



Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa

**Roberta Maria da Silva, Renato César da Silva, Mayara Gabriela Oliveira de Almeida e
Kátia Aparecida da Silva Aquino**

Geralmente conceitos de eletroquímica e cinética química parecem não possuir qualquer relação para o estudante. Neste trabalho, apresentaremos uma forma alternativa de abordagem dos conceitos de eletroquímica e que busca, nos conceitos de cinética, o aporte necessário para uma discussão mais integrada. Para isso, foi realizada, por estudantes do ensino médio, a construção de pilhas naturais com laranjas e as diferenças de potencial foram mensuradas em distintas condições experimentais. A ação foi baseada no modelo teórico da aprendizagem significativa que trata do movimento de interação entre o novo conhecimento e os conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

► eletroquímica, cinética química, aprendizagem significativa ◀

Recebido em 14/10/2014, aceito em 15/06/2015

237

A eletroquímica é um tema discutido na disciplina de química e, no ensino médio, tem como principal objetivo estudar sistemas químicos a) capazes de fornecer trabalho elétrico a partir de reações de oxirredução, que é um processo conhecido como pilhas e b) que utiliza a energia elétrica para produzir reações químicas, que é um processo conhecido como eletrólise.

Nos estudos de Alessandro Volta, que tomou como base os experimentos e as teorias de Galvani, foram utilizados diferentes discos de metais (Cu/Sn ou Zn/Ag) empilhados e conectados com pedaços de papel umedecidos em solução salina. Dessa maneira, o cientista conseguiu encontrar o método para a geração de corrente elétrica e estabeleceu evidências para a existência da eletricidade por meio da construção da pilha – que vem do empilhamento dos discos. Em sua homenagem, a pilha passou a ser conhecida como voltaica. Segundo Oki (2000):

Este nome relacionava-se com a palavra ‘empilhamento’, que caracterizava o modo como eram arrumados os diferentes metais neste dispositivo. Tal artefato, primeiro gerador eletroquímico, era capaz de produzir uma corrente elétrica contínua cuja intensidade dependia da natureza do metal usado, além do tamanho e número de chapas metálicas alternadas

na pilha. Este fato possibilitou a realização de experimentos reprodutíveis e novos estudos eletroquímicos. Entretanto, somente muito mais tarde compreendeu-se que nestes equipamentos estava ocorrendo uma reação química e que a energia liberada quando o processo químico acontecia se manifestava na forma de corrente elétrica.

No entanto, no ensino médio, o tema eletroquímica ainda permite algumas confusões. Ogude e Bradley (1996) registraram as principais dificuldades em torno da compreensão de conceitos relacionados à eletroquímica como ânodo, cátodo, eletrodos positivo e negativo, etc. Dessa forma, o que mais se observa nas experiências de professores que discutem esse tema em sala de aula são as dificuldades dos estudantes em entender os processos de fluxo de elétrons e a condução de elétrons em sistemas eletrolíticos. A deposição de um metal sobre um eletrodo, geralmente, leva os estudantes a terem a ideia de que os opostos se atraem e não que uma reação de oxirredução possa acontecer. Uma boa inferência sobre tais situações é a de que eles trazem consigo os conhecimentos prévios que, muitas vezes, faz mais sentido do que os aprendidos em sala de aula. Para o tema eletroquímica, em especial, o conhecimento prévio pode não ser considerado como uma variante facilitadora, pois estes criam obstáculos

para entender os conceitos de oxidação e redução devido ao conhecimento funcional de pilhas, por exemplo. Para eles, é comum adotar o conceito de redução à diminuição ou perda. No entanto, esse conceito refere-se ao ganho de elétrons em uma reação que resulte na redução química. Com isso, os estudantes enfrentam o que Bachelard (1996) denomina de um obstáculo epistemológico.

Ao discutir eletroquímica no ensino médio, também se pode conectar tal discussão a temas transversais importantes. Dentre esses temas, pode-se realizar uma relação das pilhas e o meio ambiente e assim destacar que pilhas comuns, muitas vezes, são eliminadas inadequadamente. Os resíduos existentes nas pilhas como chumbo, cádmio, mercúrio e outros elementos são considerados de natureza tóxica à saúde e ao meio ambiente. Os estudantes, tendo a plena consciência de que não se deve descartar as pilhas de forma inadequada no meio em que vive, saberão o quanto é importante a sua relação com a matéria existente à sua volta. Nessa direção, ensinar química tem sido um desafio constante no processo relacionado à formação do cidadão.

Por outro lado, a cinética química estuda a velocidade das reações químicas e os fatores que a influenciam. O conceito da velocidade de uma reação pôde ser observado pela primeira vez, por meio de hipóteses no estudo de Ludwig Ferdinand Wilhelmy, sobre a velocidade da inversão da sacarose. A partir desta pesquisa, a cinética química se tornou um ramo de estudo da química (Martorano et al., 2014; Martorano; Marcondes, 2014).

Hoje, é muito comum uma prática docente cuja construção do conhecimento se baseia em um aprofundamento conceitual sem a devida preocupação para a contextualização acerca desses conhecimentos (Cardoso; Colinvaux, 2000). Percebe-se ainda, nos manuais didáticos em geral, a dificuldade dos autores mostrarem uma visão menos matemática da cinética química e proporem uma construção do conhecimento contrária à transmissão de informações prontas e acabadas (Martorano; Marcondes, 2014). Estudos apontam a necessidade da contextualização no ensino de cinética química e algumas alternativas para se desenvolver uma aula bem mais atraente com esse tema (Jozária et al., 2000). Ainda encontramos um reforço nas considerações de Matthews (1995):

[...] humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do 'mar de falta de significação' que se

diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam.

Nesse sentido, conhecer as concepções prévias dos estudantes pode auxiliar na escolha de estratégias que possam buscar interligações mais eficazes com o novo conhecimento que será apresentado/discutido. Quando há na estrutura cognitiva do aprendiz elementos que dão suporte para os novos conhecimentos, propiciando uma negociação ou elaboração de saberes, é promovida o que Ausubel e colaboradores (1980) chamam de aprendizagem significativa. Nesse caso, o conhecimento prévio que ancorou o novo conhecimento é chamado, dentro dessa teoria, de um subsunçor.

Cabe salientar que a aprendizagem significativa pode ocorrer por meio de dois processos que fazem parte da dinâmica da estrutura cognitiva (Moreira, 1984). O primeiro é o da diferenciação progressiva, processo em que o novo conceito (ou uma nova informação) interage com o subsunçor e ancora-se nele, levando à sua modificação ou diferenciação. Tal processo significa o desdobrado de um conceito em outros conceitos, podendo ser este um exemplo

ou uma elaboração de significados. Um exemplo desse processo na cinética química é quando o conhecimento de energia é estendido para compreender o que é a energia de ativação de uma reação química. Nesse caso, sugere-se que o estudante que traz na sua estrutura cognitiva o conhecimento de energia consiga estabelecer conexões mais efetivas sobre a energia de ativação. Nesse exemplo, a energia deixa

de ser um conceito puramente físico e recebe outro papel: o de estabelecer qual é a barreira energética que um reagente deve atingir para se transformar em um produto, processo que está diretamente ligado à velocidade de uma reação.

Por outro lado, quando os conceitos prévios relacionam-se, levando a uma reorganização destes e adquirindo novos significados, acontece o processo de reconciliação integrativa (Moreira, 1988). Podemos sugerir que esse processo possa ocorrer no momento em que conceitos de pilha e eletrólise integram os conceitos ligados à presença de corrente elétrica. Nesse caso, fica evidente a necessidade do indivíduo de buscar conceitos trabalhados na disciplina de física e aplicá-los no desenvolvimento do conhecimento de eletroquímica.

Assim, este estudo analisa como abordar a temática eletroquímica de forma integrada com os conceitos de cinética química. Para haver uma integração entre as referidas temáticas, pode-se pensar na construção de pilhas naturais de laranjas com estágios de maturação distintos pela conservação por refrigeração. Quando se compara a diferença de potencial (ddp) gerado na pilha de frutos conservados e

Ao discutir eletroquímica no ensino médio, também se pode conectar tal discussão a temas transversais importantes. Dentre esses temas, pode-se realizar uma relação das pilhas e o meio ambiente e assim destacar que pilhas comuns, muitas vezes, são eliminadas inadequadamente. Os resíduos existentes nas pilhas como chumbo, cádmio, mercúrio e outros elementos são considerados de natureza tóxica à saúde e ao meio ambiente.

não conservados, temos uma ligação direta de conceitos de cinética (ação da temperatura na reação de decomposição do fruto) e eletroquímica (produção de eletricidade). A análise do processo da construção dessa associação por parte dos estudantes constituiu a base deste estudo, que foi possível por meio da obtenção de conceitos e/ou palavras expostos por eles durante a socialização dos resultados seguida de um debate em sala.

Metodologia

A intervenção descrita no presente estudo aconteceu com estudantes do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp-UFPE). As aulas foram destinadas a uma turma composta por 28 alunos do 2º ano do ensino médio e em um total de cinco horas/aula.

O trabalho de intervenção aqui descrito buscou contribuir para o desenvolvimento de competências e habilidades dos jovens na perspectiva de que possam fazer interferências e levantar hipóteses. Para isso, a aplicação da intervenção foi realizada em três momentos: a) no primeiro momento foi realizada, pelos estudantes em grupo, a construção de pilhas utilizando laranjas como meio eletrolítico, eletrodos de parafuso (Zn), prego (Fe) e folha de alumínio (Al) (ânodos da pilha), moeda de cobre (Cu) de cinco centavos (cátodo da pilha), fio elétrico, bico de jacaré e faca. A diferença de potencial (ddp) das pilhas foi obtida com o auxílio de um multímetro. Quatro pilhas foram ligadas em série e a força eletromotriz do sistema foi testada ligando o conjunto de pilhas a uma calculadora e a uma lâmpada *led*; b) após sete dias, cada grupo construiu novas pilhas com as mesmas laranjas utilizadas no primeiro momento, sendo que metade foi conservada em refrigerador doméstico (18°C) e a outra

metade foi armazenada em temperatura ambiente (27°C). A ddp produzida pelas pilhas com laranjas foi então medida novamente para futuras comparações e discussões; c) no último momento, ocorreu a comparação dos resultados das ddp fornecidas pelas pilhas no primeiro e segundo momentos por meio de uma exposição realizada pelos grupos.

Após as exposições, foi realizado um debate e as ideias de cada grupo foram confrontadas. As principais palavras que foram descritas pelo grupo classe durante o debate foram elencadas e posteriormente os grupos as localizaram dentro dos temas eletroquímica e/ou cinética química. Foi então construída uma tabela para análise da correlação entre os dois temas.

Resultados e discussão

No primeiro momento, o grupo de estudantes recebeu os materiais para construir as suas pilhas naturais representado na Figura 1A, que depois foram ligadas em série (Figuras 1B, 1C e 1D) para formar uma bateria. Nesse dia, foram anotadas as ddp de todas as laranjas individuais que, quando multiplicado por quatro – no nosso estudo, usaram-se quatro pilhas individuais – obteve-se a ddp da bateria. O fluxo de elétrons de um eletrodo para outro, causado pela ddp, pode ser aproveitado na forma de trabalho elétrico, o que fez funcionar uma lâmpada *led* (Figura 1E) e uma calculadora (Figura 1F).

Soluções eletrolíticas podem estar contidas nos sumos de frutas cítricas como, por exemplo, na laranja. A tensão e a corrente produzidas pelas pilhas naturais individuais e em série montadas são suficientes para acionar equipamentos eletrônicos com baixa demanda de potência como *leds*, calculadoras, relógios analógicos e digitais. Esse experimento

O trabalho de intervenção aqui descrito buscou contribuir para o desenvolvimento de competências e habilidades dos jovens na perspectiva de que possam fazer interferências e levantar hipóteses.

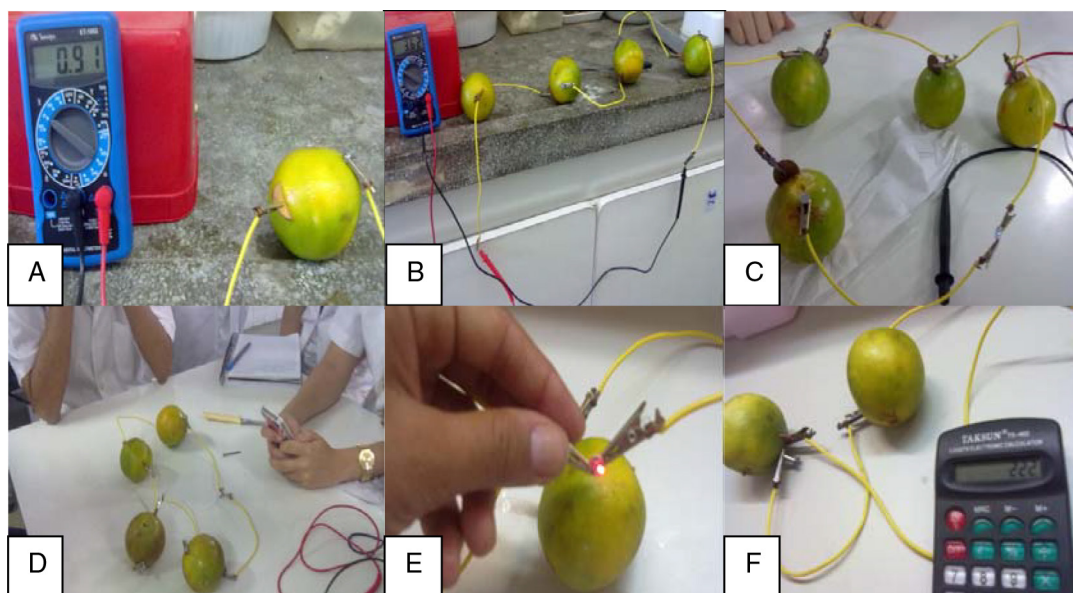


Figura 1: Pilha natural de laranja construída pelos estudantes.

de pilhas naturais a partir de laranjas pode ser explorado como simples demonstração da transformação de energia química em energia elétrica e tal utilização mobiliza conceitos de física (corrente elétrica), química (reação redox) e biologia (ação de micro-organismos no amadurecimento ou na degradação do fruto). As pilhas de laranja construídas com os eletrodos propostos envolvem as semirreações descritas na Tabela 1 (Brown et al., 2005).

Tabela 1: Potenciais-padrão de redução em água.

| Potencial (V) | Semirreação de redução | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 0 | $2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$ | (1) |
| -0,44 | $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$ | (2) |
| -0,76 | $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$ | (3) |
| -0,83 | $2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ | (4) |
| -1,66 | $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}_{(\text{s})}$ | (5) |

A principal característica das pilhas de laranja construídas é o fato de existir a combinação das semirreações (2), (3) e (5) com a solução eletrolítica ácida da fruta, que podemos representar pela semirreação (1).

Espera-se que os eletrodos de zinco, ferro ou alumínio sofram oxidação (polo negativo) com consequente liberação de íons Zn^{2+} , Fe^{2+} e Al^{3+} na solução eletrolítica. A migração dos elétrons ocorrerá então em direção ao eletrodo de cobre (polo positivo) devido à solução eletrolítica do fruto (similar à ponte salina) contendo íons H^+ (característica da laranja) que se reduzirá a hidrogênio gasoso (H_2), o qual se aderirá ao eletrodo de cobre. Podemos inferir ainda que a água presente nas laranjas também contribui para a formação de corrente elétrica conforme mostra a semirreação (4). Contudo, cabe salientar que os eletrodos de zinco, ferro, alumínio e cobre utilizados neste estudo são ligas metálicas e tal fato muda os valores da ddp obtidos experimentalmente, logo não podemos comparar valores com a Tabela 1, que se refere a eletrodos puros. Tal fato gerou muita discussão no debate, pois os estudantes, ao compararem os valores teóricos e experimentais da ddp, esperaram encontrar similaridades entre suas observações e os comportamentos do mesmo fenômeno mostrado em tabelas e teorias. Tal constatação

Esse experimento de pilhas naturais a partir de laranjas pode ser explorado como simples demonstração da transformação de energia química em energia elétrica e tal utilização mobiliza conceitos de física (corrente elétrica), química (reação redox) e biologia (ação de micro-organismos no amadurecimento ou na degradação do fruto).

enriqueceu as discussões e promoveu uma negociação de saberes na perspectiva de que as teorias são bases para as observações, mas os fenômenos externos contribuem para novos resultados.

As laranjas utilizadas no primeiro momento pelos estudantes foram armazenadas, sendo a metade armazenada à temperatura ambiente (27°C) e a outra metade armazenada em um refrigerador doméstico (18°C) durante os sete dias. Após esse período, eles voltaram a medir as ddp das laranjas utilizadas no primeiro momento, sendo que, nesse caso, estas se encontravam em diferentes estágios de maturação. As laranjas conservadas na geladeira se apresentaram com aspecto preservado e poucos indícios de degradação. Por outro lado, as armazenadas à temperatura ambiente já apresentavam alto grau de amadurecimento e decomposição. Ao analisar os estados das laranjas, os estudantes especulavam sobre a ação da temperatura na conservação destas e os primeiros conceitos de cinética química começaram a aparecer. Cabe salientar que o estudo de cinética já tinha sido desenvolvido na turma e foi relevante observar como estes buscaram nessa parte da química os conceitos necessários para explicar o fenômeno que estava sendo observado. Entretanto, não é

comum fazer relações entre cinética e eletroquímica nas aulas regulares de química.

Após a construção das pilhas com as laranjas armazenadas de forma distinta, a ddp das pilhas individuais e da bateria foi de novo obtida por meio do multímetro. Foi possível observar que houve mudanças significativas na ddp apenas para as laranjas não refrigeradas e os estudantes rela-

cionaram a mudança ao estágio de maturação das frutas. A relação entre o grau de maturação da fruta e a ddp produzida por ele pode ser observada na Tabela 2.

Os fenômenos relacionados com o amadurecimento da laranja incluem a degradação das clorofilas a e b (presentes em frutos verdes), a degradação de pigmentos subjacentes e a síntese de novos pigmentos como os carotenoides (que dá a cor laranja ao fruto maduro). Além disso, é possível observar alterações de sabor, diminuição de acidez, elevação no teor de sólidos solúveis e mudanças na textura (Pantastico, 1975).

Um dos motivos pelo qual a laranja madura gera ddp quando ligada ao eletrodo está ligado à sua composição, que se baseia em uma solução eletrolítica de vitamina C,

Tabela 2: Resultados da ddp das pilhas naturais de laranja em diferentes temperaturas.

| Eletrodo | ddp (V) não refrigerada no 1º dia | ddp (V) não refrigerada após 7 dias | ddp (V) refrigerada após 7 dias |
|----------|--------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| Zn/Cu | $1,20 \pm 0,01$ | $0,90 \pm 0,02$ | $1,20 \pm 0,01$ |
| Al/Cu | $0,50 \pm 0,01$ | $0,00 \pm 0,00$ | $0,50 \pm 0,02$ |
| Fe/Cu | $0,30 \pm 0,02$ | $0,10 \pm 0,01$ | $0,30 \pm 0,02$ |

β -caroteno, folato, tiamina e potássio (Tribess, 2003). A vitamina C, conhecida como ácido ascórbico, é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil, sendo rapidamente oxidada quando exposta ao ar. Assim, a laranja, quando degradada, tem a influência de fatores microbiológicos, enzimáticos, químicos e físicos, que comprometem suas características organolépticas (aroma, sabor, cor) e nutricionais (vitaminas). Em conjunto, esses fatores e as alterações durante acondicionamento, distribuição e estocagem (Sugai et al., 2002) podem ter influenciado nos resultados obtidos no segundo momento da intervenção.

Então podemos inferir que fatores como a diminuição da acidez pela degradação da vitamina C, que diminui os íons H^+ e o aumento do teor de sólidos solúveis (Pantastico, 1975) podem ter influenciado na perda da capacidade de transferir elétrons, observada na Tabela 2, pelas frutas não refrigeradas após sete dias de armazenamento. Sem um meio eletrolítico adequado, é criada uma barreira para a transferência de elétrons do ânodo para o cátodo da pilha, e a ddp pode ter seu valor diminuído. Fatores adicionais podem comprometer ainda mais a transferência de elétrons e ser possível chegar a um valor zero para a ddp como encontrado para o eletrodo Al/Cu. A produção de substâncias pode criar, por reação, barreiras físicas na barra de alumínio, que é bem susceptível à adsorção de compostos na sua camada externa. Por exemplo, finas camadas de óxido se formam no alumínio com muita facilidade por causa do seu alto poder de oxidação (veja a Tabela 1).

O debate que foi baseado nos resultados apresentados pelos próprios grupos e que gerou a Tabela 2 foi importante para que fosse estabelecida uma ponte entre os conceitos de eletroquímica e cinética. Desenvolver trabalhos em uma perspectiva de uma aprendizagem que faça sentido nas aulas experimentais, expositivas e dialogadas, pode representar avanços, conquistas e desafios para o professor no processo de ensino e aprendizagem. Nessa direção, buscar um debate em que o conhecimento possa ser exteriorizado por meio da utilização de conceitos e/ou palavras pode ocasionar a formação de proposições que mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo e seus conhecimentos prévios (Moreira, 1988). No entanto, é relevante conduzir o debate de acordo com uma lógica de raciocínio, de modo que permitam grandes possibilidades de inter-relações que auxiliarão os estudantes que mais falam e aqueles que só escutam as ideias, mas que fazem suas conexões mesmo que em silêncio.

Os estudantes puderam estabelecer relações entre os conhecimentos desenvolvidos por meio da construção da pilha de laranja e o entendimento sobre pilhas comerciais

que eles já possuem do ponto vista prático e funcional. Afinal todos tiveram contato com as pilhas e sabem bem como são utilizadas no dia a dia. Com relação à temática de cinética química, estes sabiam diferenciar que os alimentos, na condição ambiental, tendem a se degradar mais rapidamente, enquanto que os produtos refrigerados se conservam por um período muito maior. Isso se deve à temperatura, que é um dos fatores que influenciam nas velocidades das reações bioquímicas nesses alimentos.

Para análise do resultado da intervenção deste estudo, foi construída a Tabela 3, que consta de palavras que foram registradas no quadro durante o debate. Após o debate, todos puderam visualizar tais palavras e interligá-las à eletroquímica e/ou à cinética. O tema principal do debate foi *Por que a laranja conduz eletricidade?*

As palavras iniciais da primeira coluna da Tabela 3 mostram os conceitos introdutórios, início da unidade temática sobre eletroquímica. A primeira delas mostra que, para os estudantes, a constituição principal da pilha de laranja é o ânodo e o cátodo. A segunda mostra que a principal característica da pilha é a geração de corrente elétrica. Esses conhecimentos são prévios para estudantes acerca do estudo de

uma pilha comum. O levantamento dá indícios do estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento (pilhas naturais) e aquele existente pela estrutura cognitiva do indivíduo (pilhas comerciais). Baseado na teoria da aprendizagem significativa, pode-se inferir que a pilha de laranja também se tornou um exemplo de artefato que produz eletricidade e que dá uma nova dimensão, mais ampla, do conhecimento prévio dos estudantes sobre pilhas comerciais. Aqui podemos destacar que a possibilidade da produção de corrente elétrica se

estende para outros meios e não se restringe apenas a meios industriais (pilhas comuns). Tal entendimento modifica o conhecimento prévio e o coloca em outros contextos. Faz

Desenvolver trabalhos em uma perspectiva de uma aprendizagem que faça sentido nas aulas experimentais, expositivas e dialogadas, pode representar avanços, conquistas e desafios para o professor no processo de ensino e aprendizagem. Nessa direção, buscar um debate em que o conhecimento possa ser exteriorizado por meio da utilização de conceitos e/ou palavras pode ocasionar a formação de proposições que mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo e seus conhecimentos prévios (Moreira, 1988).

Tabela 3: Palavras e suas conexões estabelecidas pelos estudantes durante o debate.

| Palavra | Eletroquímica | Cinética |
|---------------------------|---------------|----------|
| ânodo e cátodo | x | |
| corrente elétrica | x | |
| ddp | x | x |
| fruta | x | x |
| madura ou verde | | x |
| resfriada e não resfriada | x | x |
| íons presentes | x | x |

os estudantes pensarem em outras possibilidades e o conhecimento se torna bem mais elaborado e rico.

Ainda é possível observar que os estudantes correlacionaram o conhecimento de pilha natural (eletroquímica) ao conhecimento prévio de velocidade (cinética química). Veja por exemplo que, para estes, a ddp é um conceito que pertence tanto à cinética quanto a eletroquímica. Provavelmente sem o desdobramento do experimento para a medida da ddp após sete dias de armazenamento, tal correlação não seria estabelecida. A atribuição das palavras aos dois assuntos expressa o quanto eles ampliam seus conhecimentos e os integram de forma coerente. Uma frase registrada durante o debate parece reforçar nossas conclusões:

A laranja verde apresenta maior teor de solução eletrolítica, resultando em alta ddp, enquanto que a madura apresenta baixo teor de solução eletrolítica, resultando em baixa ddp.

Do ponto de vista teórico, quando se compara um fruto à temperatura ambiente com um fruto refrigerado, observa-se que as reações bioquímicas têm maior velocidade no fruto não refrigerado, facilitando a sua degradação. Com essa explicação, que está mais ligada ao campo da cinética química, os estudantes foram capazes de concluir que a diminuição da concentração de íons pode ser a explicação das mudanças na voltagem da pilha de laranja armazenada sem refrigeração. Na Tabela 3, quando eles associam as palavras resfriado e não resfriado, íons presentes e ddp aos temas de cinética e de eletroquímica, dão indícios de que o experimento os auxiliou nas conexões entre tais temas.

Ao mostrar essa relação entre a eletroquímica e a cinética química, os estudantes parecem desenvolver um movimento relacionado com o processo de diferenciação progressiva. Ou seja, os conceitos relacionados com as pilhas naturais estão ancorados nos conceitos da velocidade de degradação e sua influência pela temperatura. O processo de reconciliação integrativa pôde ser observado quando os estudantes mobilizaram os conceitos de degradação e velocidade, na perspectiva da química, para concluir que tal comportamento proporciona mudanças nos valores da ddp, que é um campo da física. Dessa forma, eles conseguem então mostrar um conhecimento muito mais amplo e relevante. As interligações entre a eletroquímica e a cinética química foram possíveis graças à adaptação do experimento. O enfoque adotado teve um papel importante na construção de um conhecimento químico mais integrado. Isso mostra a importância da mediação do professor e na sua escolha de recursos didáticos que possam se tornar potencialmente significativos para os estudantes.

Em adição, cabe salientar que a aprendizagem significativa é processual, ou seja, não são ações pontuais que propiciam uma avaliação contundente de tal movimento na estrutura cognitiva dos estudantes. Outras situações, que envolvam os conceitos trabalhados neste estudo, deverão ser analisadas para se ter certeza de que eles conseguem continuar suas interligações. O aprimoramento dos conceitos bem como suas

aplicações sempre caminha para diversos contextos, e quando o estudante puder mobilizar seus conhecimentos para entender essas novas situações, de fato teremos indícios mais fortes de que houve uma aprendizagem significativa.

Considerações finais

Este estudo mostrou como é possível desenvolver uma atividade didática com o objetivo de fazer com que estudantes do ensino médio sejam capazes de construir uma pilha natural a base de laranja e entender o seu funcionamento. Além disso, sejam capazes de entender que fatores externos como a temperatura, por exemplo, podem influenciar na produção da ddp das laranjas armazenadas na temperatura ambiente e em refrigerador comum. Ao produzir uma discussão integradora em sala, o professor gera reflexões importantes por parte dos estudantes que, no nosso caso, proporcionou a interligação dos temas eletroquímica e cinética química. Tal ação favorece a articulação de conhecimentos distintos que se desenvolvem pelo processo de reconciliação integrativa. Tal processo da aprendizagem significativa parece ficar mais explícito quando estudantes conseguem estabelecer ligações entre uma medida física, a ddp (eletroquímica), e a influência do grau de maturação de frutas que depende da forma de armazenamento (cinética química). Tal ligação ficou evidenciada nas palavras registradas durante um debate após a exposição dos resultados do experimento. Nesse cenário, percebemos, a partir das análises aqui discutidas, o quanto o processo de aprendizagem é dinâmico e vai sendo construído a partir de uma reorganização constante na estrutura cognitiva do indivíduo, a partir da interação entre novos conhecimentos e os já existentes. A reorganização também pode acontecer a partir de novas inter-relações entre os próprios conceitos já presentes na estrutura cognitiva de cada indivíduo. Nesse momento, pode ser observado o movimento que parece indicar a promoção da aprendizagem significativa em processos cujos novos conceitos vão se diferenciando ao mesmo tempo em que também vão se integrando. Contudo, novas oportunidades são necessárias para a constatação da apropriação de significados por parte dos estudantes na perspectiva da promoção de uma aprendizagem significativa.

Roberta Maria da Silva (robertacodai@gmail.com), graduada em licenciatura plena em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), técnica em Agropecuária pelo Colégio Dom Agostinho Ikas (CODAI/UFRPE), é estudante do curso técnico em Química Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Recife, PE – BR. **Renato César da Silva** (natocezar@gmail.com), graduado em licenciatura plena em Química pela UFRPE, é mestre e doutorando em Química Teórica e Computacional pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, PE – BR. **Mayara Gabriella** Oliveira de Almeida (mayaradqf@hotmail.com) é graduanda em Licenciatura em Química pela UFPE, é aluna bolsista do projeto de experimentação pedagógica “O laboratório de química: uma proposta para o ensino Fundamental e Médio” desenvolvido no Colégio de Aplicação da UFPE. Recife, PE – BR. **Kátia Aparecida da Silva Aquino** (aquino@ufpe.br), pós-doutora em Tecnologias no Ensino pela UFPE, mestre e doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela UFPE, licenciada em Química pela UFRPE, é professora de Química do Colégio de Aplicação da UFPE. Recife, PE – BR.

Referências

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BROWN; LEWAY; BURSTEN. *Química: a ciência central*. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

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

JOZÁRIA, F.L.; MARIA, S.L.P.; REJANE, M.N.B.; ZÉLIA, M.S.J. A contextualização no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 26-29, 2000.

MARTORANO, S.A.A.; MARCONDES, M.E.R. Investigando a abordagem do tema cinética química nos livros didáticos dirigidos ao ensino médio a partir das ideias de Imre Lakatos. *Acta Scientiae*, v. 16, p. 114-132, 2014.

MARTORANO, S.A.A.; CARMO, M.P.; MARCONDES, M.E.R. A história da ciência no ensino de química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, v. 9, p. 19-35, 2014.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-216, 1995.

MOREIRA, M.A. O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. *Educação e Seleção*, n. 10, p. 17-34, 1984.

_____. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. *Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística*. v. 23, p. 87-95, 1988.

OGUDE, N.A.; BRADLEY, J.D. Electrode processes and

aspects relating to cell EMF, current, and cell components in operating electrochemical cells. *Journal of Chemical Education*, v. 73, p. 1145-1149, 1996.

PANTASTICO, E.R.B. *Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. West Port: Avi, 1975.

SUGAI, Á.Y.; SHIGEOKA, D.S.; BADOLATO, G.G.; TADINI, C.C. Análise físico-química e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, p. 233-238, 2002.

OKI, M.C.M. A eletricidade e a química. *Química Nova na Escola*, n. 12, p. 34-37, 2000.

TRIBESS, T.B. *Estudo da cinética de inativação térmica da pectinesterase em suco de laranja natural minimamente processado*. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Para saber mais

CAMEL, N.J.C.; PACCA, L.A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, p. 7-26, 2011.

FATARELI, E.F.; FERREIRA, L.N.A.; FERREIRA, J.Q.; QUEIROZ, S.L. Método cooperativo de aprendizagem jigsaw no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, v. 32, p. 161-168, 2010.

LEMONS, E.S. (Re)situando a teoria de aprendizagem significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, p. 38-51, 2005.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. *Ciência e Cognição*, v. 13, p. 94-100, 2008.

Abstract: *Connections between Chemical Kinetics and Electrochemical in the Perspective of Meaningful Learning.* Concepts of electrochemistry and chemical kinetics generally do not seem to have any relationship for the student. In this paper we will present an alternative way to learning the electrochemical by use of concepts of kinetic chemical for obtained a more integrated discussion in the chemistry learning. In this way, high school students carried out the construction of natural cells with oranges and potential differences (ddp) were measured in different experimental conditions. The action was based on the theoretical model of Meaningful Learning that studying the movement of interaction between new knowledge and pre-existing knowledge in the cognitive structure of the individual.

Keywords: electrochemistry, chemical kinetics, meaningful learning