

Proposta metodológica de ensino de química analítica empregando a Eletroforese Capilar de Zona

A.T. Santos* e A.P.G. Gervasio

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Química, Campus Prof. Alberto Carvalho, Itabaiana, SE, 49500000

**angelica.daa@hotmail.com*

(Recebido em dia de mes de ano; aceito em dia de mes de ano)

Neste trabalho foram discutidos os principais problemas enfrentados pelos químicos para analisar amostras de águas. Considerando esse aspecto, uma proposta alternativa para o ensino de química fora desenvolvida para ajudar estudantes a melhorar sua educação em Licenciatura em Química na Universidade Federal de Sergipe, Campus Prof. Alberto Carvalho. O conteúdo abordado englobou os conceitos e fenômenos envolvidos para utilização da técnica analítica denominada eletroforese capilar de zona. Aspectos teóricos foram implementados através de aulas práticas que abordou metodologia para analisar águas dos Açudes localizados em Ribeirópolis e Itabaiana SE. Os principais aspectos e conceitos analíticos envolvidos foram discutidos.

Palavras-chave: Proposta metodológica, açude, eletroforese capilar.

Determination of heavy metals in water by capillary zone electrophoresis: methodological proposal for teaching chemistry

In this work the main problems discussed by chemists to analyze water samples were shown. Considering this aspect, an alternative proposal was developed to help students improve it undergraduate education at the Universidade Federal de Sergipe, Campus Prof. Alberto Carvalho. The content covered included the concepts and phenomena related to use of the analytical technique called capillary zone electrophoresis. Theoretical aspects were implemented through experimental classes whose focus approached analysis of water from dam located in Ribeirópolis and Itabaiana SE. The main analytical aspects and concepts involved were discussed.

Keywords: Methodological proposal, reservoir, capillary electrophoresis.

1- INTRODUÇÃO

A escassez de água, tanto no sertão como no agreste sergipano, é um dos principais problemas enfrentados pelas pessoas daquela região. A construção de grandes reservatórios de água denominados de açudes é uma alternativa aos métodos existentes de captação de água de chuva. O açude Cajueiro é um desses exemplos. Está situado na cidade de Ribeirópolis – SE, é público e tem capacidade de 920.000,00m³. Apesar da necessidade da água, este açude serve como despejo do esgoto sem tratamento proveniente da cidade. Existem pelo menos duas monografias retratando a má qualidade da água do açude sendo aquele despejo a principal fonte de poluição do açude^{1,2}. Informações de moradores relatam que é comum ver crianças e adultos banhando-se naquelas águas, pescando e até irrigando plantações.

Dentre os vários tipos de problemas com contaminação pode-se citar aquela ocasionada por metais³. A intoxicação por metais é estudada tanto por biólogos quanto por químicos e engenheiros, além de muitas outras áreas. O estudo sobre seus efeitos e influencias é importante para que reações químicas sejam compreendidas e conseqüentemente utilizadas para ajudar a população. As principais fontes de contaminação por metais no ambiente são fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada, lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares entre outros³.

Há cerca de vinte metais, ou elementos agindo como estes, considerados tóxicos para os humanos³. Por exemplo, antigamente, o cromo era muito usado na fabricação de tintas, pigmento em fotografias, plásticos entre outros por não se saber sobre sua toxicidade.

Em 2006, a Universidade Federal de Sergipe implantou um *Campus* em Itabaiana. Dentre os cursos ali administrados cita-se o curso de Licenciatura em Química. O curso conta com disciplinas na área de ensino de química (pesquisa, metodologia, instrumentação e estágios) evidenciando disciplinas básicas tal como química geral e as mais específicas tais como analítica, inorgânica, orgânica e físico-química. A disciplina de química analítica também enfatiza o uso de reações químicas para resolver problemas de análise química. Uma análise química é a determinação de componentes químicos e/ou físicos em uma amostra. Os métodos analíticos e os problemas inerentes a uma análise química podem ser encontrados em diversos livros didáticos^{4, 5, 6, 7, 8}.

Para propor uma metodologia de análise química da água do açude, o professor da área tem que enfatizar as várias etapas que envolvem uma metodologia. Em linhas gerais essas etapas são métodos de amostragem e preparação da amostra. Para que os resultados sejam confiáveis, independente do método de análise química, os alunos têm que entender que a etapa de preparo de amostras é muito importante e crucial. O delineamento experimental inclui definir qual o preparo da amostra deve ser utilizado para evitar problemas de contaminação e conseqüente interferência nos resultados. Etapas de preparo de amostras são responsáveis pelo maior custo e constituem a maior fonte de erros na sequência analítica⁹.

Pensando nos aspectos de escolha do método de análise, mas considerando a disponibilidade de metodologias disponíveis no Laboratório da UFS, em Itabaiana, optou-se por empregar a Eletroforese Capilar de Zona (ECZ) para ensinar aos alunos como analisar água do açude.

A eletroforese capilar começou a ser desenvolvida a partir do final da década de 1980. Mas apesar de ser uma técnica recente, apresenta um grande número de publicações e todas elas mostram que, comparada a outras técnicas de separação, a técnica é simples e rápida e capaz de detectar vários cátions ou ânions em cerca de 10 a 30 segundos. A ECZ tem melhor eficiência e resolução aliados a um menor tempo de análise e utilização de volumes pequenos de amostra (1-10nL por injeção) e da solução de separação (10-100mL diários)^{10,11}.

Hoje, a análise de cátions ou ânions de metais por eletroforese capilar de zona é bem compreendida e muitos trabalhos na área mostram a eficiência de técnica para quantificar essas espécies^{10,11}.

No presente trabalho, apresenta-se uma proposta metodológica para ensinar os alunos do curso de licenciatura em química a delinear um experimento para analisar e determinar cromo em amostras de águas coletadas nos açudes Cajueiro e Marcela, situados em Ribeirópolis e Itabaiana SE, respectivamente. As disciplinas obrigatórias de química analítica abordam o tema superficialmente, assim, esta proposta experimental alternativa, ministrada em disciplina de tópicos especiais em química analítica, mostrará aos alunos a importância dessa etapa para o sucesso de uma análise química. É importante enfatizar que para a análise deste metal, a estratégia química a ser empregada envolverá a sua complexação com ácido etileno diamino tetra acético (EDTA) para a formação do complexo aniônico e posterior detecção UV.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Proposta metodológica de ensino de química analítica

A proposta metodológica, ofertada em 2009 e 2010, fora ofertada a 20 alunos do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe, *Campus* Prof^o. Alberto Carvalho. À época, a disciplina denominou-se Tópicos Especiais em Química Analítica I e fora ofertada com 4 créditos, sendo 2 teóricos e 2 práticos, totalizando 60 aulas. Todas as aulas abordaram conceitos e inovações sobre a eletroforese capilar de zona.

2.2 Procedimento experimental

2.2.1 Reagentes e soluções

Os reagentes e as soluções necessários para a análise de água foram: Ácido Nítrico p.a., ácido etileno diamino tetra acético (EDTA), fosfato dibásico de amônio ((NH₄)₂HPO₄), brometo de cetil trimetil amônio (CTAB). As solução de Cr(VI) e Cr(III) foram preparadas a partir dos sais de dicromato de potássio e nitrato ou cloreto de cromo(III), respectivamente.

2.2.2 Equipamentos e Acessórios

O sistema eletroforético fora montado empregando um detector de UV visível (CE Linear modelo 200 Instrumentos EUA) e uma fonte de alta tensão (Spellman, CZE modelo 1000R, Hauppauge, Nova Iorque, EUA) com capacidade para atingir até 30kV. Para a separação eletroforética utilizou-se um capilar de sílica fundida de 53,0cm de comprimento total (26,0cm até o detector) com diâmetro interno de 75µm e 375µm externo (Polymicro Technologies, Phoenix, EUA). Para limpeza e para condicionamento do capilar empregou-se uma bomba peristáltica com 13 canais (13GJ mp Ismatec modelo-4) equipada com tubos de Tygon (Cole-Parmer Instrument Company). Papel de filtro qualitativo 0,45µm. Eletrodos de platina (d.i. 350µm) foram usados para estabelecer conexões elétricas. Micropipetas (Maxipette e Gopet) para a adição de volumes entre 20 e 1000µL. Os eletroferogramas foram coletados por uma estação cromatográfica (Apex Dados Ltda, EUA) conectada a um microcomputador. Medidor de pH. Balança analítica. Vidrarias e outros materiais, comuns a um laboratório analítico.

2.2.3 Curva de Calibração e Preparo das amostras

Com todos os parâmetros estudados e otimizados para a separação e determinação simultânea das espécies de cromo, foram então construídas curvas analítica de calibração. Para isso, foram consideradas a altura do pico e a concentração das soluções de soluções contendo entre 0,2 e 1,0mg L⁻¹ de Cr(VI) e de Cr(III)-EDTA⁻ em água destilada. O tratamento dos dados fora obtido utilizando-se os programas *Origin* e *Excel*.

Uma amostra de água do açude da Marcela fora analisada. A amostra fora coletada da superfície e acondicionada em reservatório de 5 litros, trazida para o laboratório e analisada imediatamente.

2.2.4 Análise de especiação e determinação de Cromo: estratégia química

Às soluções padrão contendo Cr(III) foram adicionados 10,00mL de solução 0,1mol L⁻¹ de EDTA e posteriormente foram submetidas ao forno de micro-ondas empregando potência máxima por 2 minutos. Esfriaram-se e diluíram-se as soluções em 100,00mL de água destilada.

Às amostras sem tratamento prévio foram adicionados 10,00mL de solução 0,1mol L⁻¹ de EDTA. Aqueceu-se em forno de micro-ondas empregando potência máxima por 2 minutos. Esfriou-se e diluiu-se a amostra em 100,00mL de água empregando balão volumétrico. Todas as soluções tinham que ser filtradas imediatamente antes das análises.

O tempo de migração fora identificado injetando-se soluções individuais de cromo trivalente e hexavalente.

2.2.5 Montagem do sistema eletroforético

A Figura 1 mostra o sistema empregado durante as aulas. O sistema de eletroforese capilar de zona fora montado no laboratório empregando-se coluna de sílica fundida (A), um detector UV (B), uma fonte de alta voltagem (C) e uma interface para aquisição de dados. Para manter os frascos contendo a solução de separação na mesma altura, foram empregados suportes de madeira com 4,5cm de altura e com furos para acomodar os frascos. Para a limpeza e condicionamento do capilar, uma bomba peristáltica bombeara as soluções de 0,1mol L⁻¹ de ácido clorídrico (5min) e de hidróxido de sódio (15min) e solução tampão (30min) para dentro do capilar. Para a separação eletroforética utilizara-se um capilar de sílica fundida de 53,0cm de comprimento total (26,0cm até o detector) com diâmetro interno de 75µm. Os eletrodos de platina foram conectados aos polos da fonte que, por sua vez, foram conectados a fonte de alta

voltagem para fechar o circuito elétrico entre os eletrodos. A injeção por gravidade fora obtida quando o frasco da amostra fora posicionado 4,50cm acima do suporte de madeira. Durante a injeção, a outra extremidade da coluna capilar fora mantida mergulhada na solução tampão contida no frasco. Para as aulas, e conseqüentemente análise de cromo, fora utilizada uma solução tampão composta por 20mmol L⁻¹ de fosfato de pH 9,50. Empregando a montagem acima descrita, as análises das espécies foram realizadas a 214nm. A injeção fora feita em uma das extremidades do capilar enquanto que o detector fora adaptado à outra extremidade.

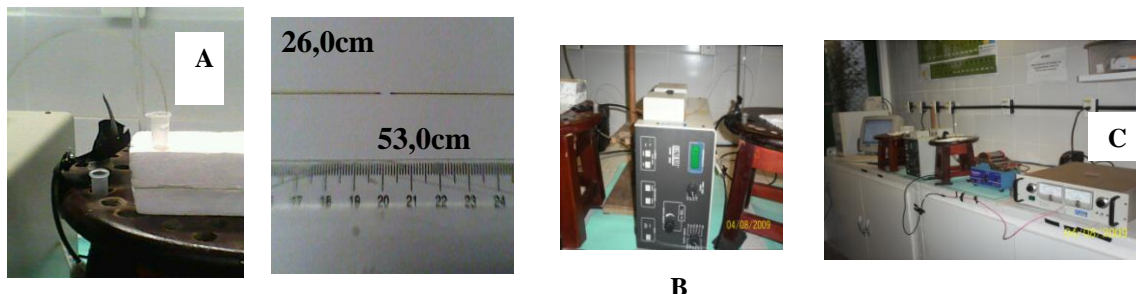


Figura 1: Sistema eletroforético.

2.2.6 Determinação de cromo por Eletroforese Capilar de Zona (CZE)

A metodologia proposta esta mostrada abaixo.

- 1- Encher a coluna com solução tampão 20mmol L⁻¹ de fosfato dibásico de amônio ($\mu=0,060$) pH= 9,50 e 0,5mmol L⁻¹ do inversor de fluxo (CTAB).
- 2- Ligar a fonte de alta voltagem e verificar a estabilidade do sistema.
- 3- Estabelecer o sinal de corrente para 10kV.
- 4- Fazer a injeção hidrodinâmica por gravidade durante 15s das soluções para obter curva analítica de calibração para Cr(III) e Cr(VI) e, posteriormente, injetar solução de amostras de águas.

A Tabela 1 mostra as aulas propostas e o conteúdo discutido durante a disciplina de 4 créditos.

Tabela 1: Aulas Propostas para o curso.

| Aula | Conteúdo |
|--|--|
| Montar e manusear o equipamento de eletroforese. | Fundamentos envolvidos e componentes do sistema. |
| Modos de injeção. | Discussão sobre os modos de injeção. |
| Influência da voltagem e da corrente. | Influência da voltagem sobre a migração das espécies. |
| Lei de Ohm | Influência da voltagem sobre a migração das espécies. |
| Influência da voltagem de separação. | Inversão do fluxo eletrosmótico: determinação de ânions. |
| Influência da concentração do CTAB. | Avaliação sobre a influência do pH da solução tampão sobre o tempo de migração. |
| Variar pH da solução tampão. | Avaliação sobre a influência do tempo de injeção sobre o tempo de migração e perfil do pico. |
| Variar tempo de injeção sobre o tempo de migração e perfil do pico. | Determinação de metais por ECZ. |
| Identificar Cr(III)-EDTA^- empregando o sistema CE. | Determinação de metais por ECZ. |
| Identificar Cr(VI) empregando o sistema CE. | Determinação de metais por ECZ. |
| Separar Cr(III)-EDTA^- empregando o sistema CE. | Determinação de metais por ECZ. |
| Analisar cromo empregando o sistema CE. | Determinação de metais por ECZ. |
| Metodologia empregando o sistema CE para determinação de cromo em amostras de águas. | Determinação de metais por ECZ. |
| Preparar relatório. | Apresentação de Seminário. |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Como analisar as amostras? Quais os problemas enfrentados em cada etapa analítica?

Introduzir o tema análise química exige, primeiro, que o aluno seja conscientizado sobre os processos envolvidos. Depois disso, discute-se que o processo de análise envolve metodologia analítica. Discutiram-se as várias etapas da metodologia analítica envolvidas neste trabalho, considerada alternativa devido ao tipo das abordagens empregadas. No caso do açude, consiste na coleta das amostras de água, aquecimento em forno de micro-ondas, diluição, filtração e, por fim, a análise. Cada etapa fora devidamente delineada no experimental. Os alunos também estudaram que precisão e exatidão são características que devem ser consideradas quando definir a população representativa do todo a ser estudada bem como contaminação durante a etapa de preparo das amostras.

3.1.1 Sistema Eletroforético: a montagem e a escolha das condições eletroforéticas

A técnica explora o deslocamento de partículas ou moléculas ionizadas que migram sob o efeito de um campo elétrico. As partículas ou moléculas estão dispersas em um eletrólito condutor. Basicamente, dois reservatórios são preenchidos com a solução de separação, assim como a coluna onde ocorre a separação. As colunas são preparadas de vários materiais, sendo a de sílica fundida a mais utilizada. Nela ocorre a separação e está contida a solução de separação. Faz-se necessário o uso de eletrodos conectados aos reservatórios contendo solução e que as extremidades da coluna sejam mergulhadas nos reservatórios para que o circuito elétrico seja fechado. Uma vez montado o sistema, a fonte de alta voltagem conectada aos eletrodos produz uma diferença de potencial importante para que ocorra a migração de íons dentro da coluna. A diferença entre tamanho e carga dos diferentes íons dentro da coluna definirá o tempo de migração de cada espécie dentro da coluna, ou seja, as mobilidades dos íons. A partir da

deteção das espécies, geram-se sinais na forma de picos, e o registro disso em função do tempo é denominado de eletroferograma.

A determinação de metais por eletroforese capilar de zona esta sujeita a problemas que atrapalham medidas quantitativas e que devem ser resolvidos antes da análise. Um dos problemas enfrentados é a baixa absorção molecular dos metais e a semelhança de mobilidades que eles apresentam. Para resolver esses problemas é necessário uma estratégia química envolvendo a complexação dos metais. Desta maneira, pode-se conseguir uma resolução completa dos sinais. Amostra com uma variedade de cátions pode requerer o uso de mais de um agente complexante. A alteração da mobilidade do cátion por meio da adição de um complexante acontece através de formação de um complexo metálico de tamanho e carga diferentes daquele do cátion livre e, deste modo, de mobilidade distinta⁵.

Quando ocorre a formação de complexos aniônicos com menor velocidade eletroforética em relação à velocidade do fluxo eletrosmótico é necessário recorrer à inversão de fluxo eletrosmótico⁷. Normalmente é adicionado ao eletrólito um agente surfactante para que ocorra a inversão do fluxo eletrosmótico. Na análise dos complexos aniônicos de EDTA é comum a utilização do brometo de cetil trimetil amônio (CTAB), entre outros.

Vários fatores afetam a otimização do processo, dentre eles, o tempo e o tipo de injeção, e o volume de amostra, a injeção de grandes volumes promove os alargamentos dos picos. O pH da solução eletrolítica também é de grande importância para o controle da seletividade e eficiência de separação iônica. Quando a separação envolve solutos de caráter ácido-base, a mobilidade eletroforética do soluto depende do pH do eletrólito⁶.

Identificaram-se os tempos de migração das soluções injetando-se soluções de cromo hexavalente e trivalente. A Figura 2A mostra as duas espécies. O cromo hexavalente tem menor tamanho e maior carga, por isso, migra mais rápido pela coluna e tem menor tempo de migração.

3.1.2 *Uso de inversor de fluxo eletrosmótico: Estudo sobre o efeito do campo elétrico sobre a migração de espécies aniônicas*

O modo normal de eletroforese capilar envolve a injeção da amostra no polo positivo e detecção no polo negativo. Assim, privilegia-se a determinação de espécies catiônicas. Isso ocorre porque a sílica da superfície do capilar sofre ionização gerando cargas negativas. Quando a solução tampão é injetada na coluna, íons positivos são atraídos para a parede do capilar, formando camadas desses íons sobre o capilar e, por sua vez, quando a fonte é ligada os íons positivos das camadas são atraídos para o polo negativo, essa migração forma o que é denominado de fluxo eletrosmótico. O campo elétrico ($V\text{ cm}^{-1}$) aplicado é importante para o bom desempenho da técnica analítica.

A injeção de amostra contendo espécies aniônicas fora obtida no polo negativo, neste caso, os ânions migram para a extremidade positiva onde ocorre a detecção. Porém o fluxo eletrosmótico, migração da solução tampão pelo capilar, migra em direção ao polo negativo. Isso será um problema se a velocidade de migração da espécie não for maior que a do fluxo eletrosmótico. Faz-se necessária a adição de um agente surfactante para que ocorra a inversão do fluxo eletrosmótico, e assim, espécies e fluxo migram no mesmo sentido, o que normalmente diminui o tempo de análise uma vez que ânions migrarão mais rapidamente, além da melhoria da resolução dos picos também ser significativa. A adição do surfactante ao eletrólito de separação faz com que micelas sejam formadas no interior do capilar. As micelas têm ligação hidrofílica e ligação hidrofóbica. As cargas positivas do surfactante vão ser atraídas pela parede do capilar. Como as micelas, neste caso, têm estruturas que possuem duas cabeças hidrofílicas com carga positiva, uma esta ligada à parede do capilar e a outra esta ligada aos íons de cargas negativas da solução tampão. A adição do surfactante faz com que o fluxo eletrosmótico migre em direção ao polo positivo⁶. Os eletroferogramas da Figura 2 representam a análise sem e com o inversor de fluxo respectivamente. Pode-se observar na figura que com a adição do inversor fora obtido um pico mais simétrico e em menor tempo de análise o que facilita a separação e diminui o tempo de análise.

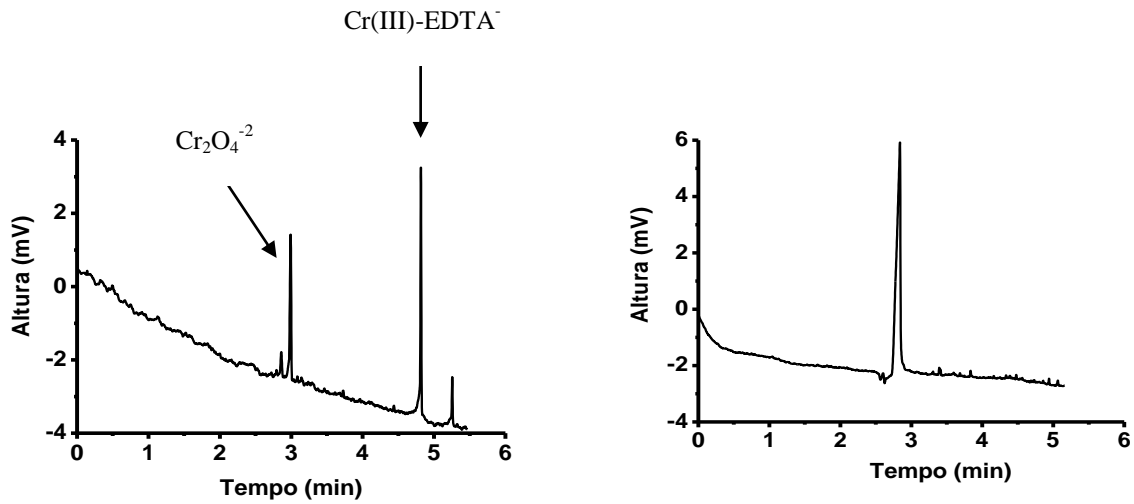


Figura 2A e 2B : Análise sem e com o inversor de fluxo respectivamente. Solução eletrolítica: 20mmol L^{-1} de fosfato pH 9,50 e $0,5\text{mmol L}^{-1}$ de CTAB. injeção hidrodinâmica por 30s e $ddp10\text{kV}$.

3.1.3 Estudo sobre a Lei de Ohm

O estudo sobre a variação sinal de corrente com a variação da concentração da solução tampão fora possível preparando-se várias soluções de diferentes concentrações. O sinal de corrente e voltagem foram anotados quando cada solução estava injetada no capilar. A partir dos dados obtidos construiu-se o gráfico mostrado na Figura 3. A resistência que uma solução impõe ao sistema é facilmente observada na figura. O gráfico mostra que soluções menos concentradas mostram linearidade limitada. Também mostra que para soluções acima de 50mmol L^{-1} a voltagem utilizada deve ser menor que 10kV , pois acima desta voltagem ocorre o superaquecimento do capilar (efeito Joule). Os valores de voltagem dentro da faixa linear das curvas podem ser utilizados para análise quantitativa.

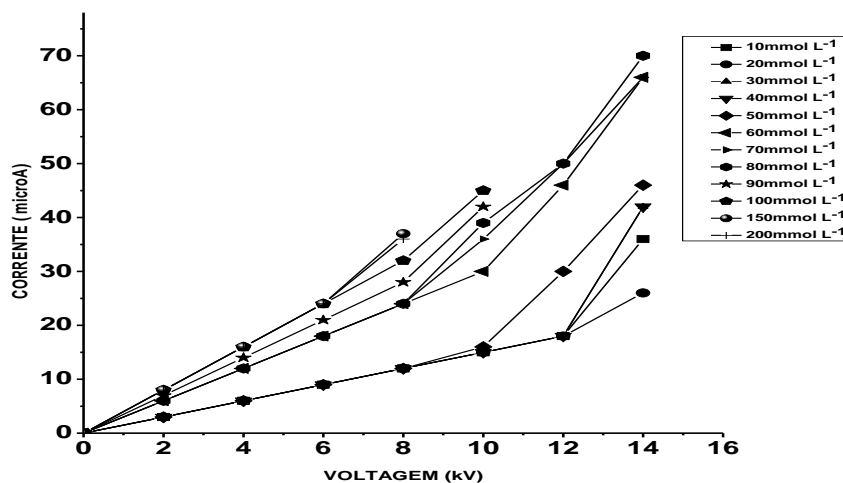


Figura 3: Gráfico de V versus I obtido a partir da variação da voltagem e de diferentes concentrações de soluções de separação.

3.1.4 Estudo da influência da voltagem sobre o tempo de migração

Também foram feitas determinações usando as voltagens de 7kV e 10kV. Esse estudo ajudou a complementar as teorias discutidas em sala de aula, ou seja, sob efeito de um campo elétrico, as velocidades de migração das espécies tendem a ser maior quanto maior a voltagem aplicada. Esse fato fora comprovado e os eletroferogramas apresentados na Figura 4 mostram os resultados. Estes mostram que os tempos de migração foram de 5,00 e 3,50 minutos quando 7kV e 10kV foram utilizados, respectivamente. Pode-se perceber que a voltagem tem grande influência sobre a migração das espécies. Pode ser mais favorável que as análises sejam feitas em 10kV (Lei de Ohm).

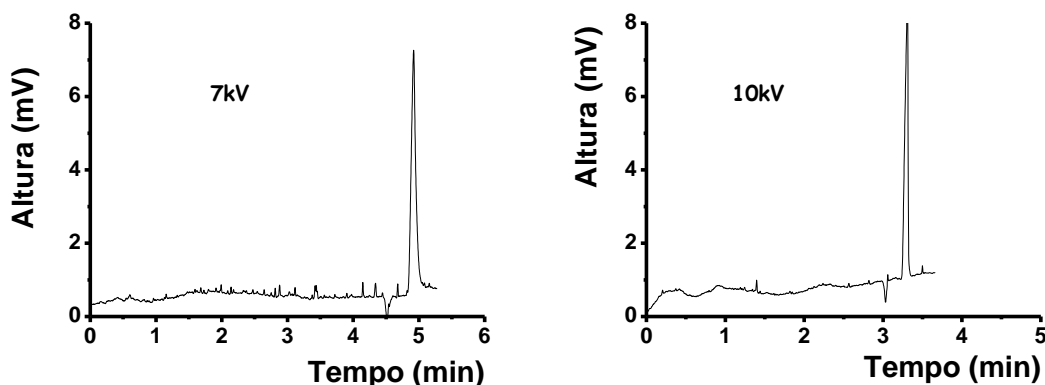


Figura 4: Eletroferograma obtido a partir da análise de soluções de cromo. Separações realizadas em 7 e 10 kV.

3.1.5 Estudo da influência do pH da solução tampão sobre o tempo de migração

Como citado anteriormente, a mobilidade eletroforética do soluto depende do pH do eletrólito. A titulação de espécies de caráter ácido-base pode produzir espécies de cargas negativas. Quanto maior o pH, maior a ionização das espécies. A influência do pH do eletrólito sobre o tempo e perfil do pico fora estudada variando-se o pH da solução. Os eletroferogramas obtidos estão representados na Figura 5 e mostram que o tempo de migração não varia significativamente com a variação do pH de 7,00 para 9,50. No entanto, pode-se discutir que o perfil de pico é melhor quando fora utilizada solução tampão pH 9,50, pois apresenta um pico mais simétrico e com maior altura de sinal.

3.1.6 Estudo da influência do tempo de injeção sobre o tempo de migração e perfil do pico

Esse estudo permitiu avaliar o quando a quantidade da amostra influencia a qualidade dos sinais analíticos. A eletroforese capilar emprega pequenos volumes de amostra em análises de rotina. Lembrando que volumes menores que 10nL foram empregados nas análises. O tempo de injeção de 15 e 30s foram utilizados para fins de comparação. Os eletroferogramas obtidos estão mostrados na Figura 6. Pode-se observar um pico duplo para a injeção de 30s, o que compromete o seu uso. A injeção de 15s apresenta um pico simétrico e, portanto, satisfatório para qualquer trabalho quantitativo.

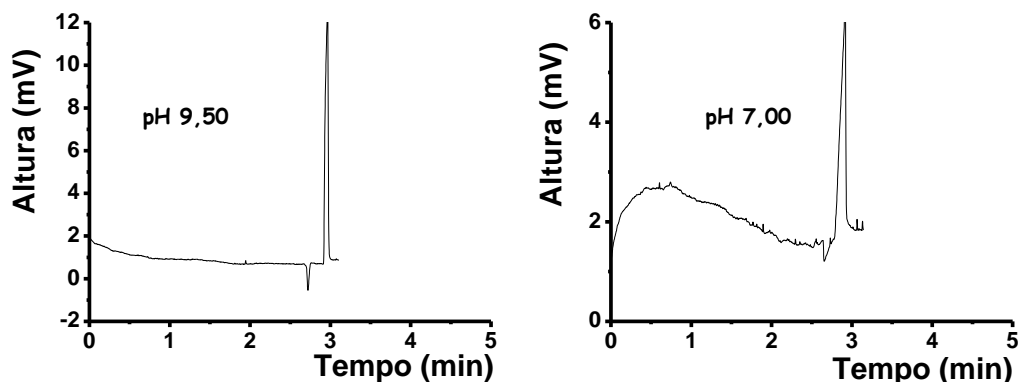


Figura 5: Eletroferograma obtido a partir da análise de soluções de cromo. Soluções de separação com pH 9,50 e 7,00.

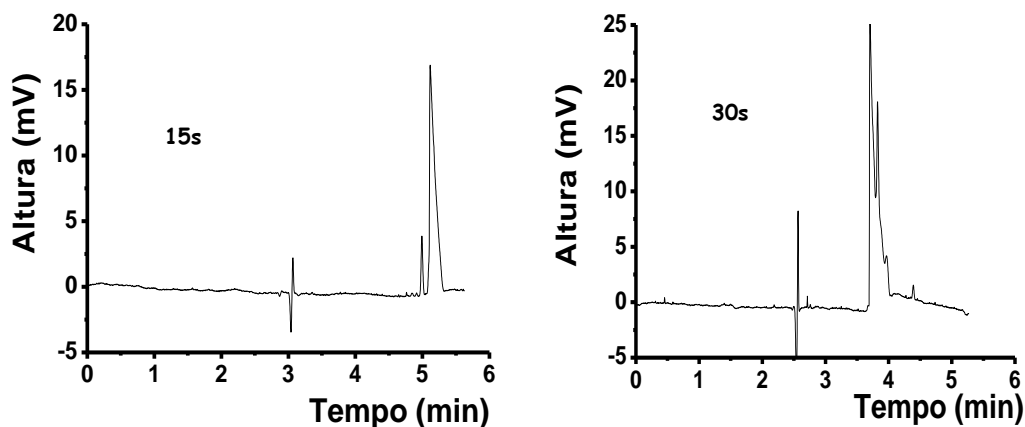


Figura 6: Análise em 15 e 30s de injeção respectivamente.

3.1.7 Análise de água do açude

O método de quantificação das espécies empregara os dados da curva analítica construída com 5 pontos. Algumas soluções padrão foram analisadas ($n=3$) pela metodologia proposta, e os resultados altura de sinal (eixo y, respostas) versus concentração (eixo x) foram utilizados para a obtenção da curva analítica de calibração determinada pelo método dos mínimos quadrados. A curva analítica de calibração apresentara-se linear com coeficiente de correlação de 0,9994 tanto para Cr(VI) quanto para Cr(III)-EDTA⁻ e coeficiente de variação do tempo de migração das espécies fora inferior a 5%.

Nenhum sinal referentes as espécies de cromo fora detectado no eletroferograma obtido a partir da análise de água do açude de Itabaiana. Os cálculos de limites de detecção ($S/R=3$) e de quantificação ($S/R=10$) foram 0,04 e 0,12mg L⁻¹ para Cr(III) e de 0,14 e 0,48mg L⁻¹ para Cr(VI). Os dados para esses cálculos foram retirados da curva analítica. Discutira-se com os alunos sobre a importância desses valores para o uso da técnica para análises de águas.

4. CONCLUSÃO

A abordagem experimental aqui proposta para a análise de metais poluentes em águas empregando eletroforese capilar de zona contribuiu com a disciplina de Tópicos Especiais em Química Analítica do Curso de Licenciatura em Química do Campus Prof^o. Alberto Carvalho. A disciplina permitiu o contato dos alunos com os diversos problemas abordados durante as aulas de química analítica tais como: preparo de amostras, sequência analítica e metodologia experimental e sua otimização, além de aprofundar seus conhecimentos sobre metodologias analíticas e sua importância tanto para os métodos clássicos quanto para os métodos instrumentais de análise. Também, a disciplina enfatiza o conteúdo visto na academia com problemas enfrentados pela sociedade, a relação teoria/prática. Além de aprender que a Lei de Ohm e o aquecimento Joule são importantes em química analítica.

O planejamento de novas atividades para outras aulas do curso já esta sendo encaminhada, tal como coletar amostras de água da superfície do açude Cajueiro na cidade de Ribeirópolis e propor, além da análise de especiação, a determinação de cromo total, o que será essencial para ampliar a discussão sobre análise de metais.

AGRADECIMENTOS

UFS, CNPq, FAPITEC. Trabalho de conclusão de curso desenvolvido para obtenção do título de Licenciada em Química.

-
1. LIMA, W.S. e GARCIA, C.A.B. Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. *Scientia Plena* 4:1-23 (2008).
 2. SOUZA JÚNIOR, C.A. Caracterização dos impactos antrópicos na área da bacia do Açude Cajueiro Ribeirópolis-SE; Trabalho Acadêmico Orientado; Departamento de Engenharia; São Cristóvão, 2009.
 3. TAVARES, T.M.; CARVALHO, F.M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo Baiano. *Química Nova* 15:147-154 (1992).
 4. HARRIS, D.C. *Análise Química Quantitativa*, 6ª Edição, LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro-RJ, 2005.
 5. SKOOG, D.A.; WEST, D.M.; HOLLER, F.J.; CROUCH, S.R. *Fundamentos de Química Analítica*, Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.
 6. CHRISTIAN, G.D. *Analytical Chemistry*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York-EUA, 1994.
 7. VOGEL, *Análise Química Quantitativa*, 6ª Edição, LTC Editora, Rio de Janeiro-RJ, 2002.
 8. SKOOG, D.A.; WEST, D.M.; HOLLER, F.J.; CROUCH, S.R. *Princípios de Análise Instrumental*, 5ª Edição, Editora Bookman, São Paulo-SP, 2002
 9. KRUG, F.J. *Métodos de preparo de amostras: fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar*, 1ª Ed., Piracicaba, 2008.
 10. JAGER, A.V.; TAVARES, M.F.M. Determinação simultânea de cátions por eletroforese capilar: fundamentos e aplicações. *Química Nova* 24:363-373 (2001).
 11. TAVARES, M.F.M. Mecanismos de separação em eletroforese capilar, *Química Nova* 20:493-511 (1997).