

Determinação de Ca, Fe, K, Mg e Zn em frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) usando Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente

Determination of Ca, Fe, K, Mg and Zn in pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.) using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry

Cleber Galvão Novaes¹; João Honorato Santos Neto¹, Poliana Freitas Ledo¹, Márcio José Silva dos Santos¹, Berlane Gomes Santos¹, Jéssica Palhares Ribeiro¹

¹Departamento de Química e Exatas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 45206-190, Jequié – BA, Brasil.

Resumo

Neste trabalho foram determinadas as concentrações de Ca, Fe, K, Mg e Zn em polpa e amêndoa de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), coletadas nas feiras livres dos municípios de Caetité, Guanambi e Jacaraci, Bahia, usando a espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Inicialmente foram realizados estudos de otimização dos parâmetros instrumentais do ICP: potência de radiofrequência (1000 a 1500 W), vazão de fluxo de nebulização, (0,5 a 1,0 L min⁻¹) e vazão do gás auxiliar (0,5 a 1,0 L min⁻¹). Valores ótimos foram obtidos em 1300 W, 0,70 L min⁻¹ e 0,80 L min⁻¹, respectivamente. Aproximadamente 0,1000 g das amostras foram digeridas em forno microondas, com adição de 1,5 mL de ácido nítrico concentrado e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio 30 % (v/v), avolumadas no final para 25 mL e analisadas no ICP OES. As faixas de concentrações encontradas foram: 1709,1 a 2453,2 µg g⁻¹ para Ca, 5,51 a 36,4 µg g⁻¹ para Fe, 684,3 a 1845,4 µg g⁻¹ para K, 448,9 a 511,7 µg g⁻¹ para Mg e 54,9 a 133,7 µg g⁻¹ para Zn.

Palavras-chave: Macronutrientes; Composição química; Pequi; *Caryocar brasiliense*; ICP OES.

Abstract

In this work was determined the concentrations of Ca, Fe, K, Mg and Zn in pulp and almond of pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.), collected in fairs in the municipalities of Caetité, Guanambi and Jacaraci, Bahia by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES). Initially studies were performed to optimize the instrumental parameters of the ICP OES: RF Power (1000-1500 W), nebulizer gas flow (0.5 to 1.0 L min⁻¹) and auxiliary gas flow (0.5 and 1.0 L min⁻¹). Optimum values were obtained at 1300 W, 0.70 L min⁻¹ and 0.80 L min⁻¹, respectively. Approximately 0,1000 g of samples were digested in microwave oven with the addition of 1.5 ml of concentrated nitric acid and 0.5 ml of hydrogen peroxide 30% (v/v), completed to 25 ml final volume and analyzed by ICP OES. The concentrations ranges for the elements in this study were: 1709.1 to 2453.2 mg g⁻¹ for Ca, from 5.51 to 36.4 mg g⁻¹ for Fe, from 684.3 to 1845.4 mg g⁻¹ to K, 448.9 to 511.7 mg g⁻¹ for Mg and 54.9 to 133.7 mg g⁻¹ for Zn.

Keywords: Macronutrients; Chemical composition; Pequi; *Caryocar brasiliense*; ICP OES

Introdução

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie vegetal pertencente à família *Caryocaraceae* e sua palavra vem do tupi, *py* (pele) + *qui* (espinho), em referência aos espinhos no caroço [1]. O epíteto específico, *brasiliense*, ocorre porque essa espécie é original do Brasil. É uma fruta típica do Cerrado brasileiro e está presente também em outros estados, como Amazonas, Pará, Bahia, Piauí e São Paulo. Diferentes nomes são atribuídos ao fruto, sendo chamado na Bahia de pequiá, pequiá-verdadeiro, pequiá-vermelho e pitiá; em Mato Grosso, pequi e piqui; em Mato Grosso do Sul, pequi; em Minas Gerais, pequi, pequi-do-cerrado e saco-de-bode e no Estado de São Paulo, pequi e piqui [2].

O pequizeiro floresce durante os meses de agosto a novembro, com os frutos iniciando a maturação em meados de novembro, podendo ser encontrados até início de fevereiro. Suas flores abundantes, dispostas em cachos, se abrem logo após as primeiras chuvas das águas, que caem, geralmente, de setembro a novembro. Seu fruto é muito utilizado na alimentação humana para o preparo de suco, sorvete, manteiga, geleia e pratos tradicionais, principalmente no cozimento de arroz, feijão e frango [3]. São utilizados ainda na indústria caseira para extração de óleos e produção de licores. O caroço é lenhoso e formado por grande quantidade de pequenos espinhos, que podem ferir a mucosa bucal quando ingerido [4].

A parte comestível do fruto, rica em óleo, é formada pela semente envolta por uma camada de polpa, de coloração variando de alaranjada intensa, amarela e até branca. Na parte interna da camada da polpa localiza-se uma fina camada de espinhos, e mais internamente uma amêndoa de cor branca, bastante oleosa [5].

Estudos sobre as características físicas e químicas do fruto do pequi ainda são insuficientes, principalmente relacionadas à composição mineral. Apenas alguns estudos foram realizados sobre as potencialidades deste fruto, o qual foi avaliado como um alimento rico em Vitaminas A e C, principalmente na parte comestível [6]. Quantidades significativas de carotenóides α - e β -caroteno, β -criptoxantina e zeaxantina foram encontradas por Rodriguez-Almaya et al. [7] e Machado et al. [8]. O percentual de proteínas presente na polpa do pequi (13,5 %) foi superior ao encontrado no arroz e na batata, segundo Ribeiro [9]. Compostos fenólicos e a atividade antioxidante de extratos de casca de pequi foi quantificada por Monteiro et al. [10] e Roesler et al. [11]. Maia et al. analisaram compostos voláteis aromáticos por cromatografia gasosa com detector de massas e encontraram grandes quantidades de inúmeros ésteres [1]. Propriedades anti-inflamatórias presentes no óleo do pequi e seus efeitos em problemas de pressão arterial sanguínea de atletas foram avaliadas por Miranda-Vilela et al.

[12]. A atividade antioxidante do óleo e do extrato da polpa do pequi foi estudada para avaliar a diminuição do estresse oxidativo em um modelo experimental de carcinogênese pulmonar [13].

Alguns estudos da composição mineral também foram feitos. Almeida analisou a polpa do pequi, que revelou grande quantidade de fósforo. O teor de cobre encontrado se compara ao do amendoim, figo e uva e o teor de cálcio foi equivalente ao encontrado em caju e morango. A quantidade de ferro é semelhante ao do tomate e seu teor de açúcar é comparável ao da uva e jaboticaba [14]. Mariano-da-Silva et al. determinaram a concentração de P, K, K, Mg, S, Cu, Fe, Mn, N, Zn e extrato etéreo em frutos de pequizeiro coletados nos municípios de Jataí, Rio Verde e Serranópolis, Goiás [15] e verificaram que os resultados obtidos não apresentaram variação significativa.

Outras aplicações podem ainda ser notadas, sendo a casca do pequizeiro muito utilizada em curtume, como tintorial, fornecendo tinta amarelo-castanho, bastante empregado pelos tecelões mineiros [16]. Recentemente, alguns estudos indicaram que o óleo do pequi tem potencial para produção de biocombustíveis e lubrificantes, sendo testado em carros, caminhões, tratores e geradores de energia elétrica [17]. Na indústria cosmética é comum a fabricação de cremes para a pele tendo o pequi como componente, apresentando boas propriedades para hidratação e embelezamento da pele [12]. O uso da casca do pequi como biosorvente para remoção de metais potencialmente tóxicos, como o cádmio e chumbo, foi testado e obteve resultados eficientes [18].

O objetivo do presente trabalho foi determinar as concentrações dos macronutrientes Ca, Fe, K, Mg e Zn em polpa e semente de pequi coletadas em feiras livres de três municípios da Bahia (Caetitê, Guanambi e Jacaraci) utilizando digestão com microondas e detecção por ICP OES.

Descrição Experimental

Instrumentação

Um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) com configuração Dual View (Perkin Elmer, Model Optima 7000, USA) foi utilizado para quantificação de Ca, Fe, K, Mg e Zn. A descrição detalhada do equipamento e os parâmetros de operação avaliados estão apresentados na Tabela 1. Todas as medidas foram realizadas usando argônio como gás para formar o plasma.

Reagentes e soluções

Todos os reagentes empregados foram de grau analítico e as soluções foram preparadas utilizando água deionizada obtida de um sistema de purificação (QUIMIS, São Paulo, Brasil). Ácido

nítrico P.A. 65 % (v/v) (Fmaia, São Paulo, SP, Brasil) foi utilizado para o preparo de soluções. Peróxido de hidrogênio 30% (v/v) (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) foi utilizado como fonte geradora de oxigênio na digestão. Soluções padrões multielementares de Ca, Fe, K, Mg e Zn foram preparadas por diluição de soluções estoque $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA). A vidraria utilizada foi mantida em solução de ácido nítrico (HNO_3) 10 % (v/v) durante 24 horas para descontaminação. A seguir, a vidraria foi enxaguada com água deionizada.

Tabela 1. Condições de operação do ICP OES.

Parâmetros	Condição
Potência de RF (W)	1000 – 1500
Vista	Axial
Gerador de RF	40 MHz
Nebulizador	Fluxo cruzado (<i>Cross Flow</i>)
Câmara de nebulização	Duplo passo (Tipo Scott)
Detector	Estado Sólido (CCD)
Vazão de argônio do plasma	15 L min^{-1}
Vazão de nebulização	$0,5 - 1,0 \text{ L min}^{-1}$
Vazão de argônio auxiliar	$0,5 - 1,0 \text{ L min}^{-1}$
Vazão de amostragem	$1,50 \text{ mL min}^{-1}$
Concentração de HNO_3 na calibração	2,0 %
Comprimento de onda (nm)	
Ca (II)	317,933
Fe (II)	238,204
K (I)	285,213
Mg (I)	766,490
Zn (I)	213,857

I – Linha atômica e II – Linha iônica

Otimização das condições de operação do ICP

Foi utilizado o método univariado para otimizar três parâmetros instrumentais do ICP OES: potência de radiofrequência (RF) aplicada (1.000 a 1.500 W); vazão do gás auxiliar ($0,5$ a $1,0 \text{ L min}^{-1}$) e vazão do fluxo de nebulização ($0,5$ a $1,0 \text{ L min}^{-1}$). Os sinais foram medidos como valores de intensidade de emissão e posteriormente foi feita a normalização dos dados, dividindo-se os valores das intensidades individuais de cada elemento pelo maior valor obtido nas intensidades. Todos os resultados devem estar compreendidos entre 0 e 1 [19].

Coletas das amostras

As amostras de pequi foram adquiridas em feiras livres nas cidades de Caetité, Guanambi e Jacaraci, localizadas na região da Serra Geral, Bahia. Os frutos foram coletados na casca e armazenados em caixas isotérmicas até sua chegada ao laboratório, onde foram guardados em congelador até o procedimento de digestão. Os frutos foram coletados ao final do mês de abril de 2013.

Digestão das amostras

Inicialmente foi removida a casca dos frutos do pequi, onde se retirou a polpa e a amêndoa. Aproximadamente 0,1000 g de cada parte do fruto (polpa e amêndoa) foram pesadas diretamente em frascos de PTFE. Um volume de 1,5 mL de ácido nítrico concentrado e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio foi adicionado em cada frasco de reação. O frasco de teflon com a mistura foi posto dentro de uma bomba de digestão e levado ao microondas, onde foi mantido por 90 s. Após resfriamento à temperatura ambiente, o digerido foi transferido para balão volumétrico de 10 mL e avolumado com água ultrapura. Amostras de branco foram preparadas analogamente. Após a digestão as soluções foram conservadas em geladeira até o momento da análise no ICP OES. A Figura 1 apresenta as partes do fruto de pequi analisadas. Na parte externa encontra-se a polpa, na parte intermediária do fruto localiza-se a camada de espinhos, e mais internamente a amêndoa de cor branca.



Figura 1. Ilustração da polpa do fruto de pequi, da camada de espinhos e da amêndoa.

Resultados e discussão

Segundo Giné [20], a intensidade de uma linha de emissão depende da quantidade de átomos ou íons emitindo sob as condições experimentais usadas. Diversos parâmetros podem ser estudados no intuito de melhorar os processos de excitação e ionização das espécies químicas, tais como: a potência de RF, as vazões dos gases, a pressão do gás de nebulização e o local de observação do plasma para efetuar as medidas espectroscópicas.

A potência de RF é uma variável que está relacionada diretamente com a energia do plasma e geralmente os processos de emissão são favorecidos com o aumento da potência, entretanto pode-se

aumentar também os valores de background, o que prejudica a determinação de elementos em quantidades traço. Desgastes de componentes do instrumento podem ocorrer em condições extremas, como a redução da vida útil da tocha [21]. O gráfico obtido na avaliação da potência incidente, entre 1.000 e 1500 W, está apresentado na Figura 2. Pode-se observar que com o aumento da potência há um aumento da intensidade de emissão para todos os elementos analisados, exceto para o potássio, que sofreu um decréscimo de intensidade acima de 1400 W. Foi escolhida para os estudos posteriores a potência fixada em 1.300 W.

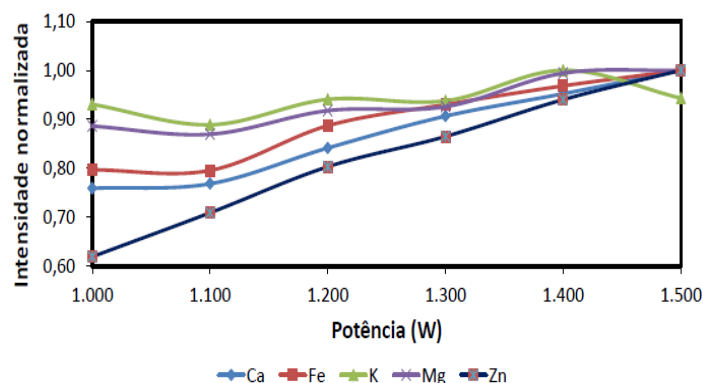


Figura 2. Estudo da potência aplicada ao ICP OES.

A vazão do gás de nebulização é um parâmetro que está associado ao transporte, por arraste, do aerossol da amostra até o centro do plasma. No estudo realizado entre 0,5 a 1,0 L min⁻¹ verificou-se que ocorre um aumento na intensidade de emissão em função do aumento do fluxo de nebulização, até 0,9 L min⁻¹, para os todos os elementos avaliados. No entanto, para vazão acima de 0,9 L min⁻¹ há um decréscimo na intensidade de emissão, exceto para o potássio. Esse efeito pode ser explicado pelo fato de que, ao se utilizar vazões mais altas, o tempo de residência dos analitos no plasma diminui e também ocorre o resfriamento do plasma, reduzindo a quantidade de átomos e espécies ionizadas [22]. A escolha de uma condição intermediária para esta variável favorecem os processos de atomização, excitação e ionização, sendo escolhido o valor de 0,8 L min⁻¹. Os resultados para o estudo da vazão de nebulização estão apresentados na Figura 3.

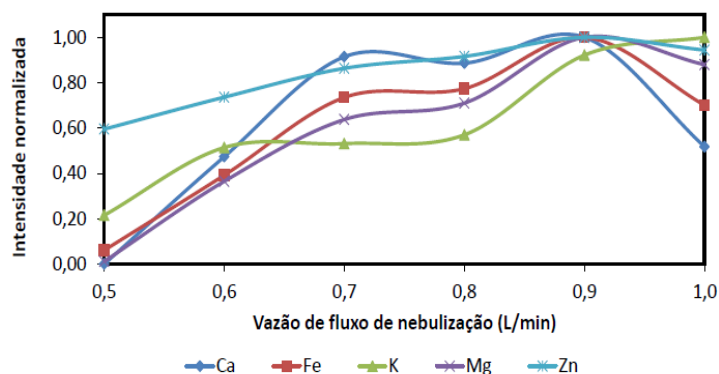


Figura 3. Estudo da vazão de fluxo de nebulização aplicada ao ICP OES.

O gás auxiliar tem como função dar um formato adequado ao plasma mantendo-o isolado na tocha. Este parâmetro foi estudado entre 0,5 a 1,0 L min⁻¹ e foi observado que entre vazões de 0,5 a 0,8 L min⁻¹ não ocorreu variação significativa no sinal de emissão, exceto para o elemento Fe, que apresentou redução de emissão na vazão de 0,5 L min⁻¹. Em vazões maiores que 0,8 L min⁻¹ ocorreu redução de sinal para os elementos K, Fe e Ca. Portanto, foi escolhida a vazão de 0,7 L min⁻¹. Na Figura 4 estão apresentados os resultados referentes ao gás auxiliar.

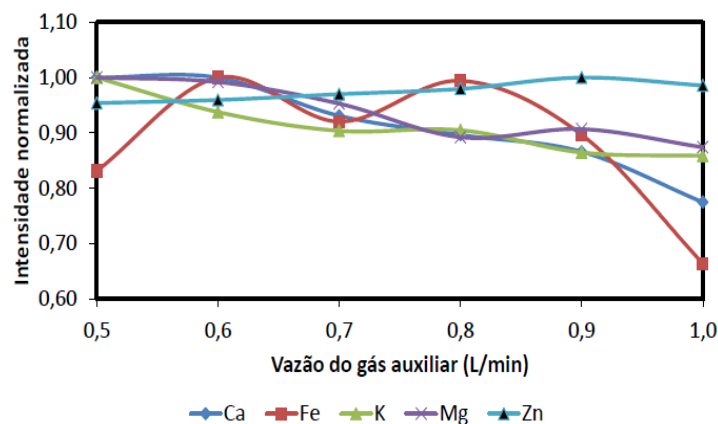


Figura 4. Estudo da vazão do gás auxiliar aplicada ao ICP OES.

Figuras de mérito

Algumas figuras analíticas de mérito foram avaliadas utilizando as condições experimentais otimizadas. A linearidade da curva de calibração foi examinada utilizando soluções padrões na faixa de concentração de 0,1 a 25,0 mg L⁻¹ (Fe e Zn) e 0,5 a 50,0 mg L⁻¹ (Ca, K e Mg), com coeficiente de determinação (R^2) maior do que 0,994, valor superior ao mínimo recomendado pelo INMETRO [23]. Os limites de quantificação calculados ($\mu\text{g g}^{-1}$, $n = 10$) foram: Ca (43,0), K (20,0), Mg (26,6), Fe (10,0) e Zn (10).

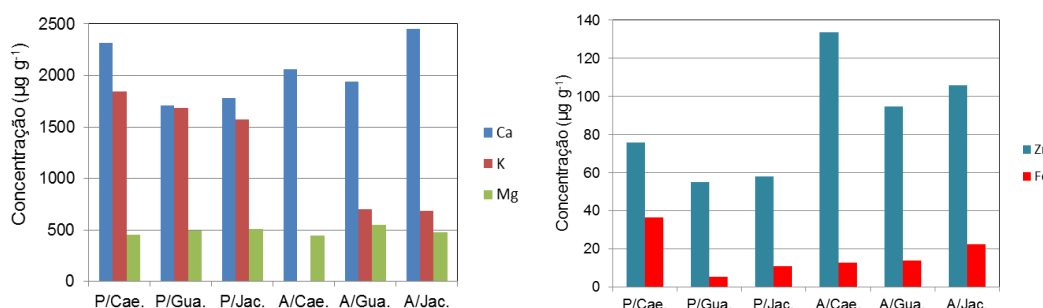
Análise das amostras de pequi

Após otimização das variáveis em estudo e digestão das amostras de pequi foi feita a determinação de Ca, Fe, K, Mg, e Zn na polpa e amêndoa por ICP OES. Os resultados encontrados nas amostras estão apresentados na Tabela 2. Para facilitar a interpretação dos resultados os dados de concentração de cada elemento, para polpa e amêndoa, foi plotado em gráficos e apresentados na Figura 5. As siglas utilizadas na Figura 5 representam as seguintes amostras: P/Cae. (Polpa Caetité); P/Gua. (Polpa Guanambi); P/Jac. (Polpa Jacaraci); A/Cae. (Amêndoa Caetité); A/Gua. (Amêndoa Guanambi); A/Jac. (Amêndoa Jacaraci).

Tabela 2. Determinação de Ca, Fe, K, Mg e Zn em amostras de pequi por ICP OES.

Amostra/Cidade	Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$)*				
	Ca	Fe	K	Mg	Zn
Polpa					
Caetité	2312,3 $\pm$ 185,2	36,4 $\pm$ 14,1	1845,4 $\pm$ 197,4	450,3 $\pm$ 63,8	75,9 $\pm$ 17,0
Guanambi	1709,2 $\pm$ 103,5	5,5 $\pm$ 0,95	1685,2 $\pm$ 38,3	493,6 $\pm$ 16,8	54,9 $\pm$ 0,74
Jacaraci	1783,3 $\pm$ 64,8	11,1 $\pm$ 0,74	1569,9 $\pm$ 79,7	511,7 $\pm$ 36,7	58,0 $\pm$ 6,45
Amêndoa					
Caetité	2061,1 $\pm$ 27,1	12,7 $\pm$ 6,3	---	448,9 $\pm$ 11,8	133,7 $\pm$ 13,2
Guanambi	1942,9 $\pm$ 95,8	13,8 $\pm$ 1,1	700,1 $\pm$ 26,2	550,1 $\pm$ 21,2	94,6 $\pm$ 4,3
Jacaraci	2453,2 $\pm$ 60	22,6 $\pm$	684,3 $\pm$ 18,7	480,1 $\pm$ 19,5	105,9 $\pm$ 13,6

*n = 3

**Figura 5.** Gráficos de comparação de concentração para polpa e amêndoa do pequi.

Após tratamento dos dados verificou-se que as concentrações dos elementos analisados (Ca, Fe, K, Mg, e Zn) nos frutos de pequi apresentaram diferenças tanto na avaliação das cidades estudadas (Guanambi, Caetité e Jacaraci) quanto na parte do fruto avaliada (polpa e amêndoa). Esta diferença pode ser explicada pela composição do solo das diferentes cidades e a época de produção do fruto.

Analisando os dados individualmente é possível observar que os valores de concentração de magnésio, tanto na polpa quanto na amêndoa, para as três cidades, não apresentaram muita diferença, com valores de concentração compreendidos entre 450,3 (Polpa/Caetité) e 550,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Amêndoa/Guanambi). O cálcio apresentou comportamento semelhante, com valores compreendidos entre 1709,2 (Polpa/Guanambi) e 2453,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Amêndoa/Jacaraci). Quanto ao elemento ferro, a maior concentração foi obtida na polpa dos frutos da cidade de Caetité (36,4 $\mu\text{g g}^{-1}$) e a menor foi encontrada na polpa dos frutos da cidade de Guanambi (5,5 $\mu\text{g g}^{-1}$). As demais amostras apresentaram valores compreendidos entre 11,1 e 22,6 $\mu\text{g g}^{-1}$. Para o potássio foram obtidas maiores concentrações na polpa dos frutos, para as três cidades, sendo a maior concentração (1845,4 $\mu\text{g g}^{-1}$) encontrada na cidade de Caetité. Os resultados das concentrações de K na amêndoa não foram muito diferentes entre as cidades de Guanambi (700,1 $\mu\text{g g}^{-1}$) e Jacaraci (684,3 $\mu\text{g g}^{-1}$). Não foi possível quantificar o elemento potássio na amêndoa do fruto da cidade de Caetité por ter ocorrido contaminação durante o procedimento. No

caso do elemento zinco as maiores concentrações foram obtidas na amêndoa, entre 94,6 e 133,7 $\mu\text{g g}^{-1}$, enquanto na polpa variaram entre 54,9 e 75,9 $\mu\text{g g}^{-1}$. Essas concentrações relativamente altas encontradas para os elementos estudados pode estar relacionado com o fato da região da Serra Geral apresentar grande potencial mineral, principalmente na cidade de Caetité, com minerais ricos em ferro.

Conclusões

A otimização univariada permitiu uma rápida definição dos valores ótimos estabelecidos para a determinação dos metais usando ICP OES. A técnica utilizada apresentou-se satisfatória para a quantificação dos elementos Ca, Fe, K, Mg e Zn nas amostras de pequi, comprovando sua eficiência na análise de alimentos.

O pequi, além de servir como fonte de renda para muitas famílias, apresenta-se também como alimento rico em nutrientes. Foi observado que as concentrações dos elementos Ca, Fe, K, Mg e Zn podem variar em diferentes partes do fruto e a depender do local de cultivo, sendo necessário levar em consideração algumas características regionais, como a composição do solo, períodos de chuva, época de produção do fruto, entre outros.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Os autores também expressam seus agradecimentos a V.A. Lemos (LQA/UESB) pela concessão de instrumentação analítica.

Referências

- [1] J. G. S. Maia, E. H. A. Andrade, M. H. L. da Silva, Aroma volatiles of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.), Journal of Food Composition and Analysis, 21 (2008) 574-576.
- [2] http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore. Acesso em 19 de agosto de 2015.
- [3] H. Lorenzi, “Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil”. Nova Odessa – SP: Plantarum, v. 1. 2000.
- [4] E. H. da S. F. Matos. “Dossiê Técnico - Cultivo do Pequi e Extração do Óleo”. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, 2007.
- [5] I. de Souza, A. Salviano, “A Cultura do Pequi (*Caryocar brasiliense*)”, EMATER-MG, maio/2002. Disponível em: http://www.emater.mg.gov.br/site_emater/Serv_Prod/Livraria/Fructicultura/Pequi.htm>. Acesso em 08 de abril de 2013.

- [6] F. D. Araújo, A review of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) - an economically valuable species of the central Brazilian cerrados. *Economic Botany*, 49 (1995) 40-48.
- [7] D. B. Rodriguez-Amaya, H. T. Godoy, A. Z. Mercadante, D. M. R. Ramos, Carotenoid composition of underexploited Brazilian fruits, 1995. In: *Proceedings of the Ninth World Congress of Food Science and Technology*, International Union of Food Science and Technology, Budapest.
- [8] M. T. C. Machado, B. C. B. S. Mello, M. D. Hubinger, Study of alcoholic and aqueous extraction of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) natural antioxidants and extracts concentration by nanofiltration, *Journal of Food Engineering*, 117 (2013) 450-457.
- [9] R. F. Ribeiro, "Pequi o rei do cerrado", Rede Cerrado: Belo Horizonte, 2000.
- [10] S. S. Monteiro, R. R. da Silva, S. C. da S. Martins, J. S. Barin, C. S. da Rosa, Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of pequi peel (*Caryocar brasiliense* Camb.), *International Food Research Journal* 22(5) (2015) 1985-1992.
- [11] R. Roesler, R. R. Catharino, L. G. Malta, M. N. Eberlin, G. Pastore, Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterisation of components by electrospray ionization mass spectrometry, *Food Chemistry*, 110 (2008) 711-717.
- [12] A. L. Miranda-Vilela, L. C. S. Pereira, C. A. Gonçalves, C. K. Grisolia, Pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp oil reduces exercise-induced inflammatory markers and blood pressure of male and female runners, *Nutrition Research*, 29 (2009) 850-858.
- [13] N. B. R. Colombo, Ação dos compostos antioxidantes na redução do estresse oxidativo em modelo experimental de câncer de pulmão: estudo do pequi (*Caryocar brasiliense* camb), dissertação de mestrado, USP - São Paulo, 2013.
- [14] S. P. de Almeida, Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. *Cerrado Ambiente e Flora*, Embrapa, (1998) 244-285.
- [15] S. Mariano-da-Silva, J. D. de A. Brait, F. P. de Faria, S. M. da Silva, S. L. de Oliveira, P. F. Braga, F. M. de S. Mariano-da-Silva, Caracterização química de frutos de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de três municípios do Estado de Goiás, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 29(4) out-dez (2009) 771-777.
- [16] M. Brandão, J. P. Laca-Buendía, J. F. Macedo, "Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais", Belo Horizonte: EPAMIG, 2002.
- [17] W. L. de Oliveira, S. Aldicir, "Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do pequi", Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.
- [18] J. M. Nascimento, B. S. da Silva, M. D. Chaves, J. D. de Oliveira, Biossorção dos íons Cd^{2+} e Pb^{2+} utilizando a biomassa da casca de pequi modificada com ácido cítrico, *Revista de Ciências Ambientais, Canoas* vol. 8 n. 1 (2014) 57-69.
- [19] S. L. C. Ferreira, M. G. A. Korn, H. S. Ferreira, E. G. P. Silva, R. G. O. Araújo, F. A. C. Amorim, A. S. Souza, S. M. Macedo, D. C. Lima, R. M. Jesus, J. M. Bosque-Sendra, Application of Multivariate Techniques in Optimization of Spectroanalytical Methods, *Applied Spectroscopy Reviews*, 42 (2007) 475-491.
- [20] M. F. Giné, "Espectrometria de Emissão Atômica Plasma Indutivamente Acoplado ICP-AES", Piracicaba-SP: CENA, 1998.
- [21] E. C. Vieira, Avaliação de potencialidades e aplicações de espectrômetros com plasma acoplado indutivamente em análises químicas, tese de doutorado, São Carlos-SP, 2007.
- [22] K. E. Jarvis, A. L. Gray, R. S. Houk. "Handbook of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry", 1st ed., Black & Son Ltd., London, 1992.
- [23] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos, DOQ-CGCRE-008, 2003.