

DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR DURANTE COZIMENTO DE ALIMENTOS EM PANEAS DE ALUMÍNIO

Mariana Angelo Abatayguara Rosal (IC) e Márcia Guekezian (Orientador)

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

O alumínio apresenta diversas aplicações na indústria e no mercado, estando presente em remédios, tratamento de água e em produtos do cotidiano, porém estudos *post mortem* em pacientes diagnosticados com a doença neurodegenerativa, doença de Alzheimer, têm indicações de altas concentrações do metal na região afetada pela doença. Estudos recentes não confirmam a correlação entre ambos. Neste trabalho, através da espectrometria de absorção molecular na região do visível, utilizando como reagente colorimétrico o violeta de pirocatecol, determinou-se a concentração de alumínio em água aquecida em panelas de alumínio, com o intuito de estudar se há liberação do metal para água, possibilitando a entrada do metal no organismo de seres humanos pela ingestão de alimentos cozidos em panelas de alumínio ou que necessitem da água aquecida em utensílios desse material, como por exemplo, o café. Utilizou-se panela de alumínio devido sua acessibilidade de preço e por ser o utensílio doméstico essencial em qualquer residência. As amostras de água utilizadas foram obtidas de panelas de alumínio areadas e sem arear. Os resultados obtidos para uma média de três determinações foram de 0,70 e 0,50 $\mu\text{mol L}^{-1}$, para alumínio em água de panelas areada e sem arear, respectivamente. Nota-se uma maior concentração de alumínio das amostras obtidas da panela areada em relação às amostras obtidas da panela sem arear, evidenciando a necessidade de cuidado com a utilização deste utensílio para a preparação de alimentos.

Palavras-chave: Alumínio, Espectrometria de absorção molecular, Doença de Alzheimer.

ABSTRACT

Aluminum has several applications in the industry and the market, being present in medicines, water treatment and everyday products. However, *post mortem* studies in patients diagnosed with neurodegenerative diseases, such as Alzheimer's disease, suggests that the brain areas affected by the disease have also high concentrations of metal. Recent papers don't confirm the correlation between them. In this paper, by means of molecular absorption spectrometry in the visible region, using pyrocatechol violet as a colorimetric reagent, the concentration of aluminum in water heated in aluminum pans was determined, in order to study the release of the metal to water, allowing the inflow of the metal in the

human body by the ingestion of foods cooked in aluminum pans or that need the water heated in utensils of this material, for example, coffee. The aluminum pan was used due to its affordability and the essential domestic utensil in any home. The water samples used were obtained from sanded and not sanded aluminum pans. The results obtained for a mean of three determinations were 0,70 and 0,50 $\mu\text{mol L}^{-1}$, for aluminum in sanded and not sanded pans, respectively. It was observed a higher aluminum concentration of the samples obtained from the sanded pans in relation to the samples obtained from the not sanded pan, evidencing the care with the use of this utensil for the preparation of food.

Keywords: Aluminium, Molecular absorption spectrometry, Alzheimer's disease.

1. INTRODUÇÃO

O alumínio é o terceiro metal mais abundante na crosta terrestre apresentando diversas aplicações, estando presente em medicamentos, tratamento de água e em produtos do cotidiano. Alguns estudos em pacientes diagnosticados com a doença neurodegenerativa, doença de Alzheimer, apresentam altas concentrações de alumínio na região afetada pela doença, apesar de estudos recentes não confirmarem a correlação entre ambos. Ressalta-se que este metal não é essencial ao organismo e o uso de determinados utensílios, como panelas de alumínio, pode ocorrer a migração do metal para os alimentos durante o processo de cocção, podendo agravar alguns efeitos tóxicos, dentre estes, interações do alumínio com sistemas enzimáticos, com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos em geral.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Alguns poucos estudos assinalam a presença de alumínio na água potável e em alimentos como um dos agentes etiológicos de doenças mentais, dores de cabeça, perda de memória, nervosismo, azia, instabilidade emocional, sono perturbado, intelecto prejudicado e perda de coordenação (MARTYN, 1997).

Elevados níveis de alumínio no organismo podem prejudicar a capacidade do corpo para digerir este metal, e o organismo de utilizar o fósforo, flúor e cálcio, para seu desenvolvimento, principalmente ósseo. Há também a hipótese de que a exposição a esse elemento represente risco para o desenvolvimento da Doença de Alzheimer (SHRIVASTAVA, 2012).

Pesquisadores relatam que a exposição de alumínio é algo para se preocupar, pois estudos indicam que o alumínio pode causar toxicidade hepática e levar a sintomas degenerativos, incluindo a Doença de Alzheimer (BONDY, 2010).

Estudos indicam que a água potável contendo alumínio, com alta ou baixa concentração de flúor, está associada com o risco de Alzheimer (NISHIDA, 2006).

Infelizmente, isso é evidente na Nova Guiné e Ilhas Papua, onde a água potável contém íons alumínio e a doença de Parkinson ou esclerose lateral amiotrófica (ALS) é encontrada, praticamente em toda população (MANDOUR, 2011).

A preocupação com a poluição de alumínio na água potável alcançou pesquisadores do mundo todo. Estudos, relatam ainda que há um aumento na concentração de Alumínio em cérebros de pacientes com Doença de Alzheimer (YOKEL, 2000). Essa doença é uma desordem neurodegenerativa, predominante na população senil, caracterizada clinicamente pela perda progressiva da memória e de outras habilidades cognitivas. Há décadas que

pesquisadores relatam ainda que a ingestão do alumínio estaria relacionada com a incidência dos males de Alzheimer e Parkinson, mais até hoje o material continua em estudo (LIUKKONEN-LILJA, 1992).

Depois que o leite materno deixa de ser a principal fonte de alimento, as panelas passam a fazer parte da vida de todos os indivíduos. Existem componentes nas panelas que fazem mal à saúde e podem passar para o alimento na hora do preparo. As panelas de alumínio são as mais comuns e as mais baratas, mas também são as que causam mais polêmica.

Os efeitos tóxicos dos metais podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, interações com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o mecanismo celular em geral (MARTYN, 1997).

Há uma preocupação da relação entre alumínio e a doença de Alzheimer, envolvendo riscos relativos para populações expostas a concentrações de alumínio em água potável superiores a 0,1 mg/L. Há evidências que o metal provoca eventos inflamatórios e conduz a danos no tecido cerebral (SUAY, 2002).

Assim, de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde, a concentração de alumínio em água potável tem o valor máximo permitido (VMP) de 0,2 mg/L (ABAL, 2000).

Considera-se que, mesmo a alimentação sendo importante fonte de ingestão de alumínio, é na água onde se apresenta a forma mais biodisponível para ser absorvido pelo intestino (MARTYN, 1997).

Sais de Al são amplamente utilizados como coagulantes para redução da matéria orgânica, turbidez e presença de microrganismos durante o tratamento de água superficial, que apresenta maior quantidade de partículas em suspensão. Essa utilização, apesar de necessária para o tratamento de água em muitos municípios, pode aumentar a concentração de Al no ponto final de consumo (BATES, 2000).

Os potenciais de redução indicam ser possível a reação deste metal com água. A não ocorrência dessa reação é atribuída à presença de uma camada aderente e protetora de óxido de alumínio formada na reação do metal com o oxigênio do ar (BATES, 2000).

As concentrações de alumínio nos alimentos são tipicamente baixas, usualmente inferior a 5 mg/Kg e, torna-se suscetível a variações (INOUE, 1988).

Sua concentração mais elevada é encontrada em conservas de pickles e queijos, além de fermentos. Portanto, dependendo dos hábitos alimentares individuais, a sua ingestão diária varia de 3 a 36 mg/dia (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2005).

Assim sendo, o conteúdo de alumínio nos alimentos, apesar de pequeno pode ser mais elevada do que a média estimada. A quantidade do alumínio adicionado ao alimento

durante a cocção em utensílios deste material chega a ser de 0,7 mg/100g de alimentos (ABAL, 2006).

Um estudo espanhol concluiu que a ingestão, quando os alimentos são preparados e estocados em recipientes de alumínio, é de aproximadamente 6 mg/dia, ou seja, inferior ao valor de 7 mg/Kg (equivalente a 70 mg/dia para um homem adulto) (LÓPEZ, 2000).

Na faixa de 75 a 95% do alumínio ingerido é eliminado na urina e fezes. O restante é absorvido e depositado no corpo humano como ossos e pulmões. O alumínio é facilmente eliminado pelo organismo, mas quando absorvido, é distribuído principalmente nos ossos, fígado, rins e cérebro (FORBES, 1994).

Em mamíferos, a absorção gastrointestinal de alumínio é baixa devido à conversão de sais de alumínio em fosfato de alumínio, que é insolúvel no aparelho digestivo. Isso pode ocorrer a partir de mudanças no valor do pH e presença de fosfato na dieta. Vale salientar, portanto, que a sua biodisponibilidade é diretamente dependente da sua forma química (QUINTAES, 2000).

As principais fontes de exposição para o homem são os alimentos, água, partículas inaláveis, anti-perspirante, cosméticos, analgésicos, anti-ulcerativos, anti-diarréicos, utensílios domésticos, aditivos alimentares, chás, a própria água consumida, sendo que esta última teve, nos últimos anos, um acréscimo no conteúdo de alumínio em decorrência da chuva ácida (GREGER, 1985).

Medicamentos como antiácidos, contendo hidróxido de alumínio, podem também contribuir para um aumento na ingestão de alumínio pelos usuários destas drogas (LIUKKONEN-LILJA, 1992).

A absorção dos compostos de alumínio (toxicocinética) pode ocorrer por via respiratória, oral ou cutânea. Sua absorção pode ser aumentada na presença de ascorbato, gluconato, lactato, malato, oxalato, succinato, tartarato e citrato, sendo que a interação com este último pode ser fatal. A absorção fica diminuída na presença de fosfato e silício (YOKEL, 2000).

O metal é distribuído no organismo, ligado a transferrina (80%), albumina (10%) e proteínas de baixa massa molecular (10%). O alumínio tem uma grande afinidade pelos ossos e tende a se depositar neste tecido. É capaz de atravessar a barreira hematoencefálica e fetoplacentária (FIQUE, 2007).

A principal via de eliminação do alumínio é a renal com excreção pela urina. Uma pequena parte do alumínio absorvido pode ser eliminada pela vesícula biliar e excretado nas fezes (YOKEL, 2000).

O mecanismo de ação tóxica do alumínio ainda não está bem esclarecido, mas o que se sabe é que é um agente neurotóxico. Dentre os efeitos neurológicos, o principal é a encefalopatia, onde se observa, inicialmente, uma perturbação da linguagem, lentidão da

fala, disnomia e dispraxia, que evolui com tremores, mioclonias, dispraxia de movimentos, perturbações da memória, perturbações psiquiátricas, perda da consciência e até o óbito.

Como o alumínio tende a se acumular nos ossos pode ocorrer a doença óssea induzida pelo alumínio, onde se observa baixo nível de remodelagem óssea. O paciente se queixa de dores nos ossos, e estes ficam mais suscetíveis a fraturas (BATES, 2000).

O tecido hematológico também pode ser afetado pela exposição ao alumínio. A presença deste metal pode causar anemia microcítica, hipocrômica e diminuição no número de hemácias, por deprimir a hematopoese (YOKEL, 2000).

Além dos ossos, o alumínio também pode se acumular no miocárdio, levando a uma hipertrofia cardíaca que pode causar arritmia. Vários são os fatores que influenciam a migração do alumínio do utensílio: a qualidade da liga de alumínio utilizada pela indústria, o tempo de uso do utensílio, o tempo de duração da cocção do alimento, o valor do pH do alimento, a presença de sal ou açúcar, entre outros (PENNINGTON, 1987).

Os efeitos resultantes da ingestão de alumínio dependem obviamente da absorção, esta, por sua vez, depende da forma química do metal, sendo vários os fatores responsáveis pela biodisponibilidade do alumínio (FIMREITE, 1997).

A média da expectativa de vida tem aumentado significativamente nos últimos anos, gerando um crescimento do grupo de pessoas com mais de 65 anos. No entanto, este aumento no número nos últimos anos vividos não vem sendo acompanhado por uma melhor qualidade de vida (HOSTYNEK, 2003).

Este fato ocorre, principalmente, em decorrência da alta incidência de doenças neurodegenerativas, como a demência, Parkinson e a Doença de Alzheimer (SAVORY, 1996).

Suspeitas são levantadas, através de várias observações, entre elas a utilização de panelas, embalagens de alumínio, desodorantes antitranspirantes, antiácidos entre outras formas já citadas, que poderiam estar aumentando as quantidades de alumínio no organismo humano, existem vários artigos relatando o papel deste metal na incidência do Mal de Alzheimer (CAMPBELL, 2003).

Sendo assim, estudos avaliando a interação do alumínio com alimentos são importantes para verificar a real migração deste metal, na dieta alimentar do ser humano, pois este metal apresenta potencial toxidez no organismo.

3. METODOLOGIA

Para elaboração da curva analítica, prepararam-se:

- Solução padrão estoque de alumínio com concentração $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$, preparada a partir de cloreto de alumínio anidrido da marca Merck. Com essa solução, prepararam-se

soluções mais diluídas com as concentrações 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

- Solução de violeta de pirocatecol $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ da marca Sigma-Aldrich.
- Solução tampão de acetado de sódio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ da marca Merck, com o valor de pH, corrigido com ácido acético, para valor de 6,5 medido no pHmetro Digimed, modelo DM - 22.

Com o preparo das três soluções, avaliaram-se as características espectrais do violeta de pirocatecol e do complexo alumínio com o violeta de pirocatecol, no espectrofotômetro da marca Thermo, modelo Scientific Evolution 201, adotando a melhor relação estequiométrica ligante:metal de 2:1 e verificando o comprimento de onda de maior absorbância.

Efetuuou-se, também, o estudo cinético, em função do tempo (3600 segundos) e avaliou-se a ordem de adição dos reagentes entre o metal (M), o ligante (L) e o tampão (T), sendo estes: MLT, LTM, TML.

Definindo-se estes parâmetros, variando-se apenas a concentração do alumínio e utilizando a maior concentração para fixar a relação estequiométrica de 2:1, elaborou-se a curva analítica para determinação dos limites de detecção e quantificação.

Em seguida, deu-se início ao estudo das amostras de água obtidas das panelas de alumínio sem arear e areadas. Nesse processo utilizou-se a seguinte metodologia:

- Para panelas sem arear, adicionaram-se 100 mL de água e foi levado ao aquecimento sem entrar em ebulição, esse processo foi elaborado em triplicata.

Para minimizar o efeito de matriz e aumentar a sensibilidade do método foi realizado ainda o método com adição de padrão, sendo adicionados 2,5; 3,5 e 4,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de concentração de alumínio em amostra de água obtida da panela de alumínio.

- Para a panela areada, o processo de separação das amostras sem e com adição de padrão foi o mesmo, a diferença foi que antes de cada adição de 100 mL de água, areou-se a panela.

Estudadas as análises das amostras apenas de águas, seguiu-se para o preparo e estudo das amostras com adição de alimento, para isto optou-se pelo café filtrado com água seguindo-se a metodologia:

- Na panela sem arear, aqueceu-se, sem entrar em ebulição, 100 mL de água e filtraram-se 3,228g de café em pó, esse processo foi elaborado em triplicata. Foi realizado ainda o método com adição de padrão, sendo adicionados 2,5; 3,5 e 4,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de concentração de alumínio para aumentar a sensibilidade do método e minimizar o efeito de matriz.

- Na panela areada, o processo de separação das amostras sem e com adição de padrão foi o mesmo, a diferença, novamente, foi que antes de cada aquecimento areou-se a panela.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, efetuou-se um estudo para verificar a melhor razão metal (alumínio) e ligante (violeta de pirocatecol) e adotou-se a relação estequiométrica de ligante:metal igual a 2:1, assim foram efetuadas: a diluição da solução de violeta de pirocatecol (ligante) $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ para $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ e a diluição da solução estoque de alumínio $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ para $6,0 \mu\text{mol L}^{-1}$. A figura 1 apresenta espectros das soluções de violeta de pirocatecol (a) e do complexo alumínio com violeta de pirocatecol (b), respectivamente.

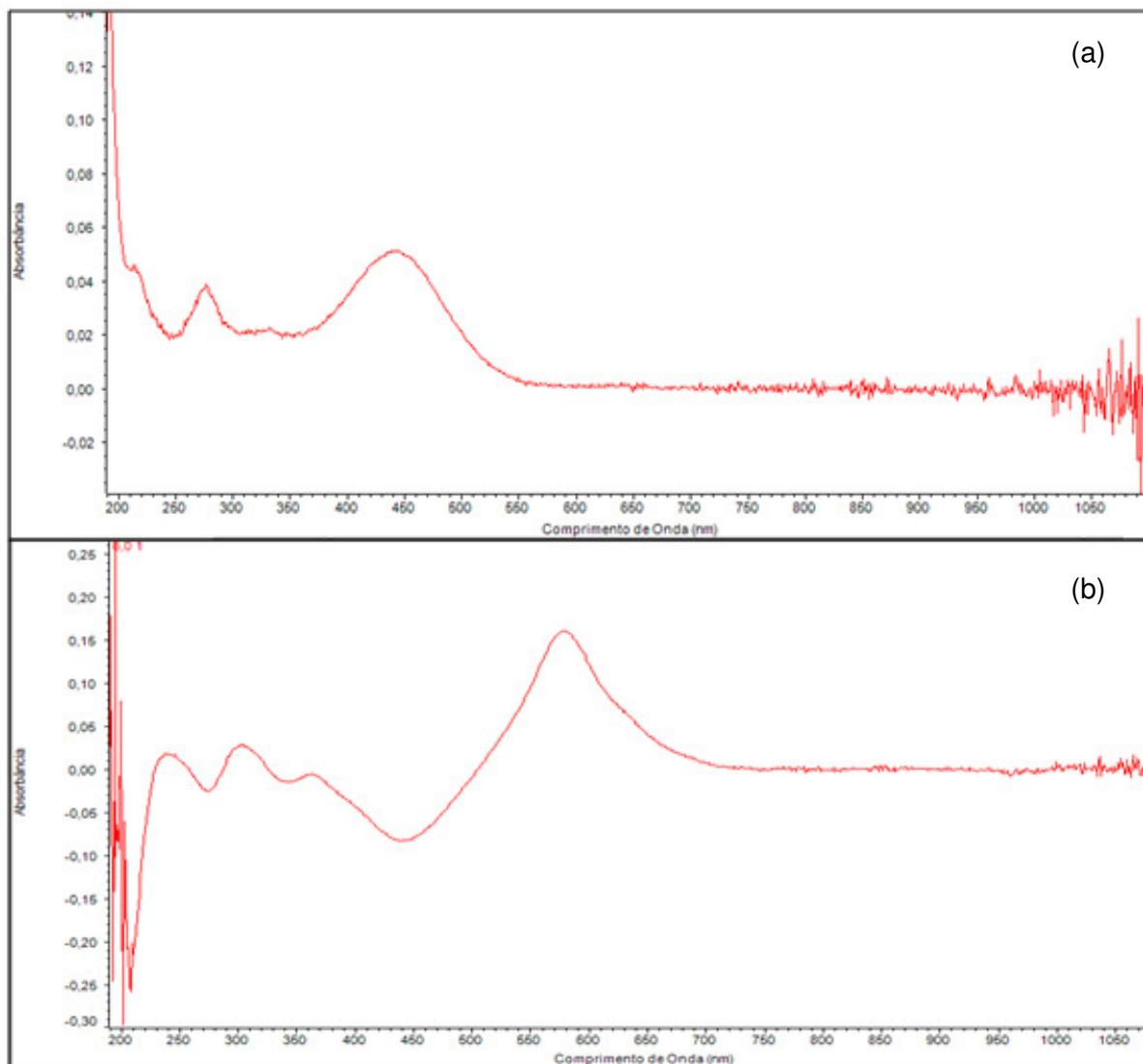


Figura 1: Espectros das soluções de violeta de pirocatecol $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ (a) e da solução do complexo alumínio $6,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ com violeta de pirocatecol $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ (b).

Observa-se que o violeta de pirocatecol apresenta comprimento de onda de máxima absorvância em 450 nm e o complexo alumínio com violeta de pirocatecol apresenta comprimento de onda de máxima absorvância em 580 nm. Assim, adotou-se 580 nm como melhor comprimento de onda da relação estequiométrica ligante:metal (2:1) para os demais estudos.

Posteriormente, realizaram-se estudos cinéticos, afim de, verificar qual a melhor estabilidade do complexo em relação ao tempo e a melhor ordem de adição dos reagentes: metal (M), ligante (L) e tampão (T). Para isso foram consideradas as seguintes ordens de adição: MLT (a), TLM (b) e MTL (c), respectivamente, apresentadas na figura 2.

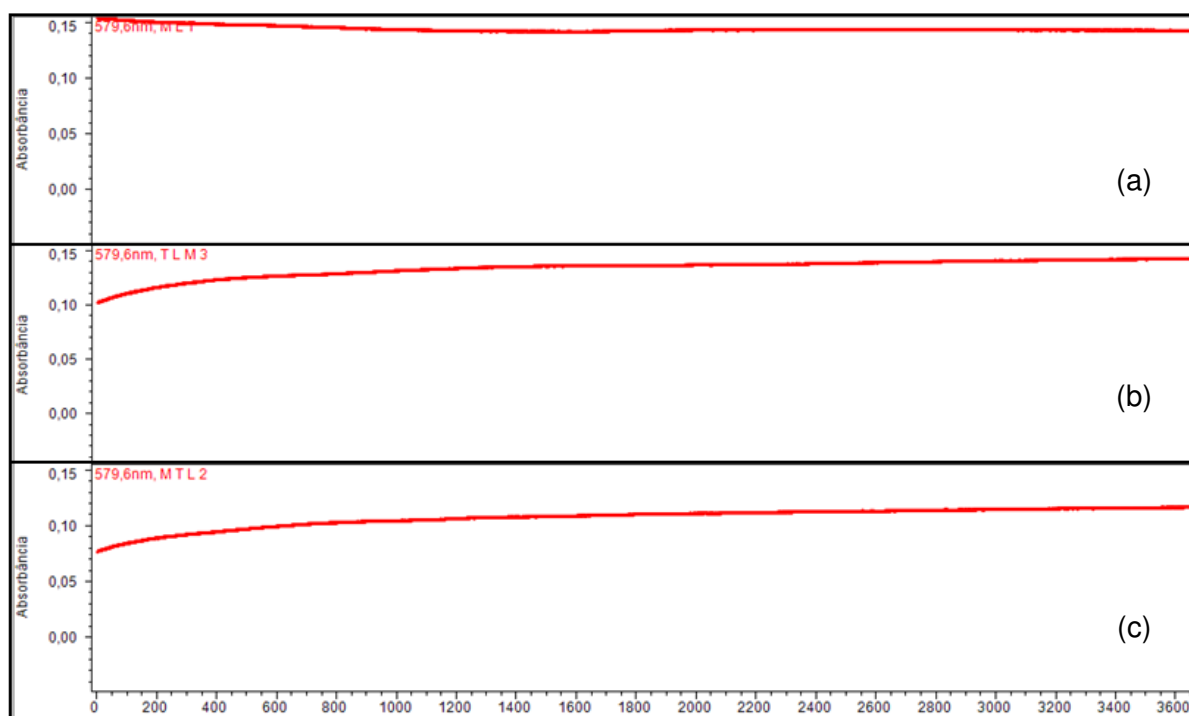


Figura 2: Estudo cinético durante 3600 segundos das possíveis ordens de adição entre metal (Alumínio) $6,0 \mu\text{mol L}^{-1}$, ligante (violeta de pirocatecol) $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ e tampão ($\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_3\text{CCOONa}$) com valor de $\text{pH}=6,5$. As ordens de adição estão apresentadas, respectivamente, MLT (a), TLM (b) e MTL (c), no comprimento de onda de 580 nm.

Observa-se que a ordem de adição MLT (a), é a melhor entre as apresentadas, pois essa começa com maior absorvância possível, enquanto que as outras ordens de adição aumentam em relação ao tempo, necessitando, portanto, de alguns minutos após o preparo da solução, para estabilizar o complexo. Soma-se ainda o fato que o valor obtido das absorvâncias é menor que na condição (a). Assim, adotou-se a ordem de adição metal (alumínio), ligante (violeta de pirocatecol) e tampão ($\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_3\text{CCOONa}$), com valor de pH igual a 6,5, para elaborar a curva analítica.

Após todos os parâmetros estabelecidos elaborou-se a curva analítica, figura 3, fixou-se a relação estequiométrica ligante:metal (violeta de pirocatecol:alumínio) com a maior concentração estudada do alumínio, preparando-se as soluções com concentrações do alumínio: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

Pela curva analítica a equação da reta é igual a $A=0,039419C_{\text{Al}} - 0,007877$ e qualidade de ajuste igual a $R^2=0,999647$.

Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), também foram calculados, sendo usados: para limite de detecção $(3.\sigma_{\text{branco}})/0,039419$ e para limite de quantificação $(10.\sigma_{\text{branco}})/0,039419$. Os valores obtidos foram de 0,08 e 0,3 $\mu\text{mol L}^{-1}$, respectivamente.

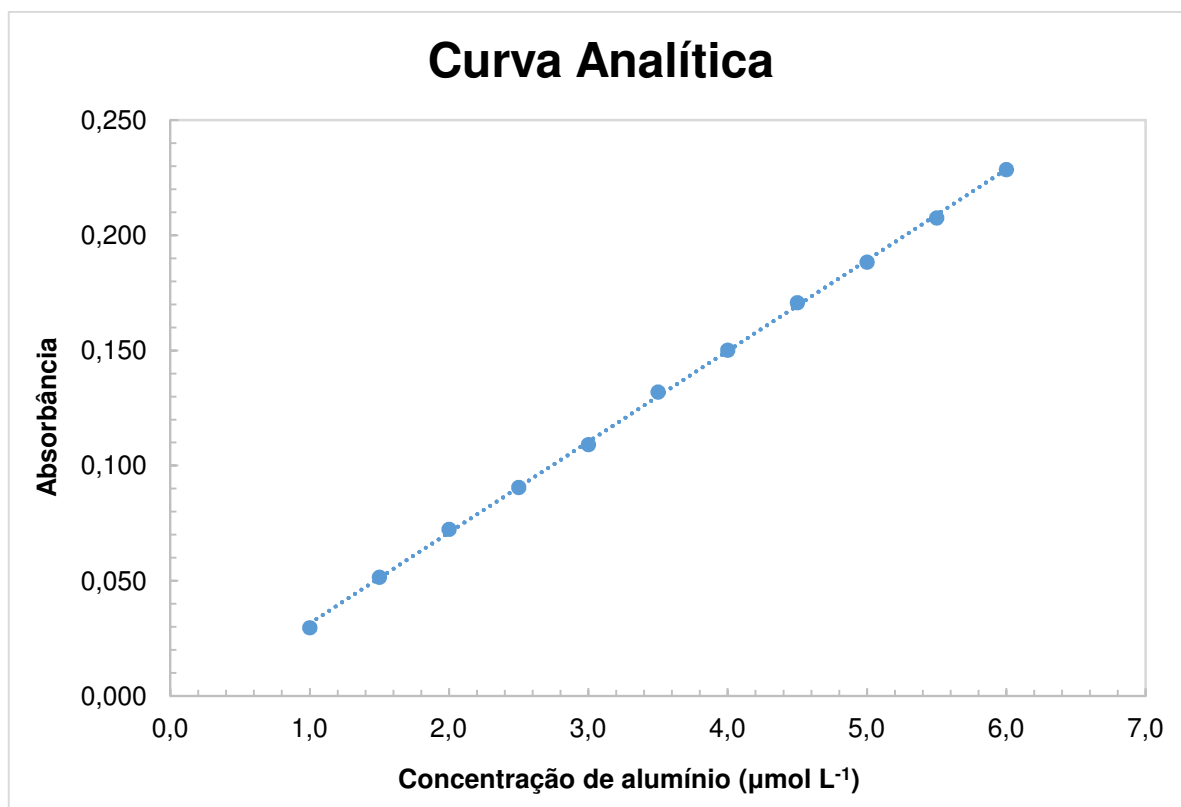


Figura 3: Curva analítica do alumínio, no comprimento de onda de 580 nm.

Após a elaboração da curva analítica, deu-se início ao estudo das amostras de água obtidas das placas de alumínio sem arear e areadas.

Inicialmente as amostras de água das placas sem arear e areadas foram efetuadas sem adição de padrão, mas não se conseguiu obter resultado, possivelmente as concentrações de alumínio estavam abaixo dos limites de quantificação, sendo assim foram efetuados estudos com adição de padrão para aumentar a sensibilidade e minimizar o efeito de matriz.

A curva analítica com adição de padrão referente à panela sem arear, apresentada na figura 4, foi elaborada a partir da relação entre a média das absorvâncias de cada amostra obtida, com adição de diferentes concentrações de alumínio.

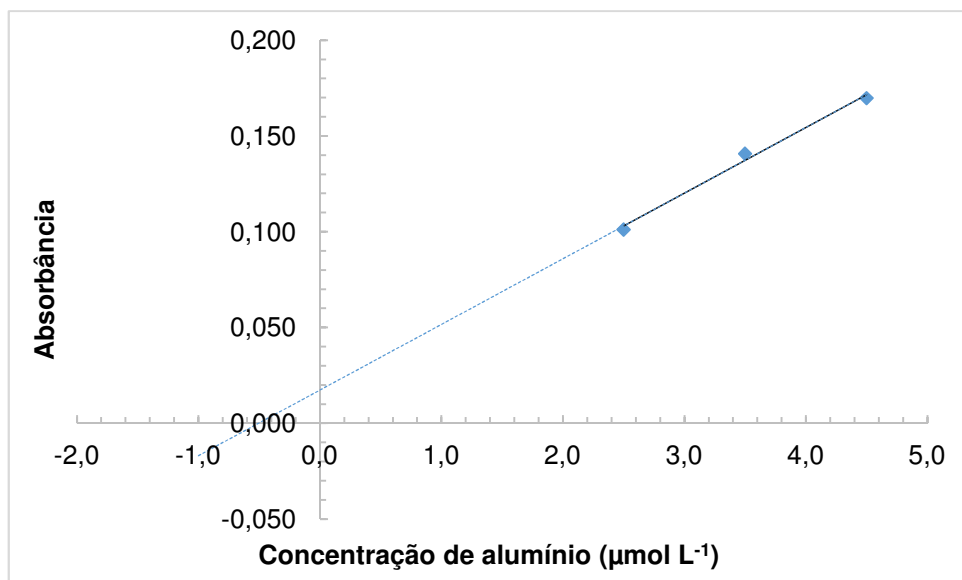


Figura 4: Curva analítica com adição de padrão de alumínio nas amostras obtidas da panela sem arear, no comprimento de onda de 580 nm.

Observa-se com a extrapolação da reta média da curva analítica elaborada pela adição de padrão, com equação da reta igual a $A=0,034292C_{\text{Al}} + 0,017293$ e qualidade de ajuste igual a $R^2=0,992054$, a concentração de alumínio presente nas amostras de água aquecidas na panela sem arear é igual a $0,50 \mu\text{mol L}^{-1}$, ou seja, quando a água é aquecida em panela de alumínio mesmo sem arear, o metal presente no utensílio doméstico é transferido para a água, mesmo que em pequena quantidade.

Na figura 5 está apresentada a curva analítica com adição de padrão referente à panela areada, elaborada a partir da relação entre a média das absorvâncias das amostras com adições de diferentes concentrações de alumínio.

Observa-se com a extrapolação da reta média da curva analítica elaborada pela adição de padrão, com equação da reta igual a $A=0,036700C_{\text{Al}} + 0,025833$ e qualidade de ajuste igual a $R^2=0,997703$, a concentração de alumínio presente nas amostras de água aquecidas na panela areada é igual a $0,70 \mu\text{mol L}^{-1}$, ou seja, quando a água é aquecida em panela de alumínio areada, o metal presente no utensílio doméstico é transferido para a água em maior quantidade do que em relação aos dados apresentados pela panela sem arear.

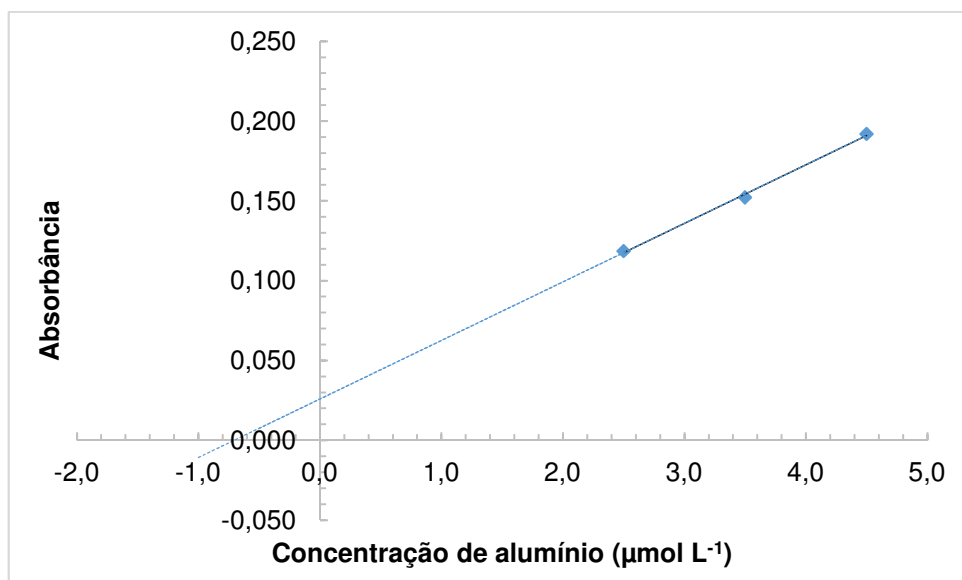


Figura 5: Curva analítica com adição de padrão de alumínio nas amostras obtidas da panela areada, no comprimento onda de 580 nm.

Com os resultados das amostras de água, deu-se início aos preparos das amostras com alimento. Pra isto, optou-se por café em pó que foi filtrado com água aquecida nas panelas areadas e sem arear.

A curva analítica com adição de padrão referente às amostras de café filtrado com água aquecida na panela sem arear, apresentada na figura 6, foi elaborada a partir da relação entre a média das absorvâncias de cada amostra de café com adição de diferentes concentrações de alumínio.

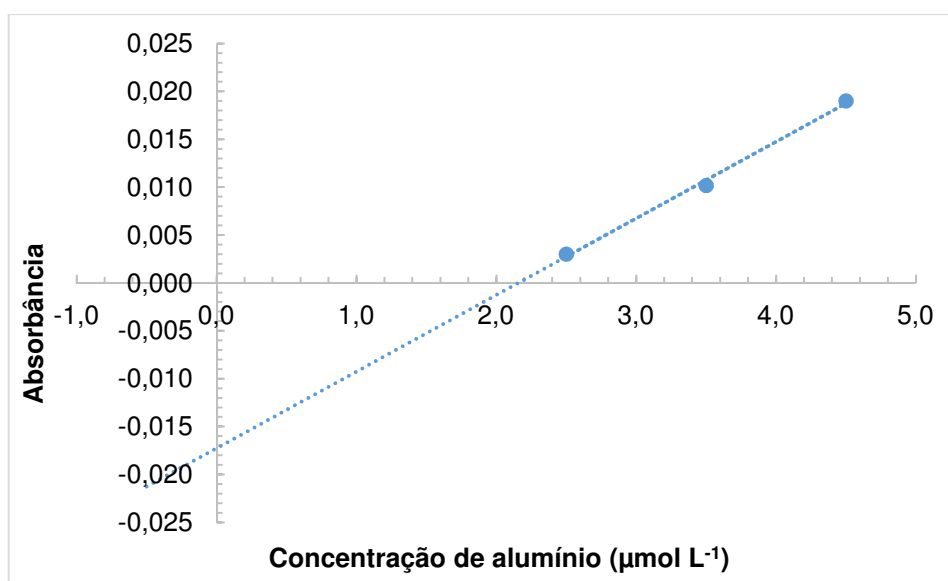


Figura 6: Curva analítica com adição de padrão de alumínio nas amostras de café obtidas da panela sem arear, no comprimento de onda de 580 nm.

Observa-se na curva analítica elaborada pela adição de padrão nas amostras de café da panela sem arear, com equação da reta igual a $A=0,008000C_{Al} - 0,017278$ e qualidade de ajuste igual a $R^2=0,996396$, as mesmas concentrações de alumínio adicionadas apresentam absorbâncias menores em relação às amostras de água, isto pode ser devido à formação do complexo entre a cafeína presente no café e o alumínio. Nota-se ainda que não há um valor quantitativo e significativo para o metal.

Na figura 7 está apresentada a curva analítica com adição de padrão, referente às amostras de café preparado com água aquecida na panela areada, elaborada a partir da relação entre a média das absorbâncias de cada amostra de café com adição de diferentes concentrações de alumínio.

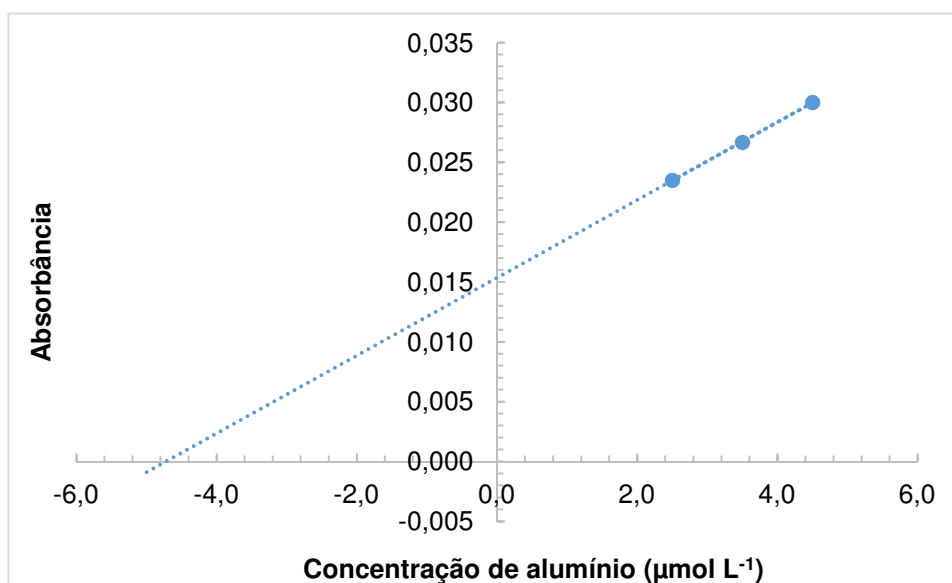


Figura 7: Curva analítica com adição de padrão de alumínio nas amostras de café obtidas da panela sem arear, no comprimento de onda de 580 nm.

Observa-se com a extrapolação da reta média da curva analítica elaborada pela adição de padrão, com equação da reta igual a $A=0,003250C_{Al} + 0,015347$ e qualidade de ajuste igual a $R^2=0,999781$, que a concentração de alumínio presente nas amostras de café da panela areada é igual a $4,7 \mu\text{mol L}^{-1}$. Nota-se ainda que mesmo com as absorbâncias menores em relação às amostras de água, essa análise das amostras de café filtrado com água aquecida na panela areada obteve a maior concentração, indicando maior migração do alumínio para água, mesmo que haja a formação do complexo de alumínio com a cafeína, a quantidade de alumínio liberado é muito alta, sendo possível sua quantificação no comprimento de onda de 580 nm com o violeta de pirocatecol.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que o alumínio, presente nas panelas desse metal, migra em pequenas quantidades para a água utilizada no preparo de alimentos. Sendo um metal potencialmente tóxico, a migração do alumínio da panela para a água independente de sua quantidade pode gerar aumento da ingestão deste metal, e assim causar possíveis alterações no organismo. Há necessidade de estudos adicionais com outros alimentos e outros tipos de panela para verificar se ocorre comportamento similar.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Alumínio e Saúde. 2 ed. São Paulo: ABAL, 2000. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO - ABAL. Fundamentos do alumínio e suas aplicações. São Paulo, 81 p. 4, 2006.

BAST, C. B. Toxicity Summary for Aluminum. Oak Ridge: Oak Ridge Reservation Environmental Restoration Program, 1993. Disponível em: <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/aluminum.shtml> Acesso em: 5 jan. 2006.

BATES, A.L. Water as consumed and its impact on the consumer we understand the variables? Food Chem Toxicol; 38(1 Suppl):29-36, 2000.

BONDY, S.C. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue. Neurotoxicology, Sep; 31(5):575-81, 2010.

CAMPBELL, A. The potencial role of aluminum in Alzheimer's disease. Fev; 5(1):31-8, 2003.

FIMREITE, N.; HANSEN, O. O.; PETTERSEN, H. C. Aluminium concentrations in selected foods prepared in aluminium cook ware, and its implications for human health. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, New York, v.58, n.1, p.1-7, 1997.

FIQUE, A. I.; Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. 2007. Disponível em: <HTTP://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0405/manganes/manganes.ht>>. Acesso em 20/03/2017.

FORBES, W. F.; AGWANI, N. A suggested mechanism for aluminum biotoxicity. Journal of Theoretical Biology. v. 171, p. 207-214. 1994.

GREGER, J. L.; GOETZ, W.; SULLIVAN, D. Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil. Journal of Food Protection, v. 48. n. 9, p. 772-777, 1985.

HOSTYNEK, J. J. Factors determining percutaneous metal absorption. Food and Chemical Toxicology. v. 41, p. 327-45. 2003.

INOUE, T.; ISHIWATA, H.; YOSHIHARA, K. Aluminum levels in food-simulating solvents and various foods cooked in aluminum pans. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 36, n. 3, p. 599-601, 1988.

LIUKKONEN-LILJA, H., PIEPPONE, S. Leaching of aluminium from dishes and packages. Food Additives and Contaminants, London, v.9, n.3, p.213-223, 1992.

LÓPEZ, F. F. et al. Aluminum content in foods and beverages consumed in the Spanish diet. Journal of Food Science, v. 65, n. 2, p. 206-210, 2000.

MANDOUR, R.A.; AZAB, Y.A. The prospective toxic effects of some heavy metals overload in surface drinking water of Dakahlia Governorate, Egypt. Int J Occup Environ Med., 2011.

MARTYN, C.N.; COGGAN, D.; INSKIP, H.; LACACEY, R.F.; YOUNG, W.F. Aluminum concentrations in drinking water and risk of Alzheimer's disease. Epidemiology 1997 May; 8(3):281-6.

NISHIDA, Y. Elucidation of endemic neurodegenerative diseases—a commentary. Z Naturforsch C, 2003.

PENNINGTON, J. A. T. Aluminium content of foods and diets. Food Additives and Contaminants, London, v.5, n.2, p.161-232, 1987.

QUINTAES, K.D. Utensílios para Alimentos e Implicações Nutricionais – Rev de Nutrição Campinas; Set-Dec; 13(3), 2000.

SAVORY, J.; EXLEY, C.; FORBES, W. F.; HUANG, Y.; JOSHI, J. G.; KRUCK, T.; McLACHLAN, D. R. C.; MAKAYAMA, I. Can the controversy of the role of aluminum in Alzheimer's disease be resolved? What are the suggested approaches to this controversy and methodological issues to be considered? Abstract. Journal of Toxicology and Environmental Health. v. 48, n.6, p. 615-635, 1996.

SHRIVASTAVA, S. Combined effect of HEDTA and selenium against aluminum induced oxidative stress in rat brain. J Trace Elem Med Biol, 2012.

SUAY, L.; BALLESTER, D.F. Review of studies on exposure to aluminum and Alzheimer's disease. Rev Esp Salud Publica. Nov-Dec; 76(6):645-58, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Aluminium in drinkingwater: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Disponível em: www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf. Acesso em: 15 dez. 2005.

YOKEL, R.A. The toxicology of aluminum in the brain: a review. Neurotoxicology October; 21(5):813-28, 2000.