

***DETERMINAÇÃO COMPLEXOMÉTRICA DOS ÍONS ZINCO
COM DITIZONA NO SISTEMA DE SOLVENTES
ÁGUA-ETANOL-CLOROFÓRMIO***

**Complexometric Determination of Zinc ions Wit Dithizone
in Solvent System Water-Ethanol-Chloroform**

Carla Maria Silva Alves, Claudia Ferreira da Silva, Suzane Parreira Silva,
Helieder Cortes Freitas, Alex Magalhães de Almeida

RESUMO

Elementos traço vêm despertando grande interesse quanto a sua determinação devido ao seu aspecto de essencialidade ou toxicidade para os seres vivos. Diferentes setores da sociedade utilizam a análise de elementos traço na elucidação de problemas, por exemplo, a criminalística, a toxicologia, o meio ambiente, a medicina do trabalho e os estudos de nutrição. O zinco é considerado um elemento com aspectos essencial e tóxico, desta forma, torna-se justificável sua determinação e desenvolvimento de métodos para tanto. Propõe-se neste trabalho o emprego de soluções fase única que proporcione o meio de reação e formação do complexo de zinco com ditizona e sua determinação espectrofotométrica no sistema água-etanol-clorofórmio em $\lambda = 517\text{nm}$. O estudo revelou que é possível determinar zinco em diversas amostras, desde que os valores estejam numa faixa linear de 2,0 a 6,0 mg L^{-1} . A curva analítica para a determinação de zinco(II) apresenta-se caracterizada por $\Delta\text{Abs} = 0,0673 C_{\text{Zn}^{+2}} + 0,0015$ ($R^2 = 0,9997$) com $LD = 0,002 \text{ mg L}^{-1}$ e $LQ = 0,058 \text{ mg L}^{-1}$ de zinco(II) na porção aquosa da fase única.

Palavras chave: Zinco, água-etanol-clorofórmio, ditizona, complexação.

ABSTRACT

Trace elements have attracted great interest as its determination due to its aspect of essentiality and toxicity to living things. Different sectors of society uses the analysis of trace elements in the elucidation of problems, for example, forensics, toxicology, the environment, occupational health and nutrition studies. Zinc is considered an essential element and toxic aspects thus becomes justified their determination and developing methods to do so. It is proposed in this paper the use of single phase solutions that provide the reaction medium and formation of zinc complex with dithizone and its spectrophotometric determination in water-ethanol-chloroform system $\lambda = 517\text{nm}$. The study revealed that it is possible to determine zinc in several samples, if the values are in a linear range from 2,0 to 6,0 mg L^{-1} . The calibration curve for the determination of zinc (II) presents wherein $\Delta\text{Abs} = 0,0673 C_{\text{Zn}^{+2}} + 0,0015$ ($R^2 = 0,9997$) with $LD = 0,002 \text{ mg L}^{-1}$ and $LQ = 0,058 \text{ mg L}^{-1}$ zinc(II) the aqueous portion of the single phase.

Keywords: Zinc, water-ethanol-chloroform, dithizone, complexation.

INTRODUÇÃO

Existe uma enorme preocupação com o meio ambiente em relação à sua conservação e proteção (BAIRD,2002). Dentre os muitos tipos de agentes capazes de provocar a contaminação, destacam-se os elementos traços e espécies inorgânicas que geralmente ocorrem em baixas concentrações nos sistemas naturais e biológicos, sendo considerados essenciais às funções dos organismos vivos. Na lista dos metais pesados, muitos são fisiologicamente importantes para as plantas e os animais, por exemplo, o cobre (importante na formação da melanina nas plantas e pigmentação da pele de animais), o zinco (importante na síntese do DNA e RNA), contribuindo deste modo para a saúde humana e a produtividade agrícola. Entretanto, há outros que apresentam caráter não essencial e mostram acentuados efeitos tóxicos. Neste aspecto os elementos são classificados como:

Essenciais – necessários e benéficos para o desenvolvimento de plantas e animais,destacando-se o Cobre, Ferro, Zinco, Manganês e Molibdênio.

Benéficos – aqueles que colaboram com o desenvolvimento de plantas, mas a sua falta não é considerada um fator limitante. São eles o Cobalto, Níquel e Vanádio.

Não essenciais ou tóxicos – todos aqueles que prejudicam a saúde de plantas e animais, tais como o Cádmio, Crômio, Mercúrio e Chumbo(MACEDO; MORRIL, 2008)

Um aumento anormal nas concentrações de metais pesados, aliado à sua toxidez, tem acentuado nos mais diversos ambientes devido a aplicações de agrotóxicos, resíduos orgânicos e inorgânicos de origem urbana e industrial, fertilizantes e corretivos agrícolas utilizados pelo homem. Estes fatos despertam a atenção das pessoas, fazendo com que seja acompanhado com maior acuidade através de órgãos competentes e despertando a consciência do ser humano quanto ao que isto representa para a natureza e sua existência pelo próprio homem (CALABRESE et al., 1973).

A preocupação por determinar traços de elementos, vem motivando o desenvolvimento de muitas técnicas de análise química, as quais se apresentam cada vez mais sofisticadas e eficientes, melhorando significativamente na seletividade e na sensibilidade das análises. Um exemplo disso é a determinação de

elementos traço no cabelo, onde se avalia a exposição atual e com possibilidade de reconstruir episódios passados relevantes à saúde do indivíduo, mesmo que a ação já tenha cessado. Tais determinações são utilizadas na criminalística, na toxicologia, nas ciências do meio ambiente, na medicina do trabalho e nos estudos de nutrição (CAMPOS; JÚLIO, 2008). Estes aspectos contribuem para o desenvolvimento de métodos de grande precisão e acuidade, como o desenvolvido neste trabalho.

Algumas metodologias merecem destaque na determinação de elementos traço, dentre elas pode-se incluir a clássica técnica de extração líquido-líquido (DE KHOPKAR, CHALMERS, 1970; STARY, 1964) e o emprego de sistemas ternários homogêneos de solventes tanto para a extração (MARTINS, 1974; EIRAS, 1982) como para a determinação (EIRAS et al., 1994; ANDRADE et al., 1998) de íons metálicos com ligantes, o que têm apresentado alta sensibilidade e simplicidade operacional, além de maior rapidez quando comparada com a técnica anterior. Assim, estudos empregando esta técnica são muito atrativos, pois a despeito do vasto desenvolvimento tecnológico da parte instrumental, o campo da análise química depende de modo fundamental, de técnicas preparativas do material em análise. Nas soluções fase única, a reação química é facilitada pelo contato mais íntimo entre os reagentes. Além disso, a presença de um solvente orgânico pode proporcionar um aumento da sensibilidade analítica em determinações espectrofotométricas. Assim, o uso desta solução como meio reacional, sem a separação das fases, pode proporcionar metodologia determinativa de zinco com sensibilidade semelhante ou até melhores como vêm acontecendo nos últimos tempos (ALMEIDA, 2003)

Apresenta-se neste trabalho a possibilidade de utilizar soluções fase única como ambiente reacional para a formação do complexo de zinco com ditizona e sua consequente determinação espectrofotométrica na região do visível empregando-se o sistema água-etanol-clorofórmio.

MATERIAL E MÉTODOS

A unidade % m/v é muito utilizada, inclusive em publicações internacionais (vide Analyst, AnalyticaChimica Acta, Talanta...) Entretanto, se os referes insistem em uma outra unidade, sugiro que seja mg L^{-1} .

Diagrama de Fases: Para obter a relação dos componentes, água, etanol e clorofórmio na mistura a ser utilizada, empregou-se a titulação de fases, que consiste de dois componentes miscíveis, sendo titulados com um terceiro componente até o ponto de opalescência. Os valores dos volumes dos solventes água, etanol e clorofórmio foram convertidos em porcentagem de massa e utilizados para delinear a curva binodal do sistema no diagrama de Roozeboom (ATKINS, 1991; SOLOMONS; FRYHLE, 2009).

Obtenção do Espectro de Absorção Molecular: Obteve-se o espectro de absorção molecular do ligante ditizona [DTZ] no sistema de solução fase única contendo 1,0 mL de água destilada, 6,0 mL de etanol P.A. e 2,5 mL de solução de DTZ $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em clorofórmio. Efetuando-se a leitura dos comprimentos de onda em termos de absorvância para esta solução, utilizando-se a solução fase única como referência. Na obtenção do espectro do composto de coordenação bis ditizonato de zinco(II) ($\text{Zn}[\text{DTZ}]_2$) empregou-se a mistura constituída por 1,0 mL de fase aquosa de zinco(II) $50,0 \text{ mgL}^{-1}$; 6,0 mL de etanol P.A. e 2,5 mL de solução de DTZ a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em clorofórmio, tendo um branco de reagentes como referência. A região do máximo de absorvância para o composto formado ocorre em 517nm.

Todas as leituras de absorvância foram realizadas em um espectrofotômetro Bio Mate 3 – Thermo Scientific, usando cubeta de quartzo de 1,0 cm de caminho óptico.

Estudo de Complexação para Íon Metálico: Realizado comum a solução fase única na proporção 1:6:2,5 v/v água-etanol-clorofórmio, respectivamente, mantendo constante as concentrações das soluções de DTZ a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em clorofórmio e de zinco a $10,0 \text{ mgL}^{-1}$ na porção aquosa, variou-se o pH da porção aquosa no intervalo de 1,0 a 10,0, com incrementos de uma unidade. Para adequação do pH empregou-se solução diluída tanto de ácido nítrico como de

hidróxido de sódio. Após a obtenção do complexo, substituindo a porção aquosa da solução fase única por solução de zinco no devido pH, fez-se a leitura a 517nm contra um branco de reagentes, com o pH da porção aquosa igual ao empregado na formação do complexo, na temperatura ambiente de $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

Estudo do Tempo da Reação Química de Complexação: Foi realizado utilizando uma solução fase única preparada em pH= 4,5 em temperatura ambiente mantida em $\pm 25^{\circ}\text{C}$, obtendo-se valores de absorvância a 517nm, tendo-se um branco de reagentes como referência. Os valores de absorvância foram coletados durante o período de 1,0 hora com intervalos regulares de 10,0 minutos.

Curva Analítica de Calibração para o íon Zinco com Ditizona: Empregando-se a mesma composição dos solventes água-etanol-clorofórmio, concentração de ligante no clorofórmio em $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ (Poderia ser colocado dessa forma: $0,01 \text{ mg mL}^{-1}$) ?, pH da solução aquosa de zinco a 4,5, temperatura ambiente e variando-se a concentração de zinco na porção aquosa da solução fase única obteve-se a curva analítica de calibração para o íon zinco com DTZ, tendo um branco de reagentes como referência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes de titulantes gasto nas titulações de fases para cada ensaio até o aparecimento do ponto de opalescência, assim como as suas respectivas porcentagens em massa, são apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela-1: Titulação da mistura de etanol e clorofórmio com água.

Volume do etanol* fixo: 5,0 mL				
Volume variável	Titulante	Porcentagem em massa (%)		
Clorofórmio*	Água*	Água	Etanol	Clorofórmio
1,0 mL	5,7 mL	50,32	34,46	15,21
6,0 mL	2,3 mL	13,76	23,63	62,60
9,0 mL	4,3 mL	17,95	16,49	65,54
12,0 mL	2,6 mL	9,46	14,37	76,16
15,0 mL	4,2 mL	12,24	11,51	76,24

* Densidades (g/cm³): água – 0,999, etanol – 0,789, clorofórmio – 1,483

Tabela-2: Titulação da mistura de etanol e água com clorofórmio.

Volume do etanol* fixo: 5,0 mL				
Volume variável	Titulante	Porcentagem em massa (%)		
Água*	Clorofórmio*	Água	Etanol	Clorofórmio
2,5 mL	2,4 mL	23,25	36,73	40,01
6,5 mL	0,9 mL	54,08	32,85	13,05
10,5 mL	1,1 mL	63,70	23,95	12,34
11,5 mL	1,5 mL	63,45	21,79	14,75
15,5 mL	1,8 mL	68,27	17,39	14,33

* Densidades (g/cm³): água – 0,999, etanol – 0,789, clorofórmio – 1,483

Tabela-3: Titulação da mistura de água e etanol com clorofórmio.

Volume da água* fixo: 5,0 mL				
Volume variável	Titulante	Porcentagem em massa (%)		
Etanol*	Clorofórmio*	Água	Etanol	Clorofórmio
2,0 mL	2,4 mL	46,19	14,59	39,20
5,0 mL	1,3 mL	44,12	34,84	21,02
10,0 mL	5,3 mL	22,58	35,67	41,74
13,0 mL	8,1 mL	16,94	34,79	48,26
17,0 mL	12,7 mL	12,28	32,99	54,71

*Densidades (g/cm³): água – 0,999, etanol – 0,789, clorofórmio – 1,483

Tabela-4: Titulação da mistura de clorofórmio e etanol com água

Volume do clorofórmio* fixo: 5,0 mL				
Volume variável	Titulante	Porcentagem em massa (%)		
Etanol*	Água*	Água	Etanol	Clorofórmio
3,0 mL	1,4 mL	11,68	18,87	69,44
7,5 mL	3,5 mL	19,44	32,59	47,96
11,0 mL	7,5 mL	30,11	34,88	35,00
14,0 mL	11,2 mL	36,15	35,69	28,14
16,5 mL	13,6 mL	38,53	36,82	24,64

* Densidades (g/cm³): água – 0,999, etanol – 0,789, clorofórmio – 1,483

Os valores de porcentagens em massa de água, etanol e de clorofórmio obtidos na titulação foram empregados para obter a curva binodal que separa a região monofásica e bifásica do diagrama de fases apresentado na Figura 1. O ponto indicado pela letra A foi escolhido para a realização das medidas e corresponde à proporção em % m/m de 10:50:40, respectivamente para água, etanol, clorofórmio. Isto equivale à proporção de 2:12:5 v/v (mL) respectivamente. O ponto escolhido ocupa uma posição em que pequenas variações nas quantidades de água ou clorofórmio não levam a uma quebra involuntária do equilíbrio da solução fase única, que é interessante ao estudo realizado.

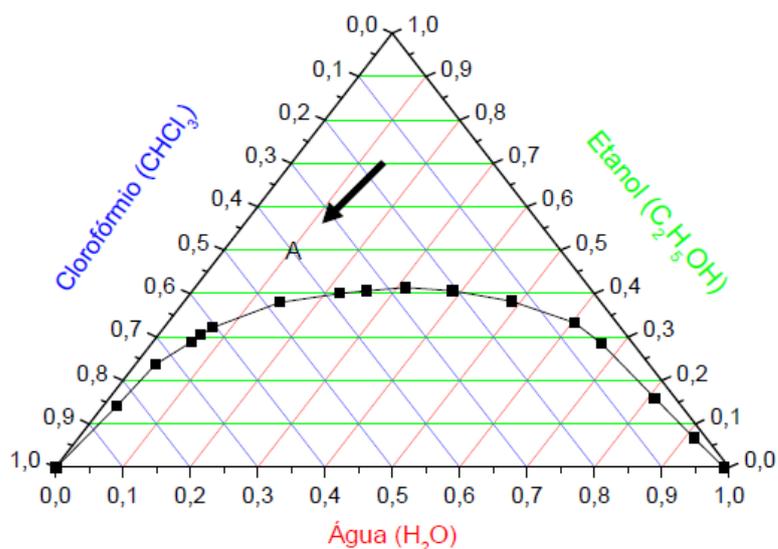


Figura 1: Diagrama de fases para o sistema água-etanol-clorofórmio a 25°C. Composição do ponto A em volumes (mL): 2;12;5 (v/v), sendo respectivamente água, etanol e clorofórmio.

Mantendo constante a proporção dos solventes água-etanol-clorofórmio, na solução F.U. e introduzindo o íon zinco (Zn^{+2}) via porção aquosa (solução de Zn^{+2} $50,0 \text{ mgL}^{-1}$) e o complexante ditizona em clorofórmio (solução a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$) e em seguida adicionado o consoluta (etanol) nas proporções definidas do sistema, obteve-se o complexo bis (ditizonato) de zinco II, $Zn[(DTZ)_2]$, conforme representado na figura 2.

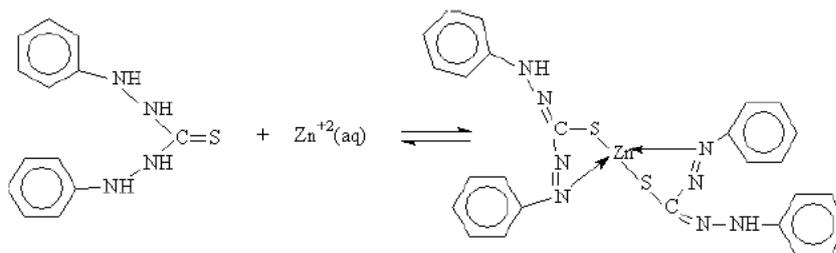


Figura 2: Equação química da reação entre o complexante ditizona e os íons zinco.

Com a obtenção do composto de coordenação, bis (ditizonato) de zinco II, de acordo com a reação química descrita, submeteu-se uma porção deste composto numa cubeta de quartzo a uma varredura espectrofotométrica no intervalo de 380 a 800 nm. Intervalo este correspondente a parte visível do espectro molecular. Este estudo evidenciou que o composto $Zn[(DTZ)_2]$, formado na reação química entre o ácido Lewis, Zn^{+2} e a base de Lewis, ditizona, apresentam uma máxima absorção molecular em 517 nm (Figura 3).

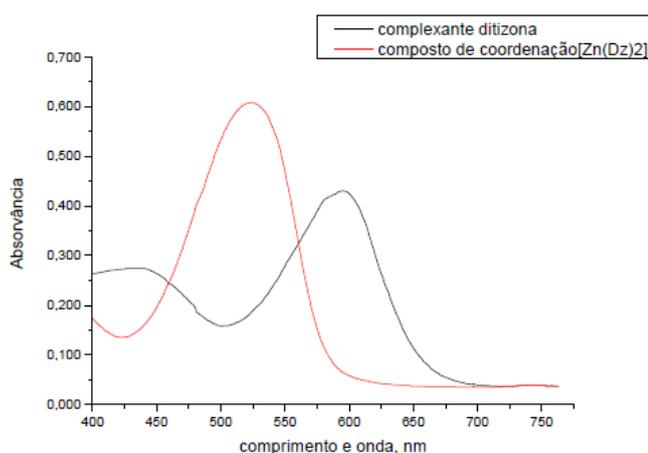


Figura 3: Espectro do composto de coordenação e do branco formados na reação química no sistema água-etanol-clorofórmio. Composição das soluções: 1,0 mL de solução de zinco $50,0 \text{ mg L}^{-1}$; 6,0 mL de etanol e 2,5 mL de solução de ditizona $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em clorofórmio.

A curva de formação do composto de coordenação (Figura 4) obtido através da reação química entre o ligante DTZ e os íons zinco, ocorreu mediante variação dos valores de pH da porção aquosa da solução fase única. Esta é de grande importância, uma vez que nos fornece a visão do valor de pH de máxima formação do produto da reação e que provavelmente será o valor de pH ideal para uma provável máxima extração do complexo (MARTINS, 1974; EIRAS, 1982).

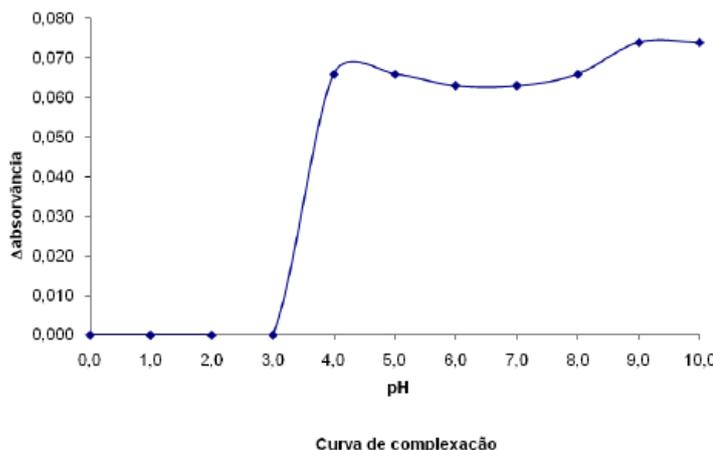


Figura 4: Curva de complexação dos íons zinco no sistema água-etanol-clorofórmio, com ditizona. Solução fase única: 1:6:2,5 v/v água-etanol-clorofórmio, respectivamente. Concentração de zinco(II) na porção aquosa da solução fase única: 10,0 mg L⁻¹. Concentração de DTZ: 10,0 mg L⁻¹ em clorofórmio. Tempo de reação: 10 min. Temperatura ambiente ± 25°C. Comprimento de onda: 517 nm e caminho óptico de 1,0 cm.

Observa-se através da figura 4 que há uma máxima formação do composto de coordenação em torno de pH 4,5. Por outro lado, para valores de pH entre 5,0 e 8,0 há um decréscimo na variação da formação do composto de coordenação. Para valores de pH maiores que 9,0 há uma desestabilização do sinal de absorvância, provavelmente devido à formação de hidróxido de zinco na solução fase única. Assim, adotou-se para os estudos posteriores, o valor de pH 4,5 como ideal para a concentração hidrogeniônica na porção aquosa da solução fase única.

Muitas reações químicas podem apresentar uma energia de ativação alta, requerendo em muitos casos, um tempo de reação maior. De acordo com alguns estudos já realizados em soluções fase única (MARTINS, 1974; EIRAS, 1982; ANDRADE et al., 1998; BARBOSA, 2001; FREITAS, 2005) o tempo de reação é uma variável a ser considerada. Com os resultados exibidos na Figura 5, pode-se verificar que a reação de formação do composto de coordenação entre o ligante DTZ

e o zinco(II) se dá com uma velocidade inicial muito rápida, levando a concluir que existe uma alteração quase que instantânea na concentração do íon metálico no começo da reação, isto é, logo após a mistura das espécies reagentes. Observa-se também que, num intervalo de 1 a 20 minutos há uma diminuição em torno de 8,3 % do sinal analítico em pH 4,5. Por conveniência laboratorial adotou-se o tempo de 10 minutos entre o preparo do composto de coordenação $Zn[(DTZ)_2]$ e as leituras de absorvâncias.

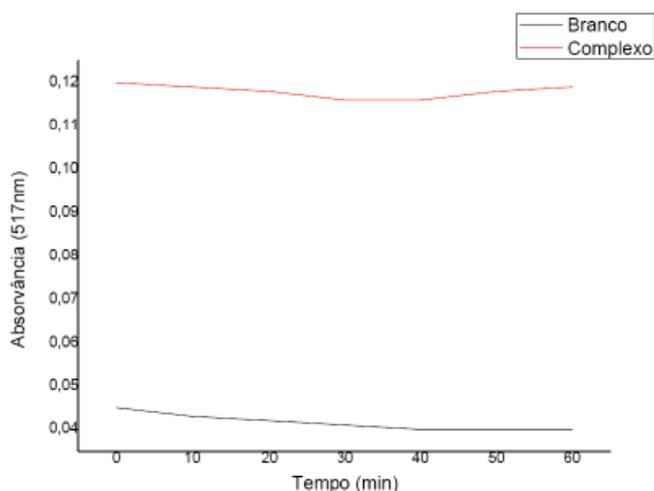


Figura 5: Influência do tempo na reação de complexação entre o íon zinco e a ditizona. Solução fase única: 2:12:5 v/v água-etanol-clorofórmio, respectivamente. Concentração de zinco na porção aquosa da solução fase única: $10,0 \text{ mg L}^{-1}$. Concentração de $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em clorofórmio. Temperatura ambiente $\pm 25^\circ\text{C}$. Tempo entre o preparo e as leituras: 10 minutos. Comprimento de onda: 517 nm e caminho óptico de 1,0 cm.

Tendo-se todas as condições que poderiam influenciar na formação do composto de coordenação definidas em seus ótimos, pH para a máxima formação do complexo igual a 4,5, concentração do ligante de $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ em clorofórmio, tempo de reação de 10 minutos, obteve-se então a curva analítica de calibração apresentada na figura 6 e determinou-se suas figuras de mérito. A curva analítica de calibração apresenta-se linear até $6,0 \text{ mg L}^{-1}$, e é descrita pela equação $\Delta\text{Abs} = 0,0673 C_{Zn^{+2}} + 0,0015$ ($R^2 = 0,9997$). Apresenta um limite de detecção de $0,002 \text{ mg L}^{-1}$ e limite de quantificação de $0,058 \text{ mg L}^{-1}$, calculados respectivamente a três e dez vezes em relação ao desvio padrão proporcionado por um branco de reagentes aplicado a equação de reta da curva analítica.

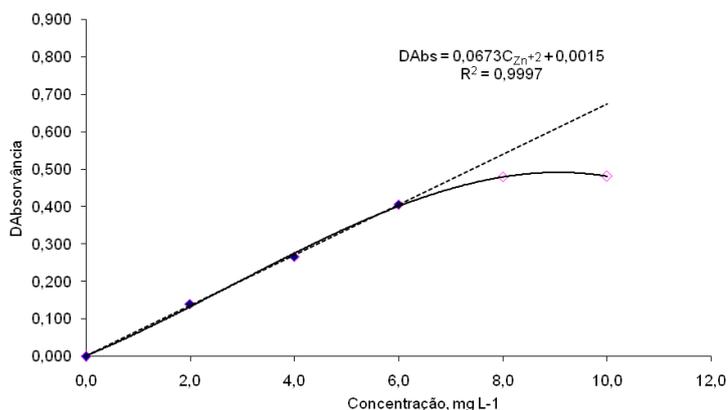


Figura 6: Curva analítica de calibração do zinco na porção aquosa da solução fase única. Solução fase única: 2:12:5 v/v água-etanol-clorofórmio, respectivamente. Concentração de DTZ: 10,0 mg L⁻¹ em clorofórmio. Temperatura ambiente \pm 25°C. Tempo de reação: 10 min. pH da porção aquosa: 4,5. Comprimento de onda: 517 nm e caminho óptico de 1,0 cm.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que é possível a determinação espectrofotométrica utilizando a região do UV-VI em 517 nm, para os íons zinco empregando o reagente complexante ditizona, presente na fase orgânica do sistema ternário de solventes água-etanol-clorofórmio, na proporção 2:12:5 v/v, sendo que este sistema pode ser utilizado na determinação do elemento em diversas matrizes, complexas ou não, após o devido processamento ou abertura por tratamento químico da amostra.

A etapa de abertura da amostra deve possibilitar o transporte do íon zinco em um dos solventes da mistura ternária empregado no sistema, visando a sua interação com o reagente complexante, e a caracterização do sinal analítico em 517nm, onde há uma máxima absorção do complexo formado.

O pH em que as leituras das amostras ocorrem é por volta de 4,5 e o tempo ideal para a determinação é de até 10 minutos entre o preparo do sistema ternário e a leitura espectrofotométrica.

O método desenvolvido apresenta uma curva analítica de calibração otimizada para a determinação de zinco(II) descrita por $\Delta Abs = 0,0673 C_{Zn^{+2}} + 0,0015$ com $R^2 = 0,9997$ e com $LD = 0,002 \text{ mg L}^{-1}$ e $LQ = 0,058 \text{ mg L}^{-1}$ de zinco(II) na porção aquosa da solução fase única, calculados em relação ao desvio padrão do

branco. Para limites superiores de quantificação (LQ) é necessário que haja uma diluição da amostra, a fim de que este estabeleça-se dentro da faixa linear de 2,0 a 6,0 mg L⁻¹, obedecendo assim a Lei de Lambert Beer.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M., **Determinação voltamétrica de molibdênio (VI) utilizando um sistema ternário homogêneo de solventes**. Tese de Doutorado em Química - Universidade Estadual de Campinas. Campinas SP, 2003.

ATKINS, P. W. **FísicoQuímica**. Terceira Edição, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware U.S.A., 1991.

BAIRD, C. **Química ambiental**. Tradução: Maria Angeles *et al.* 2. ed. Porto Alegre: Bookmam, 2002.

BARBOSA, A. B. **Pré-concentração e determinação de Hg(II) com ditizona empregando sistema ternário homogêneo de solventes**. Dissertação de mestrado. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2001.

CALABRESE, A., COLLIER, R. S., NELSON, D. A., MACINNES J. R. **The toxicity of heavy metals to embryos of American oyster crassostrea virginica**. *Mar Biol* vol 18, 1973.

CAMPOS, A., JÚLIO, M.; **Metais pesados e seus efeitos**; www.mundodoquimico.hpg.com.br; 2008; Consultado em 12/12/2013.

DE, A. K.; KHOPKAR, K. S. M.; CHALMERS, R. A. **Solvent extraction of metals**. Van Nostrand Reinhold Company, London, 1970.

DE ANDRADE, C. J.; CUELBAS, J. C.; EIRAS, S. P. **Spectrophotometric determination of Mo (IV) in steel using a homogeneous ternary solvent system after single-phase extraction**. 1998. *Talanta*, 47: p. 719-727.

EIRAS, S. P. **Extração líquido-líquido por fase única de Cr(III) e Mn(II) e influência de trietanolamina na extração. Sistema água-etanol-metilisobutilcetona e ternoiltrifluoroacetona**. Dissertação de mestrado. Campinas: Universidade de Campinas, 1982.

EIRAS, S. P.; REIS, E. L.; ZAMORA, P. G. P. **Estudo do efeito de misturas desolventes na determinação espectrofotométrica por absorção atômica**. *Química Nova*, 17: p. 369-371, 1994.

FREITAS, H. C. **Estudo da determinação de cádmio (II) empregando o 1- (2-Piradilazo) -2-Naftol e a mistura dos solventes água-etanol-clorofórmio.** Dissertação de mestrado. Uberlândia: Universidade de Uberlândia, 2005.

MARTINS, J. W. **Extração líquido-líquido por fase única. Estudo de separação no sistema Fe-Cu-Co com tenoiltrifluoroacetona e água-etanol-ciclohexano (benzeno).** Tese de doutorado. Campinas: Universidade de Campinas, 1974.

MACÊDO, L. S; MORRIL, W. B. B. **Origem e comportamento dos metais fitotóxicos: Revisão da Literatura.** Tecnol. & Ciên. Agropec., João Pessoa, v.2., n.2, 2008.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química orgânica.** 9. ed. Vol. 1 e 2. Tradução: Maria Lúcia Godinho de Oliveira. LTC: Rio de Janeiro: LTC, 2009.

STARY, J. **The solvent extraction of metals chelates.** Pergamon press Ltd. Oxford, 1964.

AUTORES

Carla Maria Silva Alves, graduada em licenciatura plena em Ciências Biológicas pela Fundação Educacional de Ituiutaba / Universidade do Estado de Minas Gerais, Pós-graduada em Química Aplicada pela FEIT-UEMG – Ituiutaba-MG.
carlamsa@gmail.com

Claudia Ferreira da Silva, graduada em licenciatura plena em Química pela Fundação Educacional de Ituiutaba / Universidade do Estado de Minas Gerais – Ituiutaba-MG.
claudiaquimica2010@hotmail.com.br

Suzane Parreira Silva, graduada em licenciatura plena em Química pela Fundação Educacional de Ituiutaba / Universidade do Estado de Minas Gerais – Ituiutaba-MG.
suzane_parreira@hotmail.com

Helieder Cortes Freitas, licenciado em Química pela Fundação Educacional de Ituiutaba / Universidade do Estado de Minas Gerais, mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia, professor da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Ituiutaba-MG.
corteshf@yahoo.com.br

Alex Magalhães de Almeida, bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia, doutor em Química Analítica pela Universidade Estadual de Campinas, mestre em Química pela Universidade Estadual de Campinas, professor do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG.
alexmalmeida42@yahoo.com.br