149.

Ogude, N. A., e Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 29-34.

Omorí, Á. T., e Scarabel, G. F. (2013). Da cozinha ao laboratório: redução de nitroaromáticos utilizando vinagre e lã de aço. Em *36º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: RASBQ.

Österlund, L. L.; Berg, A. e Ekborg, M. (2010). Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe? *Chemical Education Research and Practice*, 11, 182-192.

Pitanga, A. F., e Oliveira, E. C. (2009). Radicais livres e antioxidantes: Atividade investigativa sobre reações de oxirredução em compostos orgânicos. Em *32º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Fortaleza: RASBQ.

Ramos, E. A., Pereira, J. A., Lopes, S. A., e Pinheiro, P. C. (2010). Ensinando eletroquímica: o que os alunos querem saber? Em *XV Encontro Nacional de ensino de química*. Brasília: ENEQ.

Rink, J. e Megid Neto, J. (2009). Tendências dos artigos apresentados nos encontros de pesquisa em educação ambiental (EPEA). *Educação em Revista*, 25(3), 235-263.

Roa, K. R. V., Silva, G., Neves, L. B. U., e Warigoda, M. S. (2010). Pilhas e baterias: usos e descartes x impactos ambientais. Em *XV Encontro Nacional de ensino de química*. Brasília: ENEQ.

Romanowski, J. P. e Ens, R. T. (2006). As pesquisas denominadas do tipo "Estado da Arte" em Educação. *Revista Diálogo Educacional*, 6(19), 37-50.

Romanowski, J. P. (2002). *As licenciaturas no Brasil: um balanço das teses e dissertações dos anos 90*. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Santos, A. P. B., Gonçalves, I. R. C., Pais, K. C., Martinez, S. T., Pinto, A. C., e Lachter, E. R. (2008). Oxidação de álcoois com água sanitária – Introdução da Química Verde em Cursos de Graduação em Química. Em *31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: RASBQ.

Santos, A. M. S., e Silva, J. C. G. (2009). Síntese de Peroxocompostos e Estudos de Processos Oxidativos. Em *32º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Fortaleza: RASBQ.

Santos, P. M. L., e Silva, J. F. M. (2010). Eletrólise em xarope expectorante – formação de iodo molecular indicada por amido. Em *XV Encontro Nacional de ensino de química*. Brasília: ENEQ.

Sanger, M. J. e Greenbowe T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853-860.

Sanger, M. J. e Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 4, 377-398.

Sanjuan, M. E. C.; Santos, C. V.; Maia, J. O.; Silva, A. F. A. e Wartha, E. J. (2009). Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. *Química Nova na Escola*, 31(3), 190-197.

Sartori, E. R., Batista, E. F., e Fatibello-Filho, O. (2008). Escurecimento e Limpeza de Objetos de Prata – Um Experimento Simples Envolvendo Reações de Oxidação-Redução. Em *31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: RASBQ.

Silva, F. A. A., Moura, J. S., Santos, M. C., Souza, R. O., Rocha, S. R. S., Machado, Á. L., Andrade, M. V. A. S., e Souza, M. O. G. (2004). Práticas Integradas em Eletroquímica – Pilha/Eletrólise. Em *27º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Salvador: RASBQ.

Silverstein, T. P. (2011). Oxidation and reduction: too many definitions? *Journal of Chemical Education*, 88(3), 279-281.

Silva, P. R., e Lopes, J. G. S. (2012). Proposta de um jogo pedagógico para o ensino de eletroquímica. Em XVI Encontro Nacional de ensino de química. ENEQ.

Schnetzler, R. P. e Aragão, R.M. (1995). Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 1, 27-31.

Soudani, M.; Sivade, A.; Cros, D.; e Médimagh, M. S. (2000). Transferring knowledge from the classroom to the real world: redox concepts. *School Science Review*, 82, 298.

Souza, K. S., Carvalho, A. R., Afonso, M. L. C. A., e Agostinho, S. M. L. (2008). A reação entre ouro e água régia: uma abordagem termodinâmica. Em *31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia: RASBQ.

Souza, N. A., Bernardino, A. M. R., Martins, P. R. C., Cunha, M. F. V., e Leandro, L. F. M. (2004). Química Verde: Experimentos de Oxidação e Redução no Ensino da Química Orgânica. Em *27º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Salvador: RASBQ.

Sousa, F. F. P., Coelho, E. F. C., Costa, A. N. A., Mendonça, J. M., e Cavalcante, K. S. B (2012). Determinação de cloro em alvejantes por oxirredução: uma prática didática para o ensino de química analítica. Em XVI Encontro Nacional de ensino de química. Salvador: ENEQ.

Torralbo, D., e Faljoni-Alario, A. (2005). Contextualização no ensino de química: óxido-redução abordando temas de saúde. Em *II Encontro Paulista de Ensino de Química*. Araraquara: EPPEQ.