

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS TÓXICOS EM AMOSTRAS DE TRÊS MARCAS COMERCIAIS DE ALGINATOS

*Fabíole Jordana Los, Wilson Costa, André Vitor Chaves, Ariane Caroline Ribicki.
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) – Ponta Grossa, PR, Brasil.*

E-mail: wcosta@uepg.br

Recebido em 23/05/2013
Aceito em 18/06/2013

RESUMO

Um material amplamente utilizado nos consultórios odontológicos para a confecção de moldes dentários é o alginato. O objetivo deste trabalho foi estudar três marcas comerciais de alginato através da fluorescência e difração de raios X e de extrações, utilizando o método de Tessier, seguida da determinação das concentrações dos metais nos extratos por espectrometria de absorção atômica. Através da fluorescência de raios X, se observou que os elementos mais representativos nas amostras analisadas são: Si, Ca, K, S, Al, Mg, Fe e P, sendo que a soma destes elementos atinge valores acima de 97%. Por meio da difração de raios X, se observou que o pico indicativo de maior concentração foi de SiO₂ (cristobalita) e que os compostos presentes em todas as amostras foram: CaSO₄.2H₂O, SiO₂ (cristobalita) e SiO₂. A avaliação da mobilização (lixiviação) dos metais realizada pelo método de Tessier e sua comparação com a CONAMA 430/11 mostrou riscos potenciais da disposição inadequada desse material no meio ambiente, devido às concentrações (acima do VMP) de chumbo nas frações deste metal ligado a carbonatos e matéria orgânica.

Palavras-chave: Alginato; Hidrocolóide irreversível; Tessier.

1 Introdução

O alginato é um polissacarídeo encontrado tanto na matriz intercelular de algas marrons quanto recobrimo extracelularmente algumas espécies de bactérias [1]. Foi caracterizado no final do século 19 e atualmente é obtido de algas marrons coletadas em regiões costeiras no mar. Possui propriedades geleificantes e estabilizantes únicas, o que faz com que possua importância comercial [2], sendo amplamente utilizado na área alimentícia, cosmética, farmacêutica, médica e odontológica [3].

É constituído por um copolímero binário não ramificado dos ácidos β-D-manurômico (M) e α-L-gulurônico (G), estruturado em sequências de blocos MM, MG unidos por ligações β(1-4), e blocos GG, GM unidos por ligações α(1-4) [4].

Na odontologia, em comparação com os outros materiais de moldagem disponíveis, é o mais utilizado pelos profissionais. Os principais fatores responsáveis pelo sucesso desse tipo de material são: facilidade de manipulação, conforto para o paciente, baixo custo e o fato de não exigir equipamentos sofisticados [5].

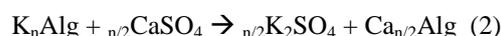
O principal constituinte dos alginatos é o sal do ácido alginico, o qual pode ser de sódio ou de potássio, podendo ser assim alginato de sódio ou alginato de potássio [6]. O chumbo, na presença de fluoretos, aumenta a elasticidade e reduz o tempo de geleificação [7]. Já a terra diatomácea e o óxido de zinco, atuando como carga, influenciam nas propriedades físicas e no tempo de presa; o sulfato de cálcio ativa a reação, e os fluoretos de titânio asseguram dureza e densidade correta para a superfície do

gesso em contato com o molde e ainda atuam como aceleradores de presa [5].

Segundo Tisnado e colaboradores [4], o uso dos alginatos em materiais de impressão dental está baseado na reação aquosa entre um sal pouco solúvel (usualmente sulfato de cálcio di-hidratado) e um alginato. Primeiramente tem-se a reação entre o fosfato e o sulfato mostrada na Equação 1.



Quando não há mais fosfato trisódico disponível, os íons de cálcio do sulfato de cálcio começam a reagir com o alginato de potássio para formar um gel de alginato de cálcio, mostrado na Equação 2.



Existe uma alteração considerável do pH na presa, de um pH de 11 para um pH em torno de 7. Essa mudança no pH é utilizada em algumas formulações, pela incorporação de indicadores de pH, para permitir uma percepção visual do processo do trabalho e da reação de presa [8].

Muitas substâncias como zinco, cádmio, silicato de chumbo e fluoretos são adicionadas em algumas marcas de alginatos, com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas, químicas, mecânicas e se tornaram a causa de preocupação no que se refere à toxicidade desses materiais. O contato entre o alginato e a mucosa oral do paciente dura até quatro minutos, e devido ao fato da mucosa ser altamente vascularizada é possível ocorrer um grande potencial de absorção dos componentes do material [9] que, se forem tóxicos, pode trazer malefícios ao paciente.

Além da possível contaminação do paciente, pode ocorrer a intoxicação do “manipulador” (dentista, auxiliar), devido a liberação do pó para a atmosfera durante o preparo do material [10]. Outro problema potencial decorre da disposição final deste resíduo, que no Brasil, geralmente é inadequado, pois segundo o IBGE [11], apenas 13,8 % dos municípios fazem a disposição dos resíduos sólidos em aterros sanitários, onde a possível liberação dos metais tóxicos para o meio ambiente é minimizada.

A contribuição deste estudo reside na avaliação química de três marcas comerciais de alginato, antes da adição de água (original) e após o seu endurecimento (modificado), as caracterizações estruturais, que indicam por sua vez, as formas de associação e o potencial de mobilização de metais a partir de método de Tessier colaboradores [12].

2 Materiais e Métodos

Foram estudadas três marcas comerciais de alginatos nas formas: original (O) e modificada (M) pelo processo de hidratação, utilizando água ultra pura, seguido de secagem até massa constante, trituração em almofariz de ágata e passagem por peneira com abertura de malha de 0,105 mm. A caracterização química foi realizada por fluorescência de raios X, a determinação estrutural por difração de raios X e para a avaliação da mobilidade dos metais, eles foram lixiviados e a suas concentrações foram determinadas por espectrometria de absorção atômica.

Fluorescência de raios X

Utilizou-se o espectrômetro de Fluorescência de raios X e energia dispersiva da marca Shimadzu (EDX-720). O espectrômetro foi operado a 50 kV, alvo de Rh, 10 mA, Collimator: 10 mm, Detector: Si (Li) semiconductor detector, resolução de energia em aproximadamente 155 e V e tempo de análise 100 s.

Difração de raios X

Os dados de difração de raios X foram coletados em um equipamento da marca Rigaku, modelo Rint-2000, com anodo rotatório de cobre operando a 42 kV e 120 mA, modo de varredura passo-a-passo com passos de 0,02° e tempo por passo igual a 2s, no alcance de 5° a 90°. As fases cristalinas foram identificadas com auxílio de software de busca por comparação das fichas JCPDS com os padrões de difração.

Avaliação da mobilidade de metais

Para avaliar a mobilidade de metais foi realizada a extração sequencial, segundo método de Tessier e colaboradores [12], modificado por Koumrouyan e Santana [13] e Lima e colaboradores [14], conduzida em triplicata para 1 g de cada amostra de alginato original e modificado. Nele são empregadas soluções de reagentes seletivos, isto é, capazes de extrair para a fase líquida os elementos presentes

em tipos específicos de fases, ou frações, por reações de troca iônica, oxi-redução e dissolução [15].

Nesta extração os metais lixiviados estão nas formas: trocável (T), que são removidos em pH=8,0 e estão fracamente adsorvidos à matriz; ligados a carbonatos (C), cuja liberação ocorre em pH=5,0; a oxi-hidroxidos de Fe³⁺ e Mn⁴⁺, que reduzidos liberam metais (Fe/Mn), a matéria orgânica, cuja lixiviação se deve a sua oxidação (MO) e residual, onde a amostra recebe um tratamento agressivo com ácidos fluorídrico e perclórico (R). As concentrações dos metais: Cr, Cu, Ni, Ag, Fe, Mn, Zn, Pb, Cd e Ba foram determinados nestas frações por espectroscopia de absorção atômica com atomização por chama utilizando o aparelho Varian Spectra AAS – 240FS.

3 Resultados e discussão

Fluorescência de raios X

Na Tabela 1, encontram-se as composições químicas das diferentes amostras de alginatos, tanto original como modificado das diferentes marcas analisadas, determinada por fluorescência de raios X pelo método de análise semiquantitativa, expressos em porcentagem, normalizados para 100%.

TABELA 1- Composições dos alginatos determinadas por fluorescência de Raios X

	Avagel		Jeltrate Plus		Hydrogun 5	
	O	M	O	M	O	M
Si	53,17	62,42	57,31	51,87	65,42	60,78
Ca	17,62	13,06	12,88	16,41	10,12	11,92
K	8,79	5,84	8,47	8,62	6,88	9,72
S	12,90	10,29	9,70	10,85	5,28	5,79
Al	2,18	2,87	2,67	2,41	4,42	4,07
Mg	1,69	2,85	4,42	3,68	2,71	1,97
Fe	1,57	0,32	1,71	2,38	2,44	2,38
Ti	0,18	0,08	1,45	1,84	1,97	2,36
P	1,68	2,04	1,22	1,71	0,57	0,82
V	0,05	0,04	0,07	0,08	0,10	0,12
Sr	0,08	0,08	0,07	0,10	0,09	0,03
Zn	0,07	0,07	-	-	0,01	0,01
Zr	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	0,03	0,05	-	0,03
Cu	0,02	0,03	-	-	-	-
Pt	-	0,01	-	-	-	-

Observou-se que os elementos mais representativos são: Si, Ca, K, S, Al, Mg, Fe e P. A soma destes atinge valores acima de 97%. Estes elementos são comuns na diatomita [16] ou, dependendo da marca, acrescentados nos alginatos utilizados na odontologia na forma de CaSO_4 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, MgO , MgCO_3 , Na_2CO_3 , NaF , K_2SO_4 . As concentrações de titânio atingem valores entre 1,45 e 2,36 % no Jeltrate Plus e Hydrogun 5. No primeiro, que traz a composição na embalagem, se observa a presença de titânio na forma de titanato de potássio. No segundo, onde a composição está ausente, a presença de titânio pode ser explicada pela adição deste elemento na forma de sal ou óxido, ou tem sua origem na diatomita.

Elementos como V, Sr, Zn, Zr, Mn, Cu, Pt estão em concentrações muito baixas e, em algumas amostras, ausentes. Dos elementos mais tóxicos, os únicos detectados por fluorescência de raios X no Avagel foram Zn, que é acrescentado na forma de ZnO e Cu. No Hydrogun 5, em pequenas concentrações, se observa também a presença de Zn.

Difração de raios X

A caracterização estrutural dos alginatos estudados foi realizada por difração de raios X. Os difratogramas estão apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 e apresentam uma composição mineralógica complexa. Além da presença de fase amorfa, é possível observar picos de difração característicos das fases cristalinas existentes. Os picos não identificados se devem a elevada sobreposição provocada pela presença de várias fases cristalinas.

A Figura 1 representa o difratograma para o alginato da marca Avagel, tanto original como modificado. Na amostra estudada, as principais fases detectadas foram: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, SiO_2 cristobalita, SiO_2 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.

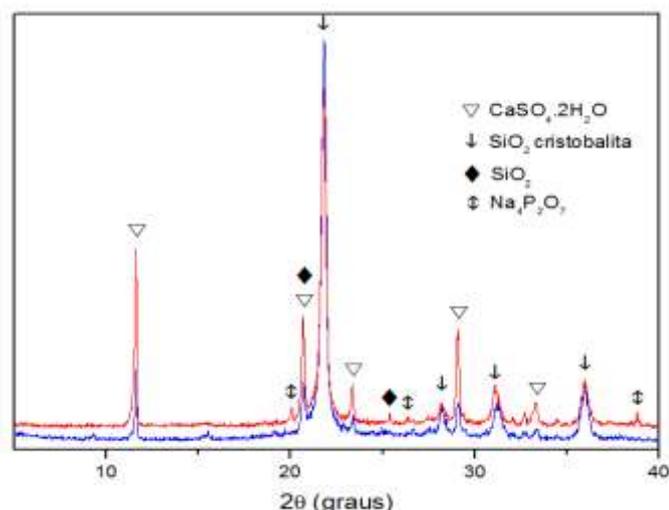


FIGURA 1: Difratograma do alginato marca Avagel. O traçado superior é da amostra original e o inferior da modificada.

A Figura 2 representa o difratograma do alginato da marca Jeltrate Plus. Nesta amostra foram detectadas as seguintes fases: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, SiO_2 cristobalita, SiO_2 , CaCO_3 , AlPO_4 .

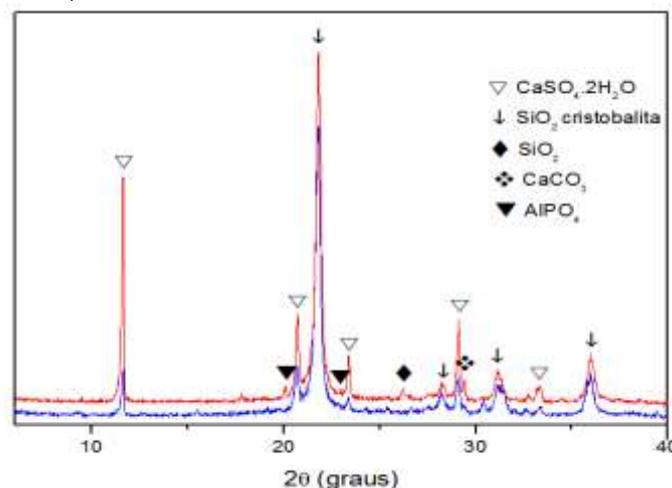


FIGURA 2: Difratograma do alginato marca Jeltrate Plus. O traçado superior é da amostra original e o inferior da amostra modificada.

A Figura 3 representa o difratograma para o alginato da marca Hydrogun 5. Nesta amostra foram detectadas as fases: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, SiO_2 cristobalita, SiO_2 , $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, CaSO_4 , SiO_2 quartzo, K_2SO_4 .

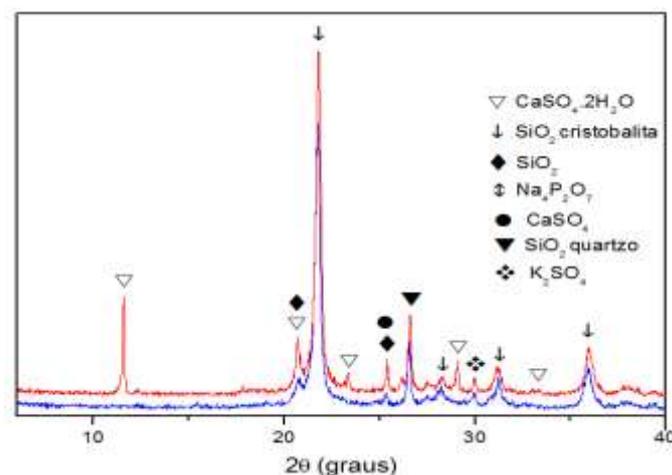


FIGURA 3: Difratograma do alginato marca Hydrogun 5. O traçado superior é da amostra original e o inferior da amostra modificada.

De acordo com os resultados, foram encontradas algumas diferenças com relação a composição entre as marcas analisadas e nenhuma em relação ao tipo da amostra (original e modificado). Porém, observa-se que o pico maior, para todas as amostras, foi o de SiO_2 cristobalita, sendo que este seria a base dos alginatos. Apenas $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, SiO_2 cristobalita e SiO_2 estão presentes em todas as amostras. Dos metais tóxicos encontrados nos lixiviados, nenhum foi detectado por difração de raios X.

Avaliação da mobilidade de metais - Método de Tessier

Através do estudo da lixiviação de metais devido a aplicação de condições variáveis, pode-se avaliar os possíveis danos ambientais, quando da disposição inadequada do alginato original e modificado. Na contaminação ambiental, a exposição do material a determinadas condições permitem a formação de lixiviados, cujas concentrações de metais podem ser comparadas com a de efluentes que podem ser lançados, direto ou indiretamente nos cursos d'água. A Resolução CONAMA 430/11 [17] traz os valores máximos permitidos (VMP) das condições padrões de lançamento de efluentes. Quando os valores são encontrados acima do VMP, este percolado possui potencial para causar efeitos tóxicos ao ambiente. As Tabelas 2, 3 e 4 trazem todos esses dados.

TABELA 2 - Concentrações médias de metais em mg L⁻¹ encontrados para as frações trocáveis (T), e ligados a: carbonatos (C), oxi-hidróxidos de Fe e Mn (Fe/Mn), matéria orgânica (MO) e fração residual (R) nas amostras do alginato da marca Avagel, nas formas original e modificado e o VMP de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.

	mg L ⁻¹					
	T	C	Fe/Mn	MO	R	VMP
Cr-O	0,04	0,02	0,06	0,07	0,13	Cr ⁶⁺
-M	0,04	0,02	0,04	0,10	0,08	0,1
Cu-O	0,04	0,04	0,01	0,07	0,17	1,0
-M	0,05	0,04	0,02	0,08	0,85	
Ni-O	0,02	0,04	0,02	0,03	0,38	2,0
-M	0,03	0,04	0,04	0,03	0,23	
Ag-O	0,04	0,02	0,00	0,02	0,03	0,1
-M	0,05	0,02	0,00	0,00	0,03	
Fe-O	0,72	0,26	1,97	3,73	133	15
-M	0,52	0,34	2,31	6,52	129	
Mn-O	0,14	0,15	0,07	0,03	0,58	1,0
-M	0,66	0,15	0,16	0,02	0,55	
Zn-O	0,00	0,35	0,11	0,04	0,26	5,0
-M	0,01	0,26	0,21	0,05	0,42	
Pb-O	0,03	0,50	0,03	0,23	0,08	0,5
-M	0,06	0,20	0,05	0,77	0,77	
Cd-O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ba-O	0,22	0,60	0,00	0,10	2,40	5,0
-M	0,29	0,54	0,01	0,87	1,85	

Analisando os dados presentes na Tabela 2, observa-se nos lixiviados do alginato Avagel, que as concentrações de cromo na fração residual (original), ferro na fração residual (original e modificado), chumbo (modificado) na fração residual e ligado à matéria orgânica e modificado, estão acima do VMP, segundo a Resolução CONAMA 430/11 [17]. Destas frações, a residual não é preocupante, pois a remoção dos metais só é possível com a utilização dos ácidos fluorídrico e perclórico em ebulição [12], condições estas, indisponíveis no meio ambiente. Maiores preocupações são justificadas em relação à fração ligada à matéria orgânica, pois a sua degradação resultará na liberação de chumbo das amostras modificadas para o meio ambiente.

TABELA 3 - Concentrações médias de metais em mg L⁻¹ encontrados para as frações trocáveis (T) e ligados a: carbonatos (C), oxi-hidróxidos de Fe e Mn (Fe/Mn), matéria orgânica (MO) e fração residual (R) nas amostras do alginato da marca Jeltrate Plus, nas formas original e modificado, e o VMP de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.

	mg L ⁻¹					
	T	C	Fe/Mn	MO	R	VMP
Cr-O	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	Cr ⁶⁺
-M	0,02	0,01	0,03	0,07	0,20	0,1
Cu-O	0,03	0,04	0,01	0,01	0,09	1,0
-M	0,05	0,03	0,01	0,02	0,17	
Ni-O	0,02	0,04	0,02	0,03	0,13	2,0
-M	0,03	0,04	0,02	0,02	0,37	
Ag-O	0,03	0,03	0,00	0,02	0,01	0,1
-M	0,04	0,02	0,00	0,03	0,06	
Fe-O	0,44	1,77	1,08	1,83	43,04	15
-M	0,28	0,27	1,11	2,58	71,54	
Mn-O	0,39	0,01	0,30	0,04	0,56	1,0
-M	0,16	0,01	0,30	0,03	0,89	
Zn-O	0,01	0,01	0,06	0,03	0,11	5,0
-M	0,00	0,01	0,10	0,03	0,34	
Pb-O	0,03	0,25	0,17	0,14	0,01	0,5
-M	0,04	0,08	0,44	0,17	0,11	
Cd-O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ba-O	0,60	0,55	0,00	0,00	2,33	5,0
-M	0,50	0,63	0,00	0,13	6,06	

Analisando os dados presentes na Tabela 3, observa-se que para o alginato Jeltrate Plus, apenas no lixiviado da fração residual de cromo (modificado), ferro (original e modificado) e bário (modificado), estão acima do VMP, segundo a Resolução CONAMA 430/11 [17]. Como já citado, o lixiviado de tal fração não é preocupante.

TABELA 4 - Concentrações médias de metais em mg L⁻¹ encontrados para as frações trocáveis (T) e ligados a: carbonatos (C), oxí-hidróxidos de Fe e Mn (Fe/Mn), matéria orgânica (MO), e fração residual (R) nas amostras do alginato da marca Hydrogun 5, nas formas original e modificado e o VMP de acordo com a Resolução CONAMA 430/11.

	mg L ⁻¹					VMP
	T	C	Fe/Mn	MO	R	
Cr-O	0,04	0,01	0,04	0,04	0,03	Cr ⁶⁺
-M	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,1
Cu-O	0,04	0,04	0,23	0,11	0,11	1,0
-M	0,03	0,03	0,01	0,03	0,14	
Ni-O	0,03	0,02	0,02	0,02	0,15	2,0
-M	0,02	0,02	0,02	0,01	0,15	
Ag-O	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01	0,1
-M	0,04	0,02	0,01	0,03	0,03	
Fe-O	0,34	0,29	1,77	1,21	16,45	15
-M	0,24	0,33	2,15	0,77	53,92	
Mn-O	0,06	0,03	0,35	0,02	0,69	1,0
-M	0,44	0,03	0,28	0,01	0,80	
Zn-O	0,33	0,86	2,42	0,27	0,13	5,0
-M	0,15	1,58	1,96	0,12	0,17	
Pb-O	0,07	1,19	1,11	0,12	0,01	0,5
-M	0,04	0,44	0,94	0,11	0,02	
Cd-O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,2
-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ba-O	0,76	1,15	0,00	0,00	1,94	5,0
-M	1,64	0,59	0,00	0,00	9,44	

Analisando os dados presentes na Tabela 4, observa-se que para os lixiviados obtidos a partir do alginato Hydrogun 5, as concentrações de ferro na fração residual (original e modificado), chumbo (original) ligados a carbonatos, original e modificado ligado a óxidos de ferro e manganês e bário (modificado) na fração residual estão acima do VMP, segundo a Resolução CONAMA 430/11 [17]. Destes metais, o efeito mais nocivo ao meio ambiente, caso a disposição seja inadequada, ocorre com o chumbo, pois as frações que estão acima do VMP são aquelas em que este metal pode ser liberado para o meio ambiente caso o meio seja redutor e ligados a carbonato, cuja liberação ocorre em pH menor que 5,0 que é o pH próximo ao da chuva (pH 5,6) na ausência de contaminação atmosférica [18].

4 Conclusões

Através da fluorescência de raios X, determinou-se que nas amostras dos alginatos estudadas, os elementos mais representativos são: Si, Ca, K, S, Al, Mg, Fe e P. A soma destes elementos atinge valores acima de 97%. As maiores concentrações de titânio foram encontradas em amostras de Jeltrate Plus e Hydrogun 5. Outros elementos, como V, Sr, Zn, Zr, Mn, Cu, Pt estão em concentrações muito baixas e, em algumas amostras, ausentes. Dos elementos mais tóxicos, os únicos detectados por fluorescência de raios X no Avagel foram Zn e Cu, já no Hydrogun 5 foi detectado apenas a presença de Zn. Por difração de raios X obteve-se informações a respeito dos elementos associados, sendo que a forma predominante foi a de SiO₂ cristobalita, em todas as amostras, mas encontrou-se também SiO₂, CaSO₄. 2H₂O e SiO₂. No Avagel e no Hydrogun 5 encontrou-se ainda Na₄P₂O₇, no Hydrogun 5 CaSO₄, SiO₂ quartzo, K₂SO₄ e, no Jeltrate Plus, CaCO₃ e AlPO₄. Dos metais considerados tóxicos, nenhum foi detectado por difração de raios X. A avaliação da mobilização (lixiviação) dos metais (Cr, Cu, Ni, Ag, Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Ba) realizada através da utilização do método de Tessier e sua comparação com a CONAMA 430/11 mostram os riscos potenciais, diretos ou indiretos da disposição inadequada dos alginatos Avagel e Hydrogun 5, pois o chumbo foi encontrado em concentrações acima do VMP da Resolução CONAMA 430/11 [17], em frações como aquelas em que este metal está ligado a carbonato, matéria orgânica e óxidos de ferro e manganês.

ASSESSMENT OF PRESENCE AND LEACHING TOXIC METALS IN SAMPLES OF THREE TRADEMARKS OF ALGINATES

ABSTRACT: A material widely used in dental offices for making dental impressions is alginate. The objective of this work was to study three different brands of alginate by fluorescence and X-ray diffraction and extractions using the method of Tessier, followed by the determination of the concentrations of metals in the extracts by atomic absorption spectrometry. Through X-ray fluorescence, was observed that the most representative in the samples are Si, Ca, K, S, Al, Mg, Fe and P, and the sum of these elements reaches values above 97%. By X-ray diffraction, it was observed that the peak was indicative of a higher concentration of SiO₂ (cristobalite) and the compounds found in all specimens were CaSO₄.2H₂O, SiO₂ (cristobalite) and SiO₂. The assessment of mobilization (leaching) of metals performed by the method of Tessier and its comparison with the CONAMA 430/11 has shown potential risks of improper disposal of such material in the environment due to concentrations (above PMV) of lead in the fractions of the metal on the carbonates and organic matter.

Keywords: Alginate, Irreversible hydrocolloid, Tessier

Referências

- [1] MOE, S. T.; DRAGET, K. I.; SKJAK-BRAEK, G.; SMIDSROD, O.; Food polysaccharides and their applications; Marcel Dekker; New York, 1995. 665p.
- [2] MULLER, J. M.; SANTOS, R. L.; BRIGIDO, R. V.; Polímeros, Vol. 21, nº 4, p. 305-310, 2011.
- [3] DRAGET, K.; TAYLOR, C.; Food Hydrocoll, Vol. 23, p.251-256, 2009.
- [4] TISNADO, R. R.; CARMONA, G. H.; GUTIÉRREZ, F. L.; CARTER, E. J. V.; MOROYOQUI, P. C.; Ciências marinas. Universidad Autónoma de Baja Califórnia. México, Vol. 30, nº01B, p. 189-199, 2004.
- [5] ANUSAVICE K. J.; Phillips Materiais Dentários; Guanabara Koogan; Rio de Janeiro, 1998. 412p.
- [6] NUNES, R.S.; SINHORETI, M.A.C.; CONSANI, S.; SOBRINHO, L.C.; GOES, M.F.; Pós-Grad. Rev. Fac. Odont. São José dos Campos, Vol 2, p.16-20, 1999.
- [7] BUCHAN S.; PEGGIE, R.W.; J Dent Res, Vol. 45, nº 4, p. 1120-1129, 1998.
- [8] NOORT, R., V.; Introdução aos materiais dentários; Artmed; Porto Alegre, 2004. 304p.
- [9] SAMUEL, S.W.; MIRANDA, L.A.; DUTRA, C.A.V.; Revista Faculdade de Odontologia Porto Alegre, Vol. 36, nº 2, p. 14-16, 1995.
- [10] BRAGA, A.S.; CATIRSE, A.B.C.E.B.; VAZ, L.G.; POLIZERO, A. C. M.; SPADARO, A.C.C.; Rev. de Ciênc. Farm. Básica Apl., Vol. 26, nº 3, p.181-188, 2005.
- [11] IBSGE. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicao_devida/pnsb/pnsb.pdf >. Acesso em: 22 jan. 2007.
- [12] TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G. C.; BISSON, M.; Analytical Chemistry. Vol.51, p.844-851, 1979.
- [13] KOUMROUYAN, A.; SANTANA, G. P.; Acta Amazonas, Vol. 38, p. 491-502, 2008.
- [14] LIMA, M. C.; GIACOMELLI, M. B. O.; STUP, V.; ROBERGE, F. D.; Química Nova, Vol. 24, Nº 6, 734-742, 2001.
- [15] BOSSO, S.T.; ENZWEILER, J.; Química Nova, Vol. 31, Nº 2, p.394-400, 2008.
- [16] SOUZA, G. P.; FILGUEIRA, M.; ROSENTHAL, R.; Holanda, J. N. F.; Cerâmica, nº 49, p. 40-43, 2003.
- [17] Resoluções CONAMA, 430/2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 15 de ago. 2012.
- [18] BAIRD, C.; Química Ambiental; Bookmn; Porto Alegre, 2002. 662p.