

## **ESTUDO DA ELETROQUÍMICA A PARTIR DE PILHAS NATURAIS: UMA ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS**

**(Study of electrochemical from natural batteries: an analysis of concept maps)**

**Roberta Maria da Silva** [robertacodai@gmail.com]

Mestranda na Universidade Federal do Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife/PE, CEP. 52171-900.

**Renato César da Silva** [natocezar@gmail.com]

Mestrando na Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901.

**Kátia Aparecida da Silva Aquino** [aquino@ufpe.br]

Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco  
Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50740-550

### **Resumo**

O intuito desse trabalho é avaliar as contribuições do uso de experimentação de pilhas naturais, explorando o modelo teórico da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, na construção do conhecimento sobre o assunto de Eletroquímica no ensino de química. Essa teoria afirma que o indivíduo se apropria do conhecimento, por elaboração pessoal, a partir de dados pré-existentes ou subsunçores localizados em sua estrutura cognitiva. Os subsunçores vão se acomodando e se aperfeiçoando por diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa durante o processo de ensino aprendizagem. Mapas conceituais de estudantes foram analisados para compreensão da organização conceitual que os estudantes adquiriram após as discussões dos resultados experimentais com o grupo classe. Na análise dos mapas foram utilizadas como base os processos diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A integração de conceitos aprendidos na disciplina de Física subsidiaram a nova informação que estava sendo estudada na disciplina de Química e indicou que possivelmente a maioria dos estudantes conseguiu desenvolver, pelo processo de reconciliação integrativa, a aprendizagem combinatória. Por outro lado, o alargamento dos significados aprendidos na cinética química mostrou que a maioria dos estudantes parecem ter estabelecido o processo de diferenciação progressiva através da aprendizagem subordinada correlativa. Assim a análise dos mapas conceituais apontaram ser um recurso privilegiado de acompanhamento e forma avaliativa do processo de ensino-aprendizagem no ensino de eletroquímica.

**Palavras-chave:** ensino de química; pilhas; aprendizagem significativa.

### **Abstract**

The purpose of this study is to assess the contributions of the use of natural batteries experimentation, exploring the theoretical model of Meaningful Learning of David Ausubel, in the construction of knowledge about electrochemistry in chemistry teaching. This theory states that the individual appropriates the knowledge for personal development from pre-existing data or subsumers located in their cognitive structure. During the learning process the subsumers will be accommodating and perfecting by progressive differentiation and/or integrative reconciliation. Concept maps of students were analyzed to understand the conceptual organization that students acquired after the discussions of the experimental results with the class group. The integration of concepts between chemistry and physics indicated that possibly most students could pass by reconciliation integrative process. On the other hand, the extension of meanings learned in chemical kinetics showed that most students seem to have established the process of progressive differentiation through correlative subordinate learning. Thus, the concept maps analysis showed to be a privileged resource monitoring and evaluative form of teaching-learning in electrochemistry.

**Keywords:** chemistry teaching; batteries; meaningful learning.

## Introdução

A eletroquímica está fundamentada na área de ciências exatas e é na disciplina de Química que os estudantes têm contato com estudo deste tema na educação básica. Interligações da eletroquímica na disciplina de Química com a disciplina de Física são bastante comuns, principalmente do ponto de vista histórico.

As pesquisas na área de educação sobre concepções dos estudantes do ensino médio em relação à eletroquímica relatam que os mesmos confundem principalmente termos como ânodo, cátodo, eletrodos positivo e negativo. Assim, os estudantes são levados a interpretações equivocadas das reações de oxirredução que ocorrem nos eletrodos. Percebem-se também dificuldades em entender os processos de fluxo de elétrons e a condução de elétrons em sistemas eletrolíticos. Além disso, associam a deposição de metal sobre um eletrodo com a idéia de que “os opostos se atraem” e não como uma reação de oxirredução (Ogude & Bradley, 1996).

Ao começar a discussão sobre eletroquímica no ensino médio, pode-se destacar as pilhas que são descartadas indevidamente no meio ambiente, sendo considerados tóxicos os resíduos presentes nas mesmas quando lançadas em lixões, nas margens das estradas ou terrenos baldios, comprometendo a qualidade ambiental e a vida da população. Tal discussão permite uma formação mais cidadã dos estudantes com melhor interação com as ações que estejam em sua volta. O ensino de química tem sido um desafio constante no processo de ensino-aprendizagem direcionado a formação do cidadão. Atualmente, é mais comum um trabalho de fundamentação conceitual que gera, por muitas vezes, a memorização de fórmulas sem preocupação com a contextualização desses conhecimentos ou uma aplicação mais próxima dos fenômenos cotidianos (Cardoso, 2000). Além disso existem os conhecimentos prévios dos estudantes que, para a maioria, faz mais sentido do que os conhecimentos aprendidos em sala de aula. No conteúdo de eletroquímica sobre pilhas, por exemplo, é comum os estudantes adotarem o conceito de redução à diminuição ou perda. Contudo, tal conceito está diretamente ligado ao ganho (não perda) de elétrons em uma reação química. Neste caso o conhecimento prévio pode não ser considerado uma variável facilitadora e para o estudante esse novo conceito se torna, segundo Bachelard (1996), um obstáculo epistemológico.

Neste trabalho adotou-se a experimentação com pilhas naturais para discussões e inteligências do saber à luz da Aprendizagem Significativa. Mapas conceituais foram contruídos e analisados para obtenção de uma visualização da organização conceitual que os estudantes atribuíram após ações pedagógicas sobre o tema pilhas, nos permitindo uma maior compreensão sobre o processo de aprendizagem no ensino eletroquímica.

## Marco teórico

A interação do conhecimento prévio e o novo conhecimento está pautada na Aprendizagem Significativa que é uma abordagem cognitivista da construção do conhecimento. Segundo David Ausubel (*apud* Moreira, 2006) a Aprendizagem Significativa “é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (p.14). Em outras palavras, os novos conhecimentos que vão sendo trabalhados relacionam-se com o conhecimento prévio que o estudante possui. Assim a avaliação dos conhecimentos prévios dá o direcionamento para que a aprendizagem se torne mais significativa. Um exemplo disso em eletroquímica é a associação do estudo das células galvânicas com o conhecimento de pilhas que o estudante já traz consigo do ponto de vista prático e funcional. Afinal todos já tiveram contato com as pilhas e sabem bem como são utilizadas no dia a dia. Nessa perspectiva a nova informação interage com uma estrutura de conhecimentos específicos, ao qual Ausubel chama de subsunçor. Nestas interações se estabelecem ligações, chamadas de pontes cognitivas, entre o que se sabe e o que está sendo aprendido. Por isso, pode-se dizer que a Aprendizagem Significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se a conceitos relevantes

preexistentes na estrutura cognitiva do estudante, transformando-os em conceitos mais abrangentes (Moreira, 2006).

Uma nova informação também pode ser adquirida sem que haja interação com os conhecimentos prévios dos estudantes, tal desdobramento é chamado de Aprendizagem Mecânica. Neste caso a informação é guardada de forma vaga, contribuindo pouco ou nada para a elaboração e diferenciação daquilo que o estudante já sabe. Contudo, a aprendizagem mecânica pode construir subsunçores que poderão servir de ancoragem para um novo conhecimento que posteriormente possa se ligar na rede cognitiva e assim se transformar em Aprendizagem Significativa em outro momento. Nessa perspectiva quando o estudante aprende, por exemplo, o que é uma diferença de potencial elétrico (ddp) pode se formar em sua rede apenas uma informação a mais sem significado, base da Aprendizagem Mecânica, mas tal conceito se torna um subsunçor no momento que o estudante entende que uma pilha só produz trabalho por conta da sua ddp que é sua força eletromotriz. A construção de um novo subsunçor, no entanto, requer captação do conhecimento e sua internalização, por isso é um processo lento e que exige esforços tanto do docente quanto do estudante (Gowin, 1981).

Conforme Moreira (2006) a diferença entre as aprendizagens significativa e mecânica não deve ser confundida com aprendizagem por descoberta e por recepção. As aprendizagens por descoberta ou por recepção se enquadram tanto no campo da Aprendizagem Significativa como no campo da Aprendizagem Mecânica. Segundo o referido autor, na aprendizagem por recepção, o que deve ser aprendido é apresentado ao estudante em sua forma final. Por outro lado, na aprendizagem por descoberta, o conteúdo principal é descoberto pelo estudante que reorganiza as novas informações e as conecta com os conhecimentos prévios com a finalidade de produzir um novo conceito. Cabe salientar que tanto a aprendizagem por recepção como a aprendizagem por descoberta podem ser significativa se o novo conhecimento se relacionar aos subsunçores existentes. No ensino de Química, por exemplo, pode acontecer a Aprendizagem Significativa das duas formas, pois as aulas de laboratório (inerentes a esta disciplina) propiciam a recepção da nova informação ao passo que novas descobertas vão sendo realizadas através da observação dos experimentos.

A Aprendizagem Significativa está dividida em categorias que são mostradas na Tabela 1. As informações conceituais da referida Tabela foram descritas no trabalho de Ausubel et al. (1980).

Do ponto de vista processual, a Aprendizagem Significativa pode ocorrer por meio da diferenciação progressiva e/ou da reconciliação integrativa (Moreira, 1980). Ambos fazem parte da dinâmica da estrutura cognitiva. Na diferenciação progressiva o novo conceito aprendido interage com o conceito subsunçor e ancora-se nele, levando à sua modificação ou diferenciação. Ou seja, um determinado conceito é desdobrado em outros conceitos que estão contidos, ou em parte ou integralmente, em si. Um exemplo disso é quando se ensina os conceitos sobre a eletroquímica, em especial sobre as células galvânicas, na qual o estudante já traz consigo o conhecimento de pilha no ponto de vista prático e funcional. A diferenciação progressiva normalmente está presente na Aprendizagem Significativa subordinada. Por outro lado, segundo Moreira (1980), quando os novos conceitos adquiridos e os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do indivíduo organizam-se e adquirem novos significados acontece o processo de reconciliação integrativa. Normalmente a reconciliação integrativa ocorre na Aprendizagem Significativa superordenada ou na Aprendizagem Significativa combinatória.

Na Aprendizagem Significativa, o indivíduo não é um receptor passivo e sim o protagonista no processo ensino-aprendizagem. Nesse processo, ao mesmo tempo em que o estudante está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, ele também está fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e assim reorganizar seu conhecimento. Conclui-se então que no processo de Aprendizagem Significativa não existe a diferenciação

progressiva sem que haja a reconciliação integrativa dada a grande relação estabelecida entre eles (Moreira, 1980).

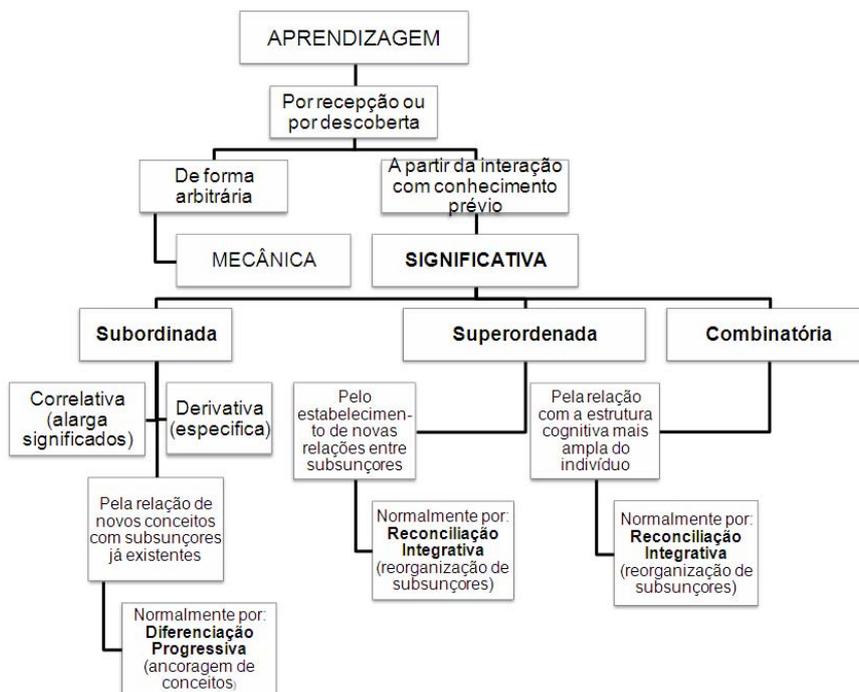
Tabela 1. Categorias da Aprendizagem Significativa

<b>Categoria da aprendizagem</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplo no ensino de eletroquímica</b>
Subordinada	Ocorre quando a nova informação tem interação com os conhecimentos prévios, tornando-se significativo. Subdivide-se em correlativa (alarga o conhecimento) e derivativa (é um exemplo que reforça o subsunçor)	Subordinada correlativa: saber que os elétrons gerados em uma pilha são provenientes de uma reação de oxirredução.  Subordinada derivativa: saber que uma pilha química pode gerar eletricidade tanto quanto uma pilha comercial.
Superordenada	Ocorre quando surge um novo conceito, mais abrangente, que engloba e reúne os conceitos preexistentes a partir de uma série de conceitos. Envolve os processos de abstração, indução e síntese de novos conhecimentos que passam a subordinar o subsunçores que lhes deram origem (Moreira & Masini, 1982)	O estudante quando faz a relação entre a pilha e os conceitos de oxidação/ redução reúne todas as informações necessárias para o entendimento geral do princípio de funcionamento de uma pilha comercial.
Combinatória	Um novo conhecimento implica na interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, inclusive conhecimentos de outras áreas, de outros domínios que não aquele que está sendo foco no momento.	Para compreender o fluxo de elétrons produzido em uma pilha comercial, que causa uma diferença de potencial elétrico que é aproveitado na forma de trabalho e faz funcionar um aparelho eletrônico, não basta apenas saber os conceitos envolvidos em eletroquímica. Também é necessário ter um conhecimento mais amplo não só da Química quanto de Física e estes já devem estar na estrutura cognitiva do indivíduo.

Baseado na teoria da Aprendizagem Significativa, Novak (1990) desenvolveu a metodologia de mapas conceituais, procurando representar como o conhecimento é armazenado na estrutura cognitiva de um estudante. Conceito é um termo que representa uma série de objetos, eventos ou situações que possuem atributos comuns. Com o uso de mapas conceituais, o conhecimento pode ser exteriorizado através da utilização de conceitos e palavras de ligação, formando proposições que mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo (Cañas et al., 2000; Moreira, 1992). Os mapas conceituais foram criados como instrumento de avaliação de entrevistas

(Novak & Gowin, 1999) e, posteriormente, “para pôr em prática as ideias de Ausubel sobre a Aprendizagem Significativa” (Ontoria *et al*, 2005). Nas palavras de Novak e Gowin (1999), “um mapa conceitual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições” (p. 31). Contudo na concepção de Moreira e Buchweitz (1993), o mapa conceitual pode ser usado como instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem e meio de avaliação. É fundamental trabalhar com este recurso na sala de aula quando os estudantes estiverem familiarizados com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (Moreira, 1980; Moreira, 2010). Na Figura 1 procuramos representar os conceitos trabalhados até o momento buscando resumir como ocorre a aprendizagem, como um exemplo de uma mapa conceitual.

Um mapa conceitual apresenta uma visão idiossincrática de um indivíduo sobre a realidade a que se refere, logo não existe mapa certo ou errado. Existe uma representação de como se ligam os conceitos em sua estrutura cognitiva tornando clara tanto a diferenciação progressiva como a reconciliação integrativa. Por isso, os mapas conceituais podem também ser utilizados pelo professor como um recurso de avaliação ou auxiliar na preparação de suas aulas, tornando claros os conceitos ou preenchendo as lacunas apresentadas pelos estudantes nos seus respectivos mapas conceituais (Moreira, 1984; Novak, 2000; Tavares, 2008).



**Figura 1.** Mapa que resume as principais ideias sobre como se processa a aprendizagem

### Medologia

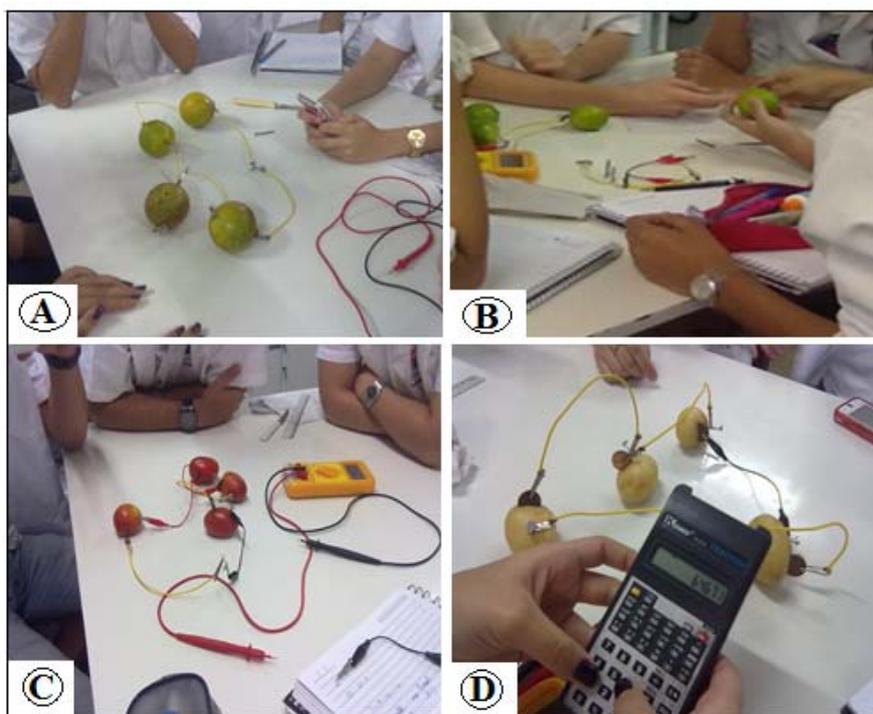
A elaboração de mapas conceituais foi desenvolvida por estudantes do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco (CAp/UFPE). As aulas foram destinadas aos estudantes do 2º ano do ensino médio. A turma era composta de 28 estudantes com duas aulas de Química semanais (50 minutos/aula). As atividades desempenhadas com os estudantes foram abordadas de forma contextualizada, questionada e praticada. Procurou-se trabalhar com recursos alternativos de

baixo custo durante as aulas experimentais para explorar bem os conceitos apresentados no ensino de Eletroquímica com ênfase na construção de pilhas naturais.

O trabalho de intervenção buscou trazer um trabalho pedagógico para o desenvolvimento de competências e habilidades dos jovens na perspectiva que eles possam autodeterminar-se, pensando e vivendo com senso crítico sobre o meio ambiente no qual convive, fazendo interferências, levantado hipóteses, testando e avaliando. Aulas expositivas dialogadas sobre eletroquímica foram inicialmente ministradas para que houvesse o primeiro contato dos estudantes com o tema. Nestas aulas foram discutidas as pilhas químicas, tipo pilha de Daniel, além das pilhas comerciais. Após as aulas expositivas foi realizada a intervenção experimental baseada na construção de pilhas naturais. Para isso a aplicação da intervenção experimental foi realizada em três momentos.

No primeiro momento foi realizada a construção das pilhas com os seguintes elementos naturais: limão, laranja, tomate e batata, eletrodos de parafuso cujo principal elemento é o zinco (Zn) (ânodo da pilha) e moeda de cobre (Cu) de cinco centavos (cátodo da pilha), fio elétrico, bico de jacaré, faca, multímetro para a obtenção da diferença de potencial elétrico (ddp) na unidade de volts (V), régua, calculadora e lâmpada *led*. O objetivo foi o de que a partir da construção de pilhas naturais, o estudante fosse capaz de relacionar o funcionamento interno da pilha natural com uma pilha comum. Cada grupo contendo sete estudantes ficou responsável por construir uma pilha com elemento natural diferente. No segundo momento foi realizada a construção das pilhas apenas com um elemento natural laranja cujo objetivo foi o de diagnosticar se fatores como a distância dos eletrodos, a temperatura em que se encontrava a laranja e seu grau de maturação influenciavam na obtenção da ddp obtida na pilha construída com esta fonte natural. No terceiro momento, cada grupo apresentou os seus resultados experimentais que serviu de base para discussão e comparação dos resultados das pilhas naturais no grupo classe. Como forma avaliativa do processo foi solicitada, para cada estudante, a construção de um mapa conceitual sobre pilhas com a palavra geradora “pilhas naturais”.

## Resultados e Discussão



**Figura 2.** Pilhas naturais ligadas em série: A) Laranja; B) Limão; C) Tomate e D) Batata.

No primeiro momento da intervenção experimental cada grupo de estudantes ficou responsável por construir uma pilha com elemento natural diferente, mas com os mesmos eletrodos (zinco e cobre) para todos os sistemas como pode ser observado na Figura 2. Lâmpadas *led* foram utilizadas para mostrar o funcionamento das pilhas naturais ligadas em série para produzir uma bateria. Todas as baterias produziram corrente suficiente para acender a lâmpada *led* utilizada por cada grupo.

Todos os elementos naturais se encontravam na temperatura ambiente e os eletrodos de zinco e cobre conectados aos mesmos tinham distâncias aleatórias, ou seja, não foram medidas as distâncias entre os eletrodos neste momento do experimento. Observam-se na Tabela 2 os resultados obtidos pelos estudantes para ddp (volts) da pilha natural individual e da bateria obtida em série (soma da ddp de 4 elementos naturais para o mesmo fruto ou tubérculo). Estes resultados foram apresentados por cada grupo posteriormente para discussão e reflexões sobre o fenômeno.

Observando a Tabela 2 é possível observar que o meio eletrolítico do fruto/tubérculo influencia a passagem de corrente elétrica e consequentemente no valor da ddp. Com a análise da Tabela 2, os estudantes notaram que a laranja apresentou a maior ddp e a batata inglesa a menor. Em ordem decrescente de ddp temos: laranja>limão>tomate>batata. Os estudantes concluíram então que a alta voltagem está relacionada à quantidade de íons presentes nos frutos. Sabe-se que as frutas e tubérculos em geral são uma mistura complexa de substâncias (Marconato & Bidóia, 2003). Tal mistura justifica as mudanças nos valores da ddp em cada sistema natural e que provavelmente a laranja possui uma quantidade maior de eletrólitos dissolvidos no meio quando comparada com as outras fontes naturais deste estudo

**Tabela 2.** Resultados obtidos no primeiro momento da intervenção

Elementos naturais	Média ddp (V) individual	ddp(V) bateria em série
Batata inglesa	0,94±0,01	3,75
Tomate	0,96±0,02	3,86
Limão	0,97±0,01	3,88
Laranja	0,99±0,02	3,98

No segundo momento da intervenção, os estudantes construíram as pilhas apenas para um elemento natural: a laranja. Todas as laranjas se encontravam a temperatura ambiente, ou seja, aproximadamente 27°C e neste caso foram definidas algumas distâncias entre os eletrodos na pilha de laranja que foi medida com uma régua comum. Neste momento variou-se o cátodo da pilha e foram utilizados zinco (Zn), ferro (Fe) e alumínio (Al), contudo manteve-se o mesmo ânodo que neste caso foi o cobre (Cu). Observam-se na Tabela 3 os resultados obtidos pelos estudantes para ddp (volts) da pilha natural individual de laranja com os diversos eletrodos.

**Tabela 3.** Distância entre os eletrodos para pilha natural de laranja à temperatura ambiente

Eletrodo	Distância 1 (cm)	ddp na distância 1 (V)	Distância 2 (cm)	ddp na distância 2 (V)	Distância 3 (cm)	ddp na distância 3 (V)
Zn/Cu	6,5	1,20±0,01	3,5	1,30±0,02	1,5	1,30±0,01
Al/Cu		0,50±0,01		0,50±0,02		0,50±0,02
Fe/Cu		0,30±0,02		0,40±0,03		0,40±0,02

Ao apresentarem os resultados para o grupo classe, os grupos discutiram que as diferenças entre os valores da ddp obtidos para cada par de eletrodos ocorria por conta do poder oxidante do cátodo, uma vez que o ânodo era o mesmo em cada sistema (ou seja o Cu). Estes conceitos foram trabalhados na aula expositiva sobre eletroquímica e neste caso foi um conceito relevante para que

os estudantes fizessen a discussão dos resultados obtidos na Tabela 3. Neste caso percebe-se a a apresentações dos conceitos gerais da eletroquímica podem ter se tornado âncoras para a internalização do novo saber.

Foi observado pelo grupo classe que a ddp obtida para a laranja e os eletrodos de Zn/Cu na Tabela 2 (1,00V) era menor do que os valores da ddp obtidos para o mesmo sistema na Tabela 3 (1,20V a 1,30V). O fato de se obter resultados experimentais diferentes, na mesma condição, gerou um confronto cuja discussão seguiu um movimento que possivelmente levou os estudantes a uma aprendizagem por descoberta. O grupo classe expos que tal diferença poderia ser explicada pela composição química dos componentes da laranja que mudam de acordo com o solo e clima do lugar onde elas foram colhidas. Não era conhecida a procedência dos frutos utilizados nos dois momentos. Tais mudanças podem ter contribuído para que a laranja do segundo momento apresentasse uma ddp maior. Mais uma vez foi citada a complexa mistura de substâncias que compoe um produto natural. Possivelmente tais conceitos formam trabalhados na turma dentro da disciplina de Biologia. O grau de escurecimento da moeda de cinco centavos usada como o ânodo de cobre também foi citado. Citou-se ainda que a distância entre os eletrodos no primeiro momento não foi estabelecida. De forma geral a turma não encontrou uma periodicidade dos resultados do segundo momento, pois para o eletrodo de Al/Cu não há influencia da distância entre os eletrodos para a obtenção da ddp. Por outro lado a distância parece influenciar as pilhas cujos eletrodos são formados de Zn/Cu e Fe/Cu. Alguns estudantes citaram que a pureza dos metais utilizados podem influenciar estes resultados. Neste momento o estudante recorre aos conceitos prévios, comparações e informações obtidas em outras disciplinas ou mesmo em conteúdos de Química trabalhados anteriormente. Tais informações se tornaram úteis e levaram o estudante a uma possível aprendizagem combinatória quando o mesmo consegue reconciliar integrativamente os novos conceitos. Também é possível obter a aprendizagem superordenada quando tal reconciliação forma uma nova relação entre os conhecimentos prévio e novo. Debater, confrontar, observar são ações importantes para o processo de ensino-aprendizagem e propicia a formação de indivíduos cuja reflexão leva a criticidade.

Além da utilização de laranjas na temperatura ambiente, as mesmas laranjas utilizadas no primeiro momento por um dos grupos foram armazenadas, sendo a metade armazenada à temperatura ambiente (27<sup>o</sup>C) e a outra metade armazenada em um refrigerador doméstico (18<sup>o</sup>C) durante três dias. Este foi o tempo que decorreu até o encontro subsequente ao dia do experimento realizado no primeiro momento. Os grupos mediram novamente o potencial obtido pelas pilhas de laranja. Com os dados foi construída a Tabela 3.

**Tabela 4.** Dados obtidos para pilha natural de laranja armazenada em diferentes temperaturas.

<b>Eletrodos</b>	<b>ddp (V) laranja a 27<sup>o</sup>C</b>	<b>ddp (V) laranja a 18<sup>o</sup>C</b>
Zn/Cu	0,90±0,02	1,10±0,01
Al/Cu	0,00±0,00	0,40±0,01
Fe/Cu	0,10±0,01	0,30±0,02

Com a construção da Tabela 4, os estudantes adotaram apenas a distância de 6,5 cm entre os eletrodos que foi escolhida aleatoriamente. Os estudantes verificaram ainda, comparando a Tabela 3 com a Tabela 4, que ocorreu uma diminuição da voltagem para as laranjas que foram armazenadas à temperatura ambiente. Por outro lado, as laranjas armazenadas no refrigerador doméstico apresentaram uma diminuição menos drástica nos valores da ddp, se mantendo inclusive o valor da ddp para o sistema cujo eletrodo era de Fe/Cu. Os estudantes concluíram então que os resultados poderiam estar relacionados ao tempo de maturação dos frutos, visto que a velocidade das reações

químicas presentes nos frutos é mais rápida na temperatura ambiente, ocorrendo menor degradação mantendo os íons responsáveis pela passagem de corrente elétrica. Neste momento os estudantes buscaram informações que foram trabalhadas na unidade de Cinética Química, o alargamento de conceitos sugere a ocorrência de uma aprendizagem subordinada correlativa.

Como forma avaliativa foi solicitada para cada estudante a construção de um mapa conceitual relacionando os conceitos discutidos na intervenção com pilhas naturais. Fazendo um resumo da análise de todos os mapas apresentados foi possível identificar a integração de conceitos aprendidos na disciplina de Física que subsidiaram a nova informação que estava sendo estudada na disciplina de Química e indicou que a maioria dos estudantes conseguiu desenvolver, pelo processo de reconciliação integrativa e possivelmente por aprendizagem combinatória, a aprendizagem significativa do conteúdo estudado. Por outro lado, conexões entre a velocidade de degradação dos frutos e a medida da voltagem da pilha natural sugerem o alargamento dos significados aprendidos na unidade de cinética química que se tornaram subsunçores. Desta forma a maioria dos estudantes parecem ter estabelecido o processo de diferenciação progressiva através da Aprendizagem Significativa subordinada correlativa. A Figura 4 apresenta o mapa conceitual de um dos estudantes da turma para exemplificação.

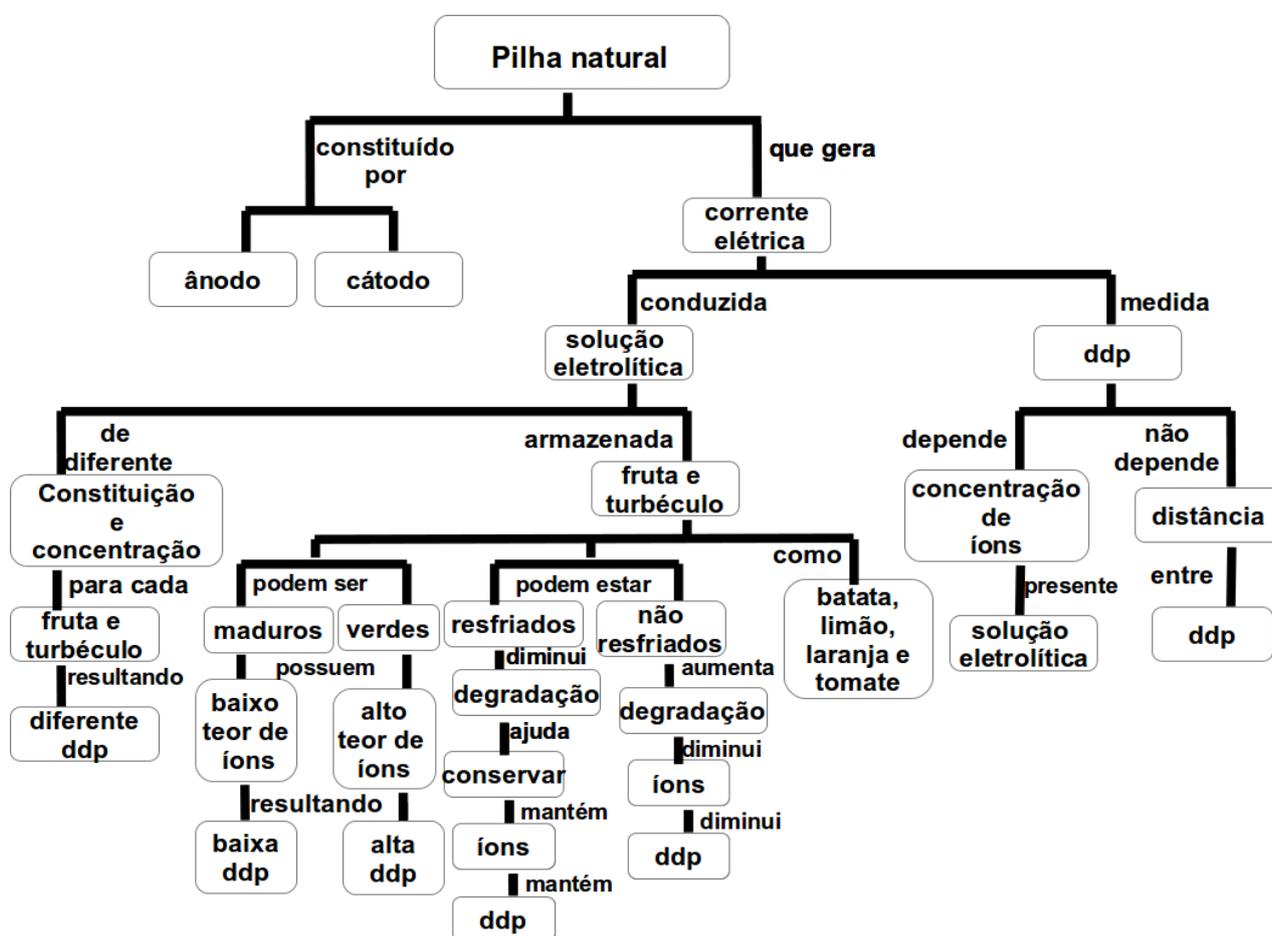


Figura 4. Mapa conceitual produzido por um dos estudantes.

Observa-se que, para este estudante, os conhecimentos são dispostos em duas ramificações simples ligadas diretamente a raiz PILHA NATURAL. Essas duas ramificações iniciais mostram os conceitos introdutórios que foram trabalhados no início da unidade temática de eletroquímica em aulas expositivas dialogadas. A primeira ramificação mostra que a principal constituição da pilha natural é o ânodo e o cátodo. Isto mostra um alargamento do conhecimento, quando é estendida para as pilhas naturais os conceitos relacionados com as pilhas comerciais. Este movimento parece

mostrar que o estudante progride para uma aprendizagem subordinada correlativa. A segunda ramificação ligada a raiz principal mostra que a principal característica da pilha natural é a geração de corrente elétrica, o que a torna mais um exemplo de sistema que pode produzir eletricidade para gerar trabalho característico de uma aprendizagem subordinada derivativa. Assim as ramificações iniciais mostradas no mapa sugerem que o estudante consegue estabelecer conexões entre novo conhecimento (pilhas naturais) e aquele já existente na sua estrutura cognitiva (pilhas químicas ou comerciais) que se dá prioritariamente pelo processo de diferenciação progressiva, uma vez que a análise destas ramificações sugerem o estabelecimento, em ambas, da Aprendizagem Significativa subordinada.

As ramificações que partem da raiz “corrente elétrica” estabelecem relações que também foram discutidas nas aulas expositivas sobre as pilhas químicas e que mostram os componentes principais dessas pilhas que são as soluções eletrolíticas, cuja força eletromotriz é mensurada a partir da ddp da pilha. Estabelecer tais relações com as pilhas naturais parece mostrar que o estudante consegue identificar as pilhas naturais como uma especificação de pilhas químicas ou comerciais e nos faz inferir sobre a promoção de uma Aprendizagem Significativa do tipo subordinada derivativa.

A organização hierárquica que o estudante mostra ser capaz de estabelecer no mapa conceitual com as ramificações a partir “solução eletrolítica”, reforça que o processo de aprendizagem pode ter acontecido pelo movimento dinâmico na estrutura cognitiva pautada no processo da diferenciação progressiva. Este processo foi identificado pelo fato do estudante perceber que frutas e tubérculos podem armazenar tais soluções e que estas soluções são importantes, pois sua constituição e concentração vão determinar o valor da ddp, alarga o conhecimento que o estudante tinha sobre o conceito de pilhas comerciais e denota a presença de uma Aprendizagem Significativa do tipo subordinada correlativa. Percebemos que durante a sua aprendizagem, os conhecimentos subsunçores ligam-se a novos conceitos. Mais especificamente, os conceitos iniciais interagem com o novo conhecimento e servem de base para a atribuição de novos significados, se modificando em função dessa interação e se diferenciando progressivamente. Assim, o subsunçor “solução eletrolítica”, neste exemplo, se tornou mais elaborado, mais diferenciado e capaz de servir de âncora para a atribuição de novos significados, denotando a ampliação significativa do conhecimento.

A ancoragem de novas informações, como a produção de ddp, com conceitos subsunçores já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, como a utilização de frutas e tubérculos para fins de alimentação também parece mostrar que o estudante continua o alargamento do significado inicial de tais vegetais pela diferenciação progressiva.

Também foi notório observar que o estudante correlacionou o novo conhecimento com base na pilha natural a conhecimentos prévios trabalhados em cinética química. Ele mostrou relação direta entre a ddp e o grau de maturação dos frutos. Para ele os frutos ou tubérculos verdes apresentam maior teor de solução eletrolítica resultando em alta ddp, enquanto que os maduros apresentam baixo teor de solução eletrolítica resultando em baixa ddp. A aplicação da cinética química está relacionada com a velocidade das reações de degradação dos frutos e tubérculos. Ao mostrar esta relação entre a eletroquímica e a cinética química, o estudante mostra um possível movimento relacionado com a Aprendizagem Significativa combinatória, ou seja, os conceitos relacionados com as pilhas naturais estão ancorados nos conceitos da velocidade de degradação e sua influência pela temperatura, que proporciona mudanças nos valores da ddp. O estudante consegue então mostrar um conhecimento muito mais amplo e relevante com a interligação apresentada e que se processa por reconciliação integrativa.

Cabe salientar que existe uma relação entre os processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa, uma vez que a aprendizagem que resulta em reconciliação integrativa

tende a resultar também em diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições. Isso porque, a reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva. Segundo Moreira (1988) “(...) é um processo cujo resultado é o explícito delineamento de diferenças e similaridades entre ideias relacionadas”.

### **Considerações finais**

Mapas conceituais foram utilizados na avaliação de estudantes do 2º ano do ensino médio para o tema Eletroquímica com ênfase nas pilhas naturais. Os mapas conceituais são recursos flexíveis e dinâmicos que enfatizam o ensino e a aprendizagem de conceitos, algo que muitas vezes fica perdido em meio a uma grande quantidade de informações e fórmulas no ensino de Química. Como instrumento de avaliação também podem ser utilizados para se ter uma imagem da organização conceitual, ou seja, das relações hierárquicas entre conceitos que o estudante estabelece para um dado conteúdo, facilitando assim um melhor acompanhamento da construção dos conhecimentos. Sem dúvida, essa é uma visão não tradicional de avaliação que é essencialmente qualitativa, mas que pode ser muito valiosa para o professor no sentido de guiar sua prática pedagógica.

Neste trabalho foi mostrada a análise de um mapa conceitual desenvolvido por um estudante do ensino médio sobre o tema pilhas naturais. Ao observar o mapa construído depois da intervenção baseada em debates, aulas experimentais e aulas expositivas com ênfase na contextualização foi possível constatar uma negociação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos através tanto através dos movimentos de reconciliação integrativa como de diferenciação progressiva, característicos da aprendizagem significativa em seus três tipos: subordinada, superordenada e combinatória.

A atividade experimental com pilhas naturais quando estruturada como eixo norteador na argumentação construtivista de ensino-aprendizagem é uma estratégia eficaz para o desenvolvimento do saber, por mostrar interesses que motivam a busca por informações inovadoras sobre o tema, respeitando assim a pesquisa, o trabalho em equipe, e a curiosidade de algo novo.

De acordo com o resultado do mapa conceitual do estudante foi observado durante a análise à importância da relação do ensino teórico e prático. O estudante explorou bem os conceitos sobre eletroquímica e cinética química fazendo relações com o que foi abordado na prática experimental. O mesmo pôde reconhecer o princípio de funcionamento de uma pilha natural a uma pilha comum interligando conceitos de óxido-redução. Também foi possível constatar a interdisciplinaridade que abordou um conhecimento mais amplo envolvendo a disciplina de Física, quando se refere à diferença de potencial elétrico (ddp) e à eletricidade, uma vez que estes conceitos já estavam na estrutura cognitiva do estudante.

### **Referências**

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Cañas, A., Ford, K., Coffey, J. (2000). Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento Basados en Mapas Conceptuales. *Informática Educativa*, 13 (2), 145-158.
- Cardoso, P. S., Colinvaux, D. (2000). Explorando a motivação para estudar química. *Química Nova*, 23 (3), 401-404.

- Gowin, D. B. (1981). *Educating*. New York.: Cornell University Press.
- Marconato, J. C., & Bidóia, E. D. (2003). Potencial de eletrodo: uma medida arbitrária e relativa. *Química Nova na Escol*, 17, 46-49.
- Moreira, M. A. (1980). Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, 32(4): 474-479.
- Moreira, M. A., & Masini, E. F. S. (1982). *A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.
- Moreira, M. A. (1984). O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. *Educação e Seleção*, 10, 17-34.
- Moreira, M. A. (1988). Mapas conceituais e Aprendizagem Significativa. *Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística*. 23 (28), 87-95.
- Moreira, M. A. (1992). Mapas Conceituais no Ensino de Física. *Textos de apoio ao professor de Física*, n. 3, 44p.
- Moreira, M. A., & Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem Significativa*. Brasília: Ed. UnB.
- Moreira, M. A. (2006). *A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implicação em sala de aula*. Brasília: Ed. UnB.
- Moreira, M. A. (2010). *Mapas conceituais e Aprendizagem Significativa*. São Paulo: Centauro Editora.
- Novak, J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education. *Instructional Science*, 19, 29-52.
- Novak, J. D. e Gowin, D. B. (1999). *Aprender a aprender*. 2. ed. Lisboa: Plátano.
- Novak, J. D. (2000). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento: Mapas Conceituais como Ferramentas de Facilitação nas Escolas e Empresas*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Ogude, N. A., & Bradley J. D. (1996). Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells. *Journal of Chemical Education*. 73(12), 1145-1149.
- Ontoria, A., Ballesteros, A., Cuevas, C., Giraldo, L., Martín, I., Molina, A., Rodríguez, A. e Vélez, U. (2005). *Mapas conceituais: uma técnica para aprender*. São Paulo: Loyola.
- Tavares, R. (2008). Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a Aprendizagem Significativa em ciências. *Ciências & Cognição*, 13 (2), 99-108.

Recebido em: 23.06.2013

Aceito em: 28.10.2014