

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

AUGUSTO BERGAMO ARLANCH

ANÁLISE DE METAIS EM MATERIAIS ESCOLARES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CAMPO MOURÃO
2019**

AUGUSTO BERGAMO ARLANCH

ANÁLISE DE METAIS EM MATERIAIS ESCOLARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Consolin Filho

Co-orientadora: Profa. Dra. Marcilene Ferrari Barriquello Consolin

CAMPO MOURÃO

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE METAIS EM MATERIAIS ESCOLARES

por

Augusto Bergamo Arlanch

Este trabalho foi apresentado em 17 de dezembro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof^a. Dr^a. Estela dos Reis Crespan

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Leticia Ledo Marciniuk

(UTFPR)

Prof^a. Dr. Nelson Consolin Filho

(UTFPR)

Orientador

Prof^a. Dr^a. Marcilene Ferrari Barriquello Consolin

(UTFPR)

Co-orientadora

À minha família, razão de minha
existência, aos meus amigos, aos meus
docentes.

À Deus.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e todas as oportunidades que apareceram ao longo da Graduação sempre em momentos oportunos. Aos meus amigos que me auxiliaram no desenvolvimento do trabalho e emocionalmente para finalizar este trabalho, aos meus pais que proporcionaram a oportunidade de estar cursando o curso de licenciatura em química.

Especialmente ao meu querido amigo David que me auxiliou de muitas formas no desenvolvimento desse projeto, como também, meu professor orientador Nelson.

RESUMO

Os materiais escolares são destinados a todas as idades devido a sua importância nas atividades lúdicas, mas o que é mais preocupante é quando crianças os utilizam incorretamente, levando o contato com a boca e acabam ingerindo partes. Os metais fazem parte da constituição dos materiais podendo acarretar problemas para a saúde humana, dependendo da quantidade que é exposta diariamente devido ao processo de bioacumulação, que é capacidade do corpo em absorver e reter substâncias nocivas para seres vivos, causando danos aos longos dos anos conforme aumenta a sua concentração, onde os seus principais efeitos negativos afetam o sistema nervoso. No projeto foi estudada a presença de 4 metais: alumínio, cádmio, chumbo e cromo, utilizando a técnica de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA). Os resultados obtidos foram comparados com os valores permitidos pela resolução vigente e, em caso de apresentarem valores superiores de concentração que ultrapassem o permitido pelo INMETRO, é necessária a reavaliação destes produtos, pois novas medidas devem ser feitas caso ocorra a possibilidade de malefício à saúde humana. Os metais analisados, apenas o Alumínio apresentou em todos os materiais alta quantidade variando de 129,72 mg/kg à 26.390,00 mg/kg, entre os outros elementos o chumbo não foi detectado, o cádmio cerca de 60% dos materiais não foi detectado a presença e outros 40% variam entre os valores de 0.02 mg/kg à 3,61 mg/kg, e o cromo foi encontrando em todos os matérias com os valores entre 1,25mg/kg à 8,57mg/kg.

Palavras-Chaves: Metais; EAA; INMETRO; Bioacumulação.

ABSTRACT

School supplies are intended for all ages because of their importance in play activities, but what is most worrisome is when children misuse it, bring in contact with their mouth and eventually ingest parts. Metals are part of the constitution of materials and can cause problems for human health, depending on the amount that is exposed daily due to the bioaccumulation process, which is the body's ability to absorb and retain harmful substances to living beings, causing damage over the years. As your concentration increases, where its main negative effects affect the nervous system. In the project was studied the presence of 4 metals: aluminum, cadmium, lead and chromium, using the Atomic Absorption Spectrometry (EAA) technique. The results obtained were compared with the values allowed by the current resolution and, in case of higher concentration values that exceed those allowed by INMETRO, the reevaluation of these products is necessary, since further measures should be taken if there is a possibility of harm to health. Human the metals analyzed, only Aluminum presented in all materials a high amount ranging from 129.72 mg / kg to 26.390,00 mg / kg, among the other elements lead was not detected, cadmium about 60% of the materials was not detected. The presence and other 40% range from 0.02 mg / kg to 3.61 mg / kg, and chromium was found in all materials with values ranging from 1.25 mg / kg to 8.57 mg / kg.

Keywords: Metals; ASS; INMETRO; Bioaccumulation.

LISTA DE SIGLAS

HCl	Ácido clorídrico
HNO ₃	Ácido nítrico
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Al	Alumínio
PbSO ₄	Anglesita – Sulfato de chumbo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al ₂ O ₃	Bauxita – Óxido de alumínio
Cd	Cádmio
PbCO ₃	Cerussita – Carbonato de chumbo
Pb	Chumbo
Na ₃ AlF ₆	Criolita – hexafluoraluminato de sódio
FeCr ₂ O ₄	Cromita
Cr	Cromo
DL	Dose Letal
ASS	Espectrometria de Absorção Atômica (Atomic Absorption Spectroscopy)
GDSSA	Espectrometria de Absorção Atômica em Forno de Grafite
FAAS	Espectrometria de Absorção Atômica por Chama
Al(OH) ₃	Gibbsita – Hidróxido de alumínio
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
HCL	Lâmpada de Cátodo Oco (Hollow-Cathode Lamp)
EDL	Lâmpada de descargas sem eletrodo (Electrodeless Discharge Lamps)
CdO	Óxido de cádmio
CdS	Sulfeto de cádmio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representações do elemento alumínio.....	17
Figura 2 – Representações do elemento cádmio.....	18
Figura 3 – Representações do elemento chumbo.....	19
Figura 4 – Representações do elemento cromo.....	20
Figura 5 – Processo de excitação do elétron.	21
Figura 6 – Diagrama de um espectrometro de absorção atômica.....	22
Figura 7 – Esquema de um espectrômetro de absorção atômica por chama.	23
Figura 8 – Forno Mufla com controlador automático de tempo e temperatura.....	29
Figura 9 – Equipamento de espectrometria de Absorção Atômica durante medição das amostras.....	30
Figura 10 - Curva de calibração para o metal alumínio.....	33
Figura 11 – Curva de calibração para o metal cádmio.	35
Figura 12 – Curva de calibração para o chumbo.....	36
Figura 13 – Curva de calibração para o metal cromo.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concentração máxima permitida pela Portaria INMETRO N° 563, para elementos químicos potencialmente tóxicos em brinquedos.....	15
Tabela 2 – Padrão analítico de diluição da solução estoque para construção da curva de calibração para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica.....	27
Tabela 3 – Parâmetros de operação para análise por Espectroscopia de Absorção Atômica.	30
Tabela 4 – Concentração de alumínio nos materiais escolares mg do metal por kg de material.....	32
Tabela 5 – Concentração de cádmio nos materiais escolares mg do metal por kg de material.....	34
Tabela 6 – Concentração de cromo nos materiais escolares mg do metal por kg de material.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO TEÓRICA	14
2.1. Materiais escolares	14
2.2. Metais Tóxicos	15
2.2.1. Alumínio.....	16
2.2.2. Cádmio.....	18
2.2.3. Chumbo.....	19
2.2.4. Cromo.....	19
2.3. Espectrometria de absorção atômica (AAS).....	21
3. OBJETIVOS	25
3.1. Objetivo Geral	25
3.2. Objetivos Específicos	25
4. METODOLOGIA	26
4.1. Solventes e Reagentes	26
4.2. Limpeza de vidrarias	26
4.3 Coleta de amostras e preparo das soluções para análise.....	27
4.4 Digestão das amostras.....	28
4.5 Espectrometria de absorção atômica	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Concentração de alumínio.....	32
5.2. Concentração cádmio.....	33
5.3. Concentração chumbo	36
5.4. Concentração cromo	38
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Produtos escolares como massa de modelar, lápis de cor e grafite estão presente nas atividades da maioria dos alunos na fase escolar inicial, bem como em crianças que ainda não atingiram idade para frequentar o ambiente escolar. Neste período, é comum que crianças levem a maioria dos objetos à boca, levantando uma preocupação acerca da necessidade com o cuidado com estes produtos, pois sua composição pode conter elementos químicos potencialmente tóxicos e causar problemas para a saúde, caso sejam levados a boca ou mesmo ingeridos, dando início a contaminação. De forma que já ocorreram casos tanto no Brasil quanto o mundo a fora com materiais diferentes destes citados (DA-COL, 2013).

Alguns metais são conhecidos pelo homem ha aproximadamente 2000 anos a.C. e estão presentes na natureza, pois a ciência não consegue sintetizar e nem destruir esse tipo de elemento. Desse modo, eles são matérias primas para a atividade industrial na produção de manufaturados, assim sendo estes metais estarão mais presentes nos produtos, diminuindo sua quantidade na forma mineral. A vida é afetada pela presença deles, porém isso é determinado pela dose letal (DL), pois em certas quantidades eles são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, e em altas concentrações, pode destruir esses sistemas biológicos (FRANCO, 2018).

Portanto devemos ter cuidado com alguns metais, podendo ser um veneno silencioso para o nosso corpo, estão presentes em pequenas quantidades em praticamente todos os alimentos, porém não em doses que causariam problemas ao corpo. De tal forma esses elementos estão presentes no dia-a-dia, por isso todo cuidado é pouco, pois o corpo humano não consegue eliminá-lo, ocorrendo assim um processo chamado de bioacumulação, em que certas concentrações podem causar doenças (NAKANO, 2018).

Os malefícios podem ser de ingestão aguda ou exposição crônica, como o cádmio, chumbo e cromo, por exemplo, que apresentam sintomas diferentes para cada metal. O cádmio pode apresentar disfunção renal, doenças ósseas e na reprodução, como também um fator para o desenvolvimento de câncer, pois pode atuar como agente da ação. Já o chumbo, por sua vez, pode induzir a redução do desenvolvimento cognitivo e do desempenho intelectual das crianças e aumentar a

pressão sanguínea causando doenças cardiovasculares quando adultos (VALENTE, 2018).

Partindo desse problema, e da possibilidade de encontrar traços de elementos potencialmente tóxicos em amostras de materiais escolares utilizados por crianças, foram feitos estudos sobre os materiais escolares, de forma a descobrir se os mesmos possuíam alguns metais que poderiam causar problemas à saúde humana, e determinar quais quantidades estavam presentes, comparando com dados disponibilizados pela legislação como norma sobre os valores máximos permitidos destes metais nos materiais escolares.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Materiais escolares

Os materiais escolares utilizados por crianças na fase inicial escolar podem ser entendidos como ferramentas usadas para facilitar o desenvolvimento da criança, principalmente da coordenação motora. Quando utilizados por profissionais da educação mais criativos, podem exercer um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem, facilitando o direcionamento dos alunos no processo de assimilação e desenvolvimento de ideias. Esses materiais, no entanto, não se limitam ao ambiente escolar e, acabam fazendo parte do cotidiano de crianças até mesmo antes da idade mínima para o período letivo, ou seja, aquelas menores de cinco anos de idade.

Com base na ampla utilização desses materiais pelas crianças, alguns cuidados devem ser levados em consideração para que eles não causem problemas à saúde das crianças. Para possibilitar maior segurança para os consumidores, órgãos de normatização como INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade) e ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) tem o intuito de gerar informações para proteger o público consumidor. A ANVISA é uma agência que regula os limites permitidos de contaminantes em produtos sujeitos à vigilância sanitária, que tem competência de garantir a segurança dos produtos e, o INMETRO, é o órgão que gerencia o comércio na produção de bens manufaturados e de importados, onde devem apresentar requisitos de qualidade e segurança. (DIAS, 2013; INMETRO, 1973).

A última realização do teste sobre a toxicidade destes produtos foi em 1996, onde foram concluídas análises nos seguintes produtos: lápis de cor, lápis preto, giz de cera e massa de modelar (INMETRO, 1996). Os resultados se apresentaram satisfatórios, nos quais o grupo não demonstrou nenhuma irregularidade. Apesar disso, é importante dar atenção ao tempo em que tais ensaios foram realizados, pois testes antigos não garantem a qualidade dos produtos com o passar do tempo, uma vez que inúmeras variáveis podem mudar e, conseqüentemente alterar a composição química desses produtos. É com base nisso, que existe uma possibilidade de estudar a composição desses materiais, reanalisando os materiais escolares mais comuns.

Apesar dos órgãos reguladores indicarem os parâmetros que devem ser seguidos e, de o selo do INMETRO estampado na embalagem, validar a segurança dos produtos nas prateleiras das lojas, é comum encontrar problemas como a falsificação do selo. Esse problema pode ser agravado, uma vez que muitas famílias buscam o mercado informal por conta do preço inferior se comparado com produtos já estabelecidos de marcas confiáveis (GRANDA, 2016). Ainda de acordo com o INMETRO, alguns elementos são listados de acordo com suas especificidades, isto é, o maior valor permitido em cada tipo de material, conforme pode ser visto abaixo na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração máxima permitida pela Portaria INMETRO Nº 563, para elementos químicos potencialmente tóxicos em brinquedos.

Elementos	Valor máximo permitido, exceto para massa modelar e tinta para pintar com os dedos (mg kg ⁻¹)	Valor máximo permitido em massa de modelar e tinta para pintar os dedos (mg Kg ⁻¹)
Cádmio	75	50
Chumbo	90	90
Cromo	60	25

Fonte: Adaptado da Portaria INMETRO Nº 563, 2016.

2.2 Metais Tóxicos

Inicialmente, pode-se dizer de modo mais amplo, que os elementos potencialmente tóxicos podem ser denominados de metais pesados, que são elementos que apresentam densidade elevada, normalmente acima de 4 g/cm³, embora essa definição possa variar para mais ou para menos de acordo com a literatura consultada. A princípio, a condição comum desses elementos é a sua reatividade química e a sua capacidade de bioacumulação no organismo humano. O processo de bioacumulação acontece por conta de o organismo ser incapaz de eliminar estes compostos de forma eficiente, devido suas propriedades, como sua afinidade com o oxigênio e enxofre, formando óxidos metálicos e sulfatos ou ainda, substituindo elementos comuns por conta da similaridade. Se tomarmos como exemplo o enxofre, que faz parte da estrutura tridimensional das proteínas, em contato com uma interação com um metal pesado similar, leva a uma reestruturação e, em casos específicos, poderá resultar em uma redução de sua atividade parcial ou total (ROCHA, 2009).

O corpo humano necessita de alguns metais para o correto funcionamento do organismo, porém, em quantidade extremamente pequenas, necessitando de pouco para o funcionamento das reações, ao que leva a denominação de micronutrientes. Classificar os metais como elementos essenciais, micro contaminantes (chumbo e cádmio) e simultaneamente essencial e micro contaminantes (cromo). O chumbo e o cádmio não existem naturalmente em nenhum organismo e não possuem nenhuma função, sendo assim, são prejudiciais à saúde em quaisquer concentrações, devendo ser evitadas as ações que possam absorver estes compostos (ROCHA, 2009).

Os materiais como massa de modelar, lápis de cor e grafite são utilizados em materiais escolares, que pode conter metais, e são destinados para atividades de ensino de crianças na educação básica (a partir dos quatro ou cinco anos), porém estes materiais acabam sendo utilizados por aqueles que ainda não atingiram esta idade, eventualmente pode ocorrer contaminações destes elementos tóxicos, presente nestes objetos, levando futuramente há problemas crônicos (DA-COL, 2013).

Como dito anteriormente estes elementos possuem potencial bioacumulativo, que pode estar relacionado com o surgimento de doenças graves, como por exemplo, o câncer. Eles podem alterar ou danificar as atividades biológicas do corpo humano necessárias para a manutenção da vida. O primeiro a ser afetado são os sistemas enzimáticos que são mais suscetíveis aos metais pesados (MOREIRA, 2004). Desta forma, cuidados devem ser tomados, principalmente em relação a exposições por ingestão.

Quando em contato com o organismo humano, cada elemento pode agir de maneiras distintas, levando a sintomas e condições diferentes, que são melhores discutidas nos tópicos listados a seguir.

2.2.1 Alumínio

O alumínio (Al) é um elemento químico que está presente no corpo humano em quantidade reduzida, porém é abundante no meio ambiente por ser amplamente distribuído. De acordo com a definição, o Al não é considerado um metal pesado e, não pode ser encontrado em sua forma livre na natureza, apenas como minerais, entre eles: a bauxita (Al_2O_3), gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e criolita (Na_3AlF_6) (Figura 1), sendo

a bauxita o principal minério para extração devido à alta concentração do metal presente. Para retirar o metal é necessário o uso energia elétrica para realizar a separação. A importância deste metal para sociedade é grande, pois ele pode ser utilizado em diversas áreas, como eletrotécnica, transportes, construção civil, utensílios domésticos, tintas, medicina, tratamento de água entre outros (ROSALINO, 2011).

Figura 1 – Principais minerais contendo alumínio.



Da esquerda para direita: bauxita, gibbsita e criolita.

Fonte: Google Imagens, 2018.

O alumínio tem exposição direta aos seres humanos, pela respiração e ingestão, porém o corpo possui defesas que obstrui a absorção completa desse metal. Ele pode ser ingerido na água, alimentos, medicamentos e inalado por produtos cosméticos, vapor, poeira e flocos, que podem acarretar o aumento da concentração ossos e urina. Porém ainda não é possível concluir sua forma de absorção, pois faltam estudos que isolem a via pulmonar como rota de absorção devido a liberação do mucociliar. Contudo, a via pulmonar é mais eficiente que a gastrintestinal para eliminação (SILVA, 2012).

Não há estudos que compreendam por completo o mecanismo de ação do alumínio no corpo humano, em tese, o que se sabe é sobre seu efeito neurotóxico, onde o cérebro é o órgão alvo suscetível. A encefalopatia é uma das primeiras manifestada em pacientes com insuficiência renal crônica quando se coloca em alta exposição, que também podendo ocorrer também a anemia e osteomalácia. O aumento excessivo do alumínio promove a ostemalácia e a doença óssea adinâmica que afetam a atividade celular da mineralização óssea e a osteomalácia causa dores nos ossos, fraturas patológicas, miopatia proximal e dificultando o tratamento com vitamina D (SILVA, 2012).

É necessário salientar sobre os valores permitidos sobre o alumínio não são encontrados no INMETRO, embora em outros artigos estipulando uma quantidade máxima permitida que fosse segura para os seres humanos, como pode ser verificado nas citações de Dantas e Varella a seguir:

Valores máximos em 1989 a FAO/WHO apresentou um relatório, elaborado pelo Comitê de Especialistas em Aditivos de Alimentos, recomendando o estabelecimento de limite máximo provisório para a ingestão semanal de alumínio (PTWI – *Provisional Tolerable Weekly Intake*) para humanos, correspondente a 7 mg de alumínio por kg de massa corporal, limite esse mantido até o momento.(DANTAS, 2007 p. 2)

Em 2011, o relatório conjunto de um comitê de cientistas da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) afirmou que a ingestão semanal tolerável provisória (PTWI) do alumínio seria de 2 mg por kg de peso corpóreo por semana. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) utiliza os dados do relatório da FAO/OMS citado anteriormente como base para definir que a dose de 1 a 7 mg kg⁻¹ peso corpóreo por semana é a tolerável para o consumo de alumínio.(VARELLA, 2019 p.1)

2.2.2 Cádmio

O elemento químico cádmio (Cd) pode ser encontrado na natureza geralmente em atividades vulcânicas e incêndios florestais, estando associado a sulfetos de minérios de cobre, chumbo e zinco, onde os principais elementos encontrados são o sulfeto de cádmio (CdS) e óxido de cádmio (CdO). O metal é utilizado como pigmento de plásticos e pilhas recarregáveis de níquel-cádmio. A Figura 2 mostra a representação dos elementos contendo cádmio (MESQUITA, 2014).

Figura 2 – Representações do elemento cádmio.



Da esquerda para direita: sulfeto de cádmio, óxido de cádmio e cádmio.

Fonte: Google Imagens, 2018.

Não apresenta função biológica essencial, sendo altamente tóxico para plantas e animais. O efeito tóxico de uma longa exposição ao cádmio inclui danos no sistema gastrointestinal, respiratório, e também nos rins. Os danos renais mais comuns para a intoxicação por cádmio incluem proteinúria (excreção de proteínas de baixo peso molecular) e um decréscimo na taxa de filtração glomerular (diminuição na reabsorção de enzimas, aminoácidos, glicose, cálcio, cobre e fosfato inorgânico). Mesmo quando a exposição ao cádmio é interrompida, a proteinúria não diminui e a filtração glomerular reduzida piora (MESQUITA, 2014, p. 8,9).

2.2.3 Chumbo

O elemento químico chumbo (Pb) apresenta uma coloração cinza azulado e constitui muitos minerais presentes na crosta terrestre. O sulfeto de chumbo, conhecido como galena, é a principal fonte mineral de extração, seguido da anglesita (PbSO_4) e cerusita (PbCO_3) (MESQUITA, 2014). O chumbo tem suas principais utilidades na fabricação de soldas e munições, aditivo em combustíveis, antibacteriano, ligas metálicas, baterias entre outros. O uso descontrolado deste material pode levar à contaminação do meio ambiente, podendo atingir os seres vivos pela ingestão de alimentos (PRADA, 2010). A Figura 3 mostra a representação dos elementos contendo chumbo.

Figura 3 – Principais Minerais contendo chumbo.



Da esquerda para direita: chumbo, anglesita, cerusita e galena.

Fonte: Adaptado de Santana, 2016.

As principais vias de exposição da população geral ao chumbo são oral e inalatória, sendo que a principal fonte no organismo é a alimentação. O chumbo é um elemento tóxico não essencial que se acumula no organismo e a sua toxicidade gera desde efeitos claros, ou clínicos, até efeitos sutis, ou bioquímicos. Os efeitos críticos incluem distúrbios no sistema nervoso, anemia, doença cardiovascular, além de distúrbios no metabolismo ósseo, na função renal e na reprodução (MESQUITA, 2014, p. 9,10).

2.2.4 Cromo

O elemento químico cromo (Cr) tem coloração acinzentada e é um dos metais mais abundantes da crosta terrestre e em águas superficiais pode ser encontrado dissolvido. O metal não é encontrado em sua forma livre na natureza, mas como Cromita (FeCr_2O_4) extraído por processos térmicos ou eletrolíticos. Ele é normalmente utilizado na fabricação de ligas metálicas, tintas, preservantes e estruturas da construção civil, pois são muito resistentes a oxidação, desgaste e o atrito. A Figura 4 mostra a representação dos elementos contendo cromo (MESQUITA, 2014).

Figura 4 – Representações do elemento cromo.



Da esquerda para direita: cromo e cromita.

Fonte: Google imagens, 2018.

A exposição ao cromo ocorre por inalação de ar contaminado com partículas de poeira, principalmente em atividades de mineração, soldagem, galvanização e fabricação de cimento. O cromo, especialmente na forma hexavalente, é um importante agente causador de dermatites de contato em trabalhadores, além de ser classificado como carcinógeno. Por ser corrosivo, pode causar ulcerações crônicas na pele e perfurações no septo nasal. A ingestão acidental de altas doses de compostos de cromo hexavalente pode causar falência renal aguda caracterizada por perda de proteínas e sangue na urina. A forma trivalente do metal é um nutriente essencial para o ser humano, atuando na manutenção do metabolismo da glicose, lipídeos e proteínas, e a deficiência do cátion acarreta prejuízo na

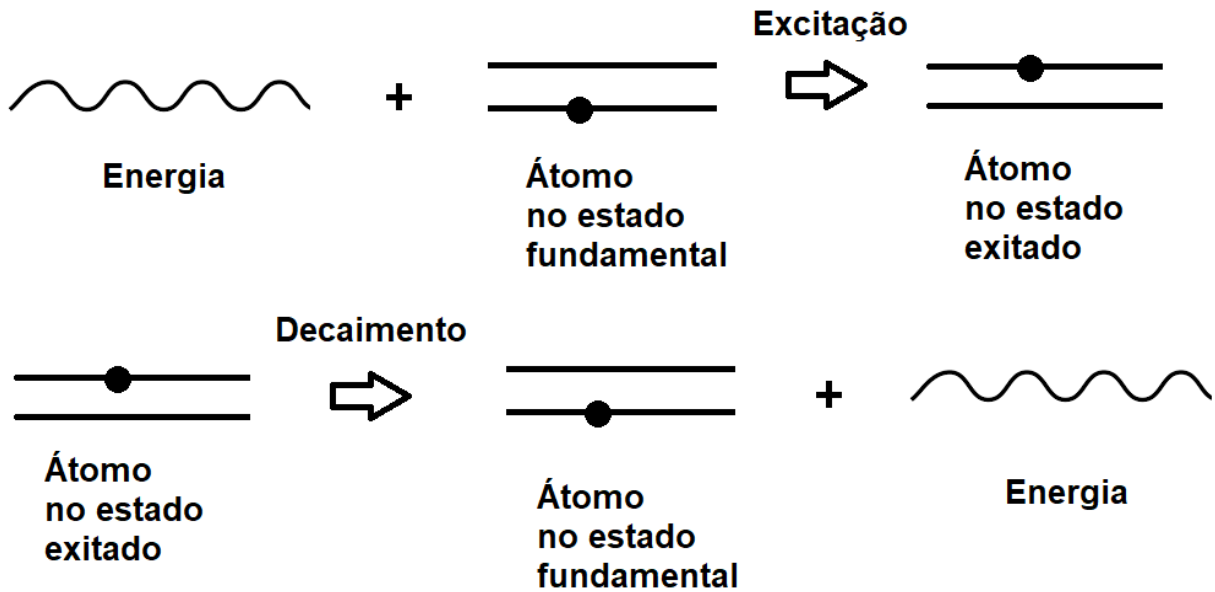
ação da insulina, no entanto, doses muito altas podem ser prejudiciais (MESQUITA, 2014, p. 10,11).

2.3 Espectrometria de absorção atômica (AAS)

O fundamento para o método de AAS envolve a captação da radiação eletromagnética, advinda de uma fonte de radiação primária por átomos gasosos no estado fundamental, esse aparelho é utilizado para determinação quantitativa de elementos metálicos em uma variedade de amostras, em soluções líquidas gasosas e sólidas (KRUG, 2004).

Cada átomo possui suas particularidades e uma delas é no seu espectro de absorção que forma uma série de raias estreitas características, que estão envolvidas com as transições eletrônicas que ocorrem com os elétrons de valência. Cada átomo tem um conjunto de elétrons específicos que estão organizados em uma estrutura orbital. Quanto o átomo encontra-se em estado fundamental, ele possui um estado de energia mais baixo, sendo a mais estável, mas quando o mesmo átomo absorve energia o elétron da camada mais externa salta para um orbital de energia maior, mas esse estado é instável denominado de estado excitado. Essa instabilidade causa a regressão do átomo voltando ao estado inicial de forma espontânea, quando isso ocorrer é emitida uma radiação com a energia equivalente absorvida no processo de promoção do elétron, como pode ser representado pela figura 5 (MESQUITA, 2014).

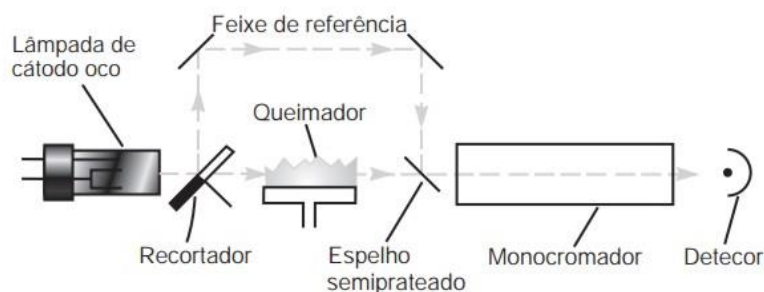
Figura 5 – Processo de excitação do elétron.



Fonte: Adaptado de MESQUITA, 2014.

O comprimento de onda que é emitido de cada estrutura eletrônica de um átomo é único, sendo que cada elemento possui sua identidade, e que cada salto resulta na emissão de luz ou radiação com comprimento de onda característico. A capacidade do átomo em absorver energia é o fator utilizado na técnica de AAS, porém para ser determinado é levado a uma condição de dispersão atômica gasosa, denominado atomização, que passa por uma fonte apropriada de energia resultando na radiação do átomo que é absorvida e determinada quantitativamente os elementos químicos presente em variedades de amostras, a Figura 6 mostra o esquema de funcionamento do aparelho de espectrometria de Absorção Atômica (MESQUITA, 2014).

Figura 6 – Diagrama de um espectrometro de absorção atômica.



SKOOG, D. WEST, D. M. HOLLER, F. J. CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. 8 ed. São Paulo: Cengage Learning. 2010.

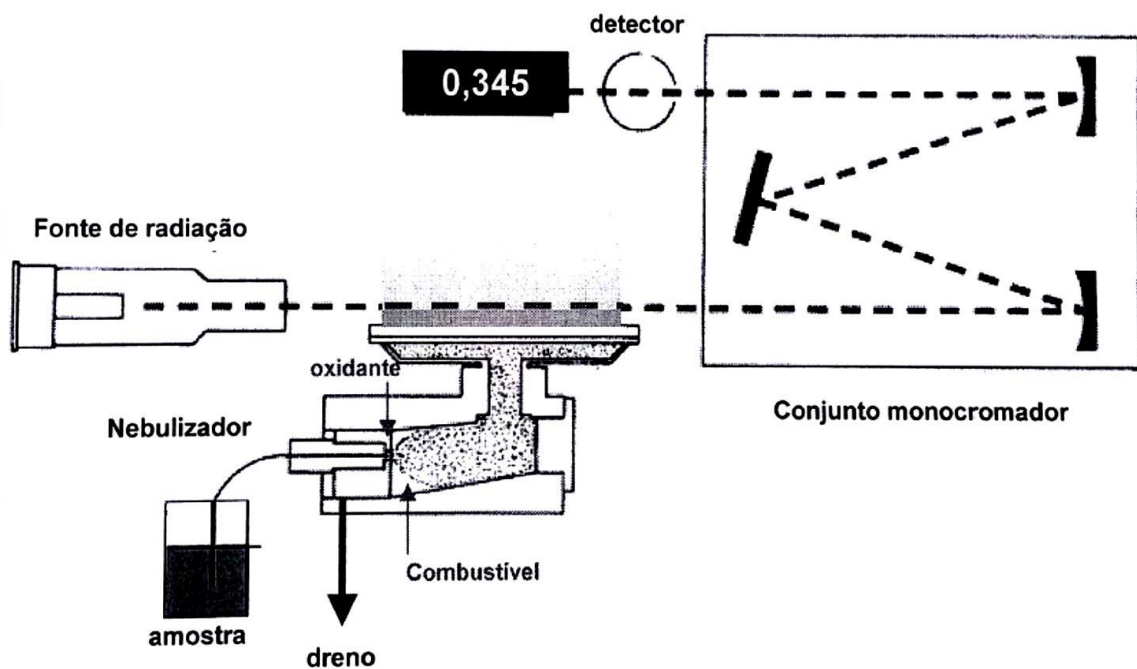
Fonte: Google imagens, 2019.

Os componentes básicos de um espectrômetro de absorção atômica incluem: fonte de radiação, que emite o espectro do elemento de interesse; célula de atomização, na qual os átomos da amostra são produzidos;

monocromador, para a dispersão da luz e seleção do comprimento de onda a ser utilizado; detector, que mede a intensidade de luz, transforma este sinal luminoso em um sinal elétrico e o amplifica; e um display (ou registrador) que registra e mostra a leitura depois do sinal ser processado (MESQUITA, 2014, p. 22).

As fontes de radiação que podem ser utilizadas: lâmpada de cátodo oco (HCL), fontes de espectros contínuos e lâmpadas de descargas sem eletrodo (EDL), são os que promovem a excitação dos elementos capazes de emitir radiação e há dois tipos de atomizadores que envolvem a quantidade a ser analisada, o primeiro é o Espectrômetro de Absorção Atômica por Chama (FAAS), mostrado a seguir na Figura 7, que faz análises em mgL^{-1} e o segundo, de Espectrômetro de absorção Atômica em Forno de Grafite (GFAAS), que determina concentrações de μgL^{-1} . (MESQUITA, 2014)

Figura 7 – Esquema de um espectrômetro de absorção atômica por chama.



Fonte: MESQUITA, 2014.

Em um espectrômetro de absorção atômica por chama a solução da amostra é aspirada e nebulizada na forma de aerossol em uma câmara de nebulização. Esse aerossol é formado por pequenas gotículas dispersas em

gás que entram na câmara de nebulização e chegam ao queimador arrastado pelos gases combustível e oxidante. Sob a elevada temperatura do ambiente da chama as partículas são volatilizadas e, em seguida, atomizadas (conversão da espécie volatilizada em átomos livres). Assim, a finalidade da chama é transformar íons e moléculas em átomos no estado fundamental. O tipo de chama mais utilizado em FAAS é a mistura ar-acetileno, numa proporção relativamente alta de oxidante em relação ao combustível (chama azul), porém também se utiliza chama de óxido nitroso-acetileno. (MESQUITA, 2014, p. 23).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho objetivou analisar os teores de alguns metais pesados em amostras de materiais escolares destinados a crianças. Os metais escolhidos foram: alumínio, cádmio, chumbo e cromo.

3.2 Objetivos Específicos

- Obtenção dos materiais escolares nas livrarias e papelarias do comércio da cidade de Campo Mourão – PR.;
- Análise por espectrofotometria de absorção atômica;
- Comparação com dos dado com a literatura.

4 METODOLOGIA

No laboratório, é necessário o tratamento adequado na preparação dos materiais e suas etapas subsequentes. Em operações analíticas, a precisão e a exatidão, são necessárias para o método de análise, pois dentro de todas as preparações do analito pode ocorrer o risco de falhar, sendo a etapa mais crítica, onde podem ocorrer os maiores erros, dificultando o processo e consumindo tempo para adquirir um resultado satisfatório. O ideal para o procedimento é utilizar técnicas simples, rápidas e utilizar a menor quantidade de materiais para um maior número de amostras, que produzam resultados precisos e exatos. (MESQUITA, 2014)

4.1 Solventes e Reagentes

No desenvolvimento do deste experimento foram utilizados os seguintes produtos:

- Água deionizada
- Ácido nítrico (HNO_3)
- Ácido Clorídrico (HCl)
- Solução padrão certificada de 1000 mg L^{-1} de chumbo
- Solução padrão certificada de 1000 mg L^{-1} de alumínio
- Solução padrão certificada de 1000 mg L^{-1} de cádmio
- Solução padrão certificada de 1000 mg L^{-1} de cromo

4.2 Limpeza de vidrarias

Para preparar as soluções padrão é necessária a limpeza correta das vidrarias e cadinhos para as etapas de diluição e de digestão. O reagente utilizado foi a solução de limpeza, mistura entre água deionizada e ácido nítrico empregado para retirar qualquer contaminante dos recipientes antes da manipulação no experimento, se ocorrer algum erro, o processo deve ser repetido. Para limpeza é necessário lavar com o produto de limpeza 7 vezes e terminar lavando com água deionizada.

4.3 Coleta de amostras e preparo das soluções para análise

As soluções utilizadas nos experimentos foram preparadas nas diluições das soluções padrão certificadas com água deionizada. Essas diluições são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Padrão analítico de diluição da solução estoque para construção da curva de calibração para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica.

Elementos	Diluição para curva de calibração em mg L ⁻¹								
Chumbo	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Cromo	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Alumínio	0,0	n/a	n/a	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0
Cádmio	0,0	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	10,0

Fonte: Autoria própria, 2019.

A preparação das soluções para a elaboração da curva de calibração seguiu os seguintes procedimentos:

- As soluções estoques (soluções mãe) de concentração 100 mg L⁻¹ de alumínio, cádmio, chumbo e cromo, foram preparadas pela diluição das soluções padrão certificadas de 1000 mg L⁻¹. Para preparar a solução transferiu-se 5 mL da solução padrão em balão volumétrico de 50 mL e completou-se com água deionizada.
- Solução padrão 0,1 e 0,5 mg L⁻¹, preparadas para construção de curva de calibração alumínio, cádmio, chumbo e cromo a diluição do estoque de 100 mg L⁻¹, foram transferidos respectivamente 0,1 e 0,5 mg L⁻¹ de cada solução estoque 100 mg L⁻¹ para balões de 100 mL e completou com água deionizada.
- Solução padrão 1, 2, 3, 5, 7, 9 e 10 mg L⁻¹, preparadas para construção de curvas de calibração de alumínio, cádmio, chumbo e cromo a diluição do estoque de 100 mg L⁻¹, foram transferidos respectivamente 1, 2, 3, 5, 7, 9 e 10 de cada solução de estoque 100 mg L⁻¹ para balões de 100 mL e completou-se com água deionizada.

A coleta das amostras dos materiais escolares foi feita em lojas situadas no município de Campo Mourão, Paraná.

Os objetos não precisaram tratamento prévio, com exceção do lápis de cor no qual foi necessária a retirada da madeira externa, uma vez que o material desejado para o estudo era a cera contida internamente no mesmo

. Os materiais adquiridos foram:

- Lápis de cor 14 cores;
- Massinha de modelar a base de amido;
- Massinha de modelar a base de cera;
- Giz de cera triangular;
- Tempera guache;
- Tinta acrílica brilhante;
- Slime;
- Marca-texto Lumis;
- Marca-texto em gel;
- Grafite 0.7.

4.4 Digestão das amostras

Para a digestão das amostras seguiu-se a metodologia descrita por Cumont et al. (2000) com algumas modificações. Primeiramente, limpou-se cuidadosamente todos os frascos de vidro e de plástico a serem utilizados nas análises com HNO_3 ou HCl para evitar a contaminação com minerais residuais. Para a solução de limpeza foi preparada uma solução ácida contendo 500 mL de HNO_3 e 4500 mL de água deionizada, enxaguou-se com ácido, passou-se de 4 a 5 vezes o volume do cadinho em água deionizada e então esses cadinhos foram colocados em forno mufla da marca Jung (Figura 8) a 550°C por 24h.

Figura 8 – Forno Mufla com controlador automático de tempo e temperatura.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Após secagem dos cadinhos em forno mufla, foram pesados 5 g das amostras em balança analítica de 4 casas decimais e, com auxílio de um pistilo, as amostras foram previamente maceradas. Em seguida, os cadinhos foram colocados novamente no forno mufla a uma temperatura inicial de 50°C acrescentando-se uma taxa de aumento de temperatura de 50°C a cada hora, até que se atingisse a temperatura de incineração de 450°C por 8 horas até que as cinzas ficassem brancas.

4.5 Espectrofotometria de absorção atômica

As análises foram efetuadas no Espectrofotômetro de Absorção Atômica da marca Analytik Jena, Modelo NOVAA300 (Figura 9) com lâmpadas de cátodo oco. O interfaciamento foi gerado pelo software versão nº 4.7.8.0 da própria Analytik Jena.

Figura 9 – Equipamento de Espectrofotometria de Absorção Atômica durante medição das amostras.



Fonte: Autoria própria, 2019.

As condições operacionais do espectrofotômetro de absorção atômica foram pré-definidas no comprimento de onda característico para cada elemento químico com lâmpada específica, largura de fenda, intensidade da lâmpada e correção de ruído. Para as medidas, seguiu-se a combinação apresentada na Tabela 3 com as respectivas diluições necessárias para cada mineral.

Tabela 3 – Parâmetros de operação para análise por Espectroscopia de Absorção Atômica.

Minerais	Combustível/Oxidante	Linhas espectrais	Diluições solução digestão
Alumínio	C ₂ H ₂ /Ox. Nitroso	309,3 nm	1:5
Cádmio	C ₂ H ₂ /Ar sintético	228,0 nm	1:5
Chumbo	C ₂ H ₂ /Ar sintético	283,3 nm	1:5
Cromo	C ₂ H ₂ /Ar sintético	357,9 nm	1:5

Fonte: Autoria própria, 2019.

Os metais analisados nos materiais escolares foram: alumínio (Al), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr). Foram realizadas as curvas de calibração com concentrações pré-determinadas para cada metal, de modo que as medidas (mg L^{-1}) se encaixassem no escopo de cada curva de calibração, com faixa linear dinâmica de 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 e 3,0 mg L^{-1} .

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para visualizar mais facilmente os dados encontrados com o experimento, os resultados de teores de metais pesados presentes nas amostras analisadas foram discutidos separadamente, um elemento por vez. De acordo com cada caso, foi possível definir quais apresentaram concentrações que estão acima do valor permitido definido pela Portaria INMETRO Nº 563, e com isso, levantar suposições acerca da possibilidade de risco para os usuários desses materiais.

5.1 Concentração de alumínio

Os resultados obtidos pela análise de quantificação a partir do método de EAA são mostrados na Tabela 4, onde são descritos o nome do material, a cor utilizada e o teor do elemento químico encontrado.

Tabela 4 – Concentração de alumínio nos materiais escolares (mg do metal por kg de material).

Materiais	Cor	Alumínio (mg kg⁻¹)
Massa de modelar (base de cera)	Amarelo	129,72
Massa de modelar (base de cera)	Azul	132,87
Massa de modelar (base de amido)	Amarelo	131,95
Massa de modelar (base amido)	Azul	139,42
Giz de cera	Azul	3.499,25
Giz de cera	Amarelo	790,75
Lápis de cor	Azul	26.390,00
Lápis de cor	Amarelo	25.857,00
Tinta guache	Amarelo	414,00
Tinta guache	Azul	401,25
Grafite	-	1.285,50
Slime	Vermelho	216,00
Tinta acrílica	Amarelo	582,75
Tinta acrílica	Azul	508,5
Marca texto em gel	Amarelo	511,00
Marca texto comum	Amarelo	492,40
Cola bastão	Branco	290,75

Fonte: Autoria própria, 2019.

Na portaria Nº 563 do INMETRO, não havia disposição de dados acerca dos limites de alumínio, evidenciando uma lacuna no que diz respeito a quantidade que pode vir a ser prejudicial para a saúde humana. Porém, verificando a literatura, é possível encontrar valores que, embora possam variar quando comparados, acabam

estipulando uma quantidade máxima permitida que fosse segura para os seres humanos.

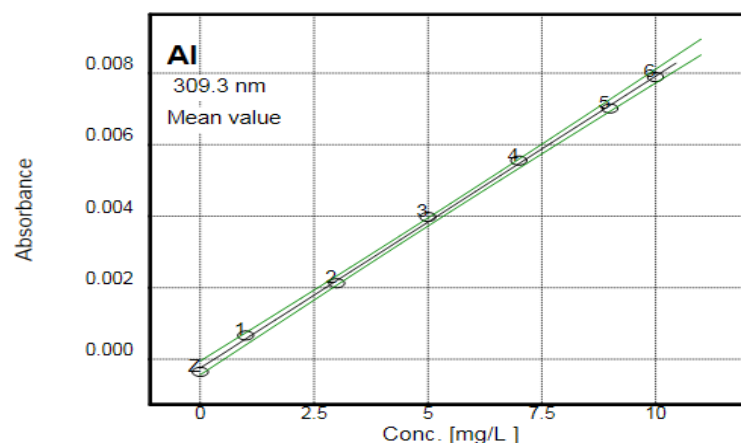
Sabendo que a absorção do alumínio possui resistência devido à constituição do corpo humano, certa quantidade provavelmente seja absorvida juntamente com água, alimentos e medicamentos. Essa exposição, apenas nutricional, já pode ser correspondente a 95% do consumo total diário e em conjunto a medicamentos podem ultrapassar essa quantidade (ROSALINO, 2011).

Com relação aos materiais analisados, pode-se perceber elevadas quantidades desse metal, como no lápis de cor azul 26.390,00 mg kg⁻¹ e amarelo 25.857,00 mg kg⁻¹, grafite 1.285,50 mg kg⁻¹ e giz de cera azul 3.499,25 mg kg⁻¹ podem ser muito prejudiciais à saúde caso sejam acidentalmente ingeridos.

Cabe ressaltar que os valores encontrados e discutidos acima foram obtidos somente após o processo de calibração do equipamento, onde foi feito uma curva de calibração, representada pela Figura 10.

Figura 10 - Curva de calibração para o metal alumínio.

Calibration function 1		27/05/2019 10:48 Calibration (Mean value)	
Abs=k1+k2*conc			
k1=-.000245	k2=0.000816	Recal. factor: ---	
Slope	0.00082 Abs/(mg/L)	R2-adjusted	0.9984
sc0	0.13864 mg/L	Charact. conc.	5.34034 (mg/L)/1%A
Lower limit	0 mg/L	Upper limit	11.0 mg/L
Detection limit	---	Deter. limit	---



Fonte: Autoria própria, 2019.

5.2 Concentração de cádmio

Os resultados obtidos pela análise de quantificação pelo método de EAA são mostrados na Tabela 5, descrita pelo nome do material, a cor utilizada e o valor obtido pelo processo correspondendo em miligramas por cada Kg de material.

Tabela 5 – Concentração de cádmio nos materiais escolares (mg do metal por kg de material).

Materiais	Cor	Cádmio (mg kg⁻¹)
Massa de modelar (base de cera)	Amarelo	0,00
Massa de modelar (base de cera)	Azul	0,00
Massa de modelar (base de amido)	Amarelo	3,27
Massa de modelar (base amido)	Azul	3,37
Giz de cera	Azul	0,00
Giz de cera	Amarelo	0,00
Lápis de cor	Azul	0,00
Lápis de cor	Amarelo	0,00
Tinta guache	Amarelo	1,68
Tinta guache	Azul	3,61
Grafite	-	0,00
Slime	Vermelho	0,00
Tinta acrílica	Amarelo	0,00
Tinta acrílica	Azul	0,00
Marca texto em gel	Amarelo	0,03
Marca texto comum	Amarelo	0,02
Cola bastão	Branco	0,12

Fonte: Autoria própria, 2019

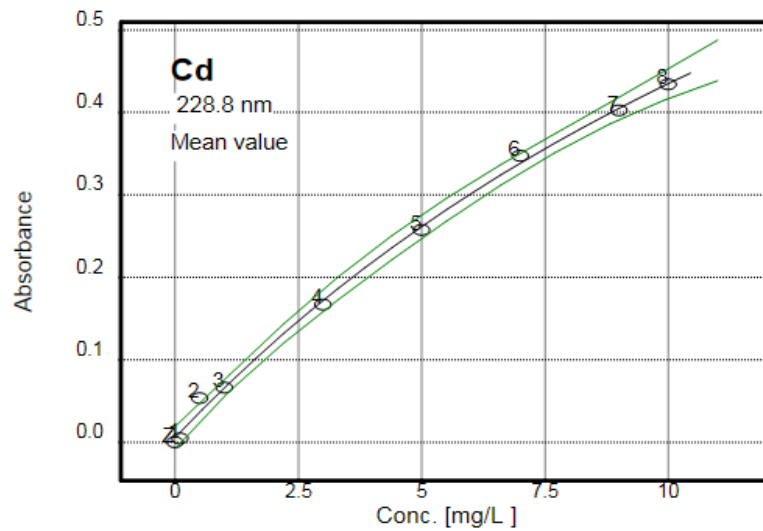
De modo geral, o valor permitido pela portaria INMETRO Nº 563 para o cádmio é de 75 mg kg⁻¹, mas também fala especificamente para a massa de modelar e tinta para pintar os dedos, no qual o valor estabelecido é de 50 mg kg⁻¹. Os valores presentes nas amostras analisadas situaram-se muito abaixo do permitido, uma média aproximadamente vinte e nove vezes menor se considerados somente os maiores valores encontrados, não ultrapassando o mínimo previsto, de modo que os materiais estão isentos de uma reavaliação.

Os valores de cádmio encontrados nos materiais testados correspondem ao segundo menor dentre todos os elementos analisados, situando-se logo em seguida do chumbo que não foi detectado e que será discutido no tópico a seguir. Sendo assim, pode ser correto dizer que os materiais estão quase livres da presença de cádmio como potencial elemento químico contaminante. Entre as 17 amostras, 10 apresentaram nenhuma fração de cádmio, uma quantidade que representa uma porcentagem de 58,82% dos materiais. Os maiores valores obtidos ficaram entre 1,68 a 3,61 mg kg⁻¹, que são representados em apenas 4 materiais, enquanto os outros 3 somados não descrevem um valor significativo em comparação ao estipulado e que, de certo modo, podem ser considerados como parte dos materiais que não apresentam valor, que se levados em consideração, condizem com um total de 76,47% dos que não apresentam risco de absorção pelos seres humanos.

Tal como anteriormente, a curva de calibração obtida para o elemento cromo na etapa de calibração do equipamento, está disposta na Figura 11, apresentando o coeficiente de correlação acima de 0,99.

Figura 11 – Curva de calibração para o metal cádmio.

Calibration function 1		27/05/2019 14:57 Calibration (Mean value)	
Abs=(k1+k2*conc)/(1+k3*conc)			
k1=0.005661	k2=0.063673	k3= 0.047612	Recal. factor: ---
Slope	0.06340 Abs/(mg/L)	R2-adjusted	0.9966
sc0	0.20427 mg/L	Charact. conc.	0.06877 (mg/L)/1%A
Lower limit	0 mg/L	Upper limit	11.0 mg/L
Detection limit	---	Deter. limit	---



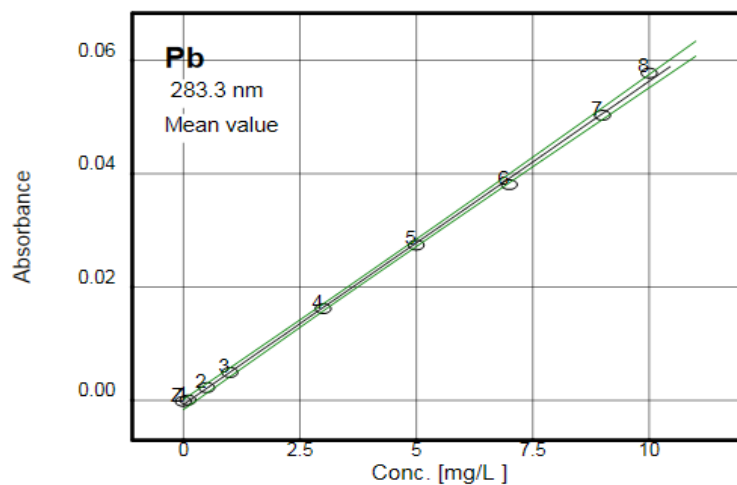
Fonte: Autoria própria, 2019.

5.3 Concentração de chumbo

Para o metal chumbo, o valor permitido pela portaria INMETRO N° 563 é de 90 mg kg⁻¹ para todos os materiais, sem variações específicas. No entanto, não foram detectados teores de chumbo nas análises realizadas, pois o próprio software do aparelho de espectrometria não foi capaz de indicar valores diferentes de zero. A princípio, se supõe que não sejam utilizados na matéria prima destes materiais escolares sais ou minerais que contenham chumbo, mas tal suposição deveria ser comprovada com um equipamento de Espectrometria de Absorção atômica com Forno de Grafite, que possui menores limites de detecção e é capaz de detectar valores inferiores aos detectados por Absorção Atômica com Chama. Ainda assim, a construção da curva de calibração para este metal percebeu-se que caso houvesse contaminações por chumbo próximas a 0,1 mg kg⁻¹, tais valores seriam encontrados. A Figura 12 mostra a curva de calibração do elemento chumbo, bem como seus parâmetros.

Figura 12 – Curva de calibração para o chumbo.

Calibration function 1		27/05/2019 14:28 Calibration (Mean value)	
Abs=k1+k2*conc			
k1=-.000747	k2=0.005711	Recal. factor:	---
Slope	0.00571 Abs/(mg/L)	R2-adjusted	0.9987
sc0	0.13261 mg/L	Charact. conc.	0.76348 (mg/L)/1%A
Lower limit	0 mg/L	Upper limit	11.0 mg/L
Detection limit	---	Deter. limit	---



Fonte: Autoria própria, 2019.

O chumbo tem uma história antiga com a humanidade, primeiros setores que começaram a extraí-lo era com a intenção de fabricação de armas e utensílios, mas estes trabalhos envolviam contato com o mineral, o que ocasionava um aprisionamento de partículas nos adultos expostos, que por sua vez ao chegar em casa acabava promovendo a contaminação nas crianças que residiam no mesmo ambiente. Porém, com o passar do tempo, o chumbo ganhou mais utilidade na sociedade, pois ele estava incluso em alimento, bebidas alcoólicas, cosméticos e brinquedos. Antes uso atual das ligas metálicas o chumbo era utilizado sozinho ou fundido com outros metais para produção de utensílios domésticos, como também reservatórios para fermentação e acomodação de bebidas alcoólicas que, felizmente, foram sendo substituídos com o passar do tempo por ligas metálicas inertes. (CAPITANI, PAOLIELLO, ALMEIDA, 2009)

Outras funções do chumbo é sua proteção contra corrosão atmosférica, devido a sua rápida oxidação superficial, sendo excelente na utilização de tintas e pigmentos para área de construção, cerâmica e porcelana. Alguns corantes de coloração amarela eram utilizados para enfeitar alimentos, causando consequência para saúde de quem os consumissem (CAPITANI, PAOLIELLO, ALMEIDA, 2009).

Denota-se que os materiais estudados são fiscalizados pelos órgãos de ação no Brasil, porém o cuidado deve ser tomado com produtos que são vendidos por preços inferiores e de origem desconhecida, que podem não conter as mesmas leis protecionistas ao consumidor, resultando em um problema pior devido à falta de preocupação com processos de segurança. O chumbo não é um elemento naturalmente presente no meio em que o ser humano está inserido, mas devido as suas utilidades no passado que causaram consequências, foram adotadas contramedidas para diminuir ou até mesmo erradicar este elemento.

Pode-se concluir, com os valores obtidos sobre os materiais que não há presença de chumbo, mas ainda existem estudo sobre este contaminante, envolvendo maquiagens, produtos cosméticos e produtos para cabelo, como foi mostrado pelos autores GUEKEZIAN et. al, 2018 e SOARES, 2012. Esses trabalhos, também atrelados ao estudo sobre metais potencialmente tóxicos utilizando a mesma técnica para identificar os metais em questão, discorrem sobre o tema histórico, com sua presença desde o início da sociedade e a importância dos metais.

5.4 Concentração de cromo

Os resultados obtidos pela análise de quantificação pelo método de EAA, são mostrados na Tabela 6 descrita pelo nome do material, a cor utilizada e o valor em mg kg^{-1} obtido pelo processo.

Tabela 6 – Concentração de cromo nos materiais escolares (mg do metal por kg de material).

Materiais	Cor	Cromo (mg kg^{-1})
Massa de modelar (base de cera)	Amarelo	2,00
Massa de modelar (base de cera)	Azul	1,25
Massa de modelar (base de amido)	Amarelo	1,46
Massa de modelar (base amido)	Azul	1,54
Giz de cera	Azul	1,30
Giz de cera	Amarelo	1,50
Lápis de cor	Azul	7,73
Lápis de cor	Amarelo	7,74
Tinta guache	Amarelo	2,10
Tinta guache	Azul	2,35
Grafite	-	8,57
Slime	Vermelho	2,14
Tinta acrílica	Amarelo	2,26
Tinta acrílica	Azul	2,53
Marca texto em gel	Amarelo	4,91
Marca texto comum	Amarelo	7,15
Cola bastão	Branco	3,00

Fonte: Autoria própria, 2019.

O valor permitido pela portaria INMETRO Nº 563 para o cromo, é de 60 mg kg^{-1} , no entanto, para os materiais como massa de modelar e tinta para pintar os dedos esse valor é diminuído para 25 mg kg^{-1} , especialmente por conta desse tipo de material estar em contato direto com a pele. Os valores encontrados não ultrapassam o mínimo previsto, de modo que os materiais estão isentos de uma reavaliação. Apesar disso, cabe ressaltar que os valores encontrados foram superiores em comparação ao chumbo e ao cádmio.

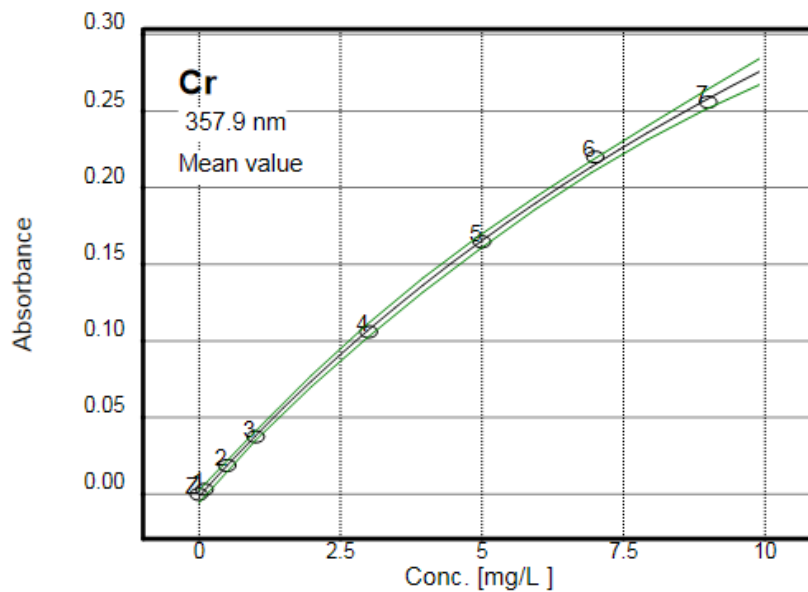
As concentrações obtidas pelo método foram todas acima de 1 mg kg^{-1} , sendo diferentes dos resultados obtidos para o metal cádmio. De todos os materiais apenas 4 se sobressaíram atingindo valores acima de 7 mg kg^{-1} , representam 23,53% do total. Podemos considerar que todos os materiais possuem uma pequena quantidade e são consideradas permitidos para disponibilização que é o determinado pelo INMETRO, porem existe a contaminação do metal, pois há

presença dele os materiais, mas a intoxicação pode continuar com uma velocidade menor então deve-se tomar cuidado com o manuseio do material.

A curva de calibração utilizada está disposta na Figura 13, representando o resultado obtido pela técnica, no qual observou-se um coeficiente de correlação acima de 0,99.

Figura 13 – Curva de calibração para o metal cromo.

Calibration function 1		07/06/2019 20:10 Calibration (Mean value)	
Abs=(k1+k2*conc)/(1+k3*conc)			
k1=-.001482	k2=0.041512	k3=0.049057	Recal. factor: ---
Slope	0.04159 Abs/(mg/L)	R2-adjusted	0.9992
sc0	0.08413 mg/L	Charact. conc.	0.10485 (mg/L)/1%A
Lower limit	0 mg/L	Upper limit	9.90 mg/L
Detection limit	---	Deter. limit	---



Fonte: Autoria própria, 2019.

6 CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu investigar a presença dos elementos inorgânicos alumínio, cádmio chumbo e cromo nas amostras de lápis de cor, massa de modelar, giz de cera, tinta guache, grafite, tinta acrílica, marca texto e cola bastão. Os materiais foram escolhidos, devido ao contato direto com crianças, pois pode-se ocorrer danos à saúde a exposição direta. A maioria dos valores obtidos através das análises, com a técnica EAA, os metais tiveram resultado nulos e alto, que podem ultrapassar a quantidade máxima permitida pelo órgão INMETRO.

Na análise elemento chumbo não apresentou nenhum valor como também alguns matérias contendo cádmio. O cromo apresentou valores mais altos entre os estes três, porem nenhum deles está acima do valor permitido pelo INMETRO.

Na quantificação dos metais, o alumínio foi o único que apresentou teores muito acima quando comparado com os demais metais, sendo algo que deve ser dado à devida atenção. Logo, não se pode esperar que esse tipo de contaminação causasse efeitos adversos em quem possuir contado com o material em períodos prolongados, pois como visto, também podem ocorrer problemas no consumo indireto, podendo ser um dos fatores geradores de enfermidades em crianças.

Por fim, com base nos resultados obtidos, entende-se somente as análises realizadas não são suficientes para elucidar todas as dúvidas a respeito dos materiais e, que, tal discussão, abre espaço para a ideia de possibilidade de reformulação das leis regentes, atrelada a maior fiscalização junto a avaliação de outros metais tóxicos que possam estar presentes, gerando novos estudos e novas normas que auxiliam a sociedade na escolha de melhores produtos.

REFERÊNCIAS

ANEXO I DA PROTARIA INMETRO Nº 563/2016 “Regulamento técnico da qualidade para brinquedos” 2016.

CAPITANI, Eduardo M.de, PAILIELLO, Mônica M. B., ALMEIDA, Glauser R. Costa de. **“Fontes de exposição humana ao chumbo no Brasil”** 2009

DA-COL, José Augusto. SANCHEZ, Rafael Ortiz. TERRA, Juliana BUENO, Maria Izabel Maretti Silveira. Análise exploratória rápida e não destrutiva (screening) da presença de elementos químicos tóxicos em material escolar por fluorescência de raios x. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 874-879, 201

DANTAS, Sílvia Tondella, SARON, Elisabete Segantini, DANTAS, Fiorella Balardin Hellmesiter, YAMASHITA Daniela Mary, KIYATAKA, Paulo Henrique Massaharu. **“Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em painéis de alumínio”** Cienc. Tencol. Alimento., Campinas, 27(2): 291-297, Abr-Jun. 2007

DIAS, Ana Carolina Emídio. RAU, Carina. **Contaminantes em Batom: riscos e aspectos regulatórios.** 2013

FRANCO A. N., roberto **“Efeito dos metais pesados na saúde humana”**.2015. Disponível em: <<http://www.robertofrancodoamaral.com.br/blog/efeitos-dos-metais-pesados-na-saude-humana/>> Acesso em: 10/03/2018.

https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=636&bih=687&tbm=isch&sxsr=ACYBGNTocr4Qx3ZT1Rrtp4bEVSOMqhG4LQ%3A1576805973262&sa=1&ei=VSb8Xa3WD9C65OUPmfCgUA&q=Diagrama+de+um+espectrometro+de+absor%C3%A7%C3%A3o+at%C3%B4mica&oq=Diagrama+de+um+espectrometro+de+absor%C3%A7%C3%A3o+at%C3%B4mica&gs_l=img.3..1306872.1306872..1307380...1.0..0.295.539.2-2.....0....2j1..gws-wiz-img.....0i30.-K_sxJFRYAk&ved=0ahUKEwjt1Kn_i8PmAhVQHbkGHRk4CAoQ4dUDCAY&uact=5#imgrc=NCK-D1zSKJr_ZM:

GOOGLE, **Diagram de um espectrômetro de absorção atômica.** disponível em: (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=636&bih=687&tbm=isch&sxsr=ACYBGNTocr4Qx3ZT1Rrtp4bEVSOMqhG4LQ%3A1576805973262&sa=1&ei=VSb8Xa3WD9C65OUPmfCgUA&q=Diagrama+de+um+espectrometro+de+absor%C3%A7%C3%A3o+at%C3%B4mica&oq=Diagrama+de+um+espectrometro+de+absor%C3%A7%C3%A3o+at%C3%B4mica&gs_l=img.3..1306872.1306872..1307380...1.0..0.295.539.2-2.....0....2j1..gws-wiz-img.....0i30.-K_sxJFRYAk&ved=0ahUKEwjt1Kn_i8PmAhVQHbkGHRk4CAoQ4dUDCAY&uact=5#imgrc=NCK-D1zSKJr_ZM:). Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Bauxita** disponível em: (https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&biw=657&bih=652&tbm=isch&sxsr=ACYBGNQeX64JrgZ7VzmK3An4WSBnBisOVw%3A1576868815118&sa=1&ei=zv9Xcj8BuCg5OUPh6uu0AQ&q=bauxita&oq=bauxita&gs_l=img.3..35i39j0l9.18710.21553..21705...3.0..0.133.937.0j8.....0....1..gws-wiz-

img.....10..0i131j35i362i39j0i67.vqDbQ2gwVuc&ved=0ahUKEwiloNSM9sTmAhVgELkGHYeVC0oQ4dUDCAY&uact=5#imgrc=_QLg2OLZ-bMHsM). Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Gibbsita** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=gibbsita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQu-ty4-](https://www.google.com/search?q=gibbsita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQu-ty4-6SlgfUt58l_sryC1iGg3Q:1576868868313&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWj_7YKm9sTmAhVRELkGHZXSb60Q_AUoAXoECA0QAw&biw=657&bih=471)

[6SlgfUt58l_sryC1iGg3Q:1576868868313&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWj_7YKm9sTmAhVRELkGHZXSb60Q_AUoAXoECA0QAw&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=gibbsita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQu-ty4-6SlgfUt58l_sryC1iGg3Q:1576868868313&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWj_7YKm9sTmAhVRELkGHZXSb60Q_AUoAXoECA0QAw&biw=657&bih=471)).

Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Criolita** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=criolita&client=firefox-b-](https://www.google.com/search?q=criolita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNRHyIFcWygIPfK9U6EmNu4rodXC9Q:1576868875605&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwio4b-p9sTmAhWhJrkGHULRCqQQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471)

[d&sxsrf=ACYBGNRHyIFcWygIPfK9U6EmNu4rodXC9Q:1576868875605&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwio4b-](https://www.google.com/search?q=criolita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNRHyIFcWygIPfK9U6EmNu4rodXC9Q:1576868875605&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwio4b-p9sTmAhWhJrkGHULRCqQQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471)

[p9sTmAhWhJrkGHULRCqQQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=criolita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNRHyIFcWygIPfK9U6EmNu4rodXC9Q:1576868875605&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwio4b-p9sTmAhWhJrkGHULRCqQQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471)). Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Sulfeto de cádmio** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=sulfeto+de+c%C3%A1dmio&client=firefox-b-](https://www.google.com/search?q=sulfeto+de+c%C3%A1dmio&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQ36yv1CRGtpZ9Ld6H01xKoUqPfAw:1576868922268&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWjCieC_9sTmAhXLHbkGHcMwDFsQ_AUoAXoECBUQAw&biw=657&bih=471)

[d&sxsrf=ACYBGNQ36yv1CRGtpZ9Ld6H01xKoUqPfAw:1576868922268&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWjCieC_9sTmAhXLHbkGHcMwDFsQ_AUoAXoECBUQAw&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=sulfeto+de+c%C3%A1dmio&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQ36yv1CRGtpZ9Ld6H01xKoUqPfAw:1576868922268&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWjCieC_9sTmAhXLHbkGHcMwDFsQ_AUoAXoECBUQAw&biw=657&bih=471)).

Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Oxido de cadmio** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=oxido+de+cadmio&client=firefox-b-](https://www.google.com/search?q=oxido+de+cadmio&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNtN3RT82UxH_Dbs0NidAvxqQF7HhA:1576868939545&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi8v_7H9sTmAhVkf7kGHfDAAxkQ_AUoAXoECBIQAw&biw=657&bih=471)

[d&sxsrf=ACYBGNtN3RT82UxH_Dbs0NidAvxqQF7HhA:1576868939545&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi8v_7H9sTmAhVkf7kGHfDAAxkQ_AUoAXoECBIQAw&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=oxido+de+cadmio&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNtN3RT82UxH_Dbs0NidAvxqQF7HhA:1576868939545&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi8v_7H9sTmAhVkf7kGHfDAAxkQ_AUoAXoECBIQAw&biw=657&bih=471)).

Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Cadmio** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=cadmio&client=firefox-b-](https://www.google.com/search?q=cadmio&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQP6QnQOmLvdk_kj8CXXvLXs_DIXw:1576868949480&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjs_9zM9sTmAhVJK7kGHdZhCbEQ_AUoAXoECBYQAw&biw=657&bih=471)

[d&sxsrf=ACYBGNQP6QnQOmLvdk_kj8CXXvLXs_DIXw:1576868949480&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjs_9zM9sTmAhVJK7kGHdZhCbEQ_AUoAXoECBYQAw&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=cadmio&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQP6QnQOmLvdk_kj8CXXvLXs_DIXw:1576868949480&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjs_9zM9sTmAhVJK7kGHdZhCbEQ_AUoAXoECBYQAw&biw=657&bih=471)).

Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Cromo** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=Cromo&client=firefox-b-](https://www.google.com/search?q=Cromo&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQJhvoB7uT1wjaB5Yt9Ly-v_64vOA:1576868968297&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjsudnV9sTmAhVAK7kGHSeQA7EQ_AUoAnoECBYQBA&biw=657&bih=471)

[d&sxsrf=ACYBGNQJhvoB7uT1wjaB5Yt9Ly-](https://www.google.com/search?q=Cromo&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQJhvoB7uT1wjaB5Yt9Ly-v_64vOA:1576868968297&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjsudnV9sTmAhVAK7kGHSeQA7EQ_AUoAnoECBYQBA&biw=657&bih=471)

[v_64vOA:1576868968297&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjsudnV9sTmAhVAK7kGHSeQA7EQ_AUoAnoECBYQBA&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=Cromo&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNQJhvoB7uT1wjaB5Yt9Ly-v_64vOA:1576868968297&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjsudnV9sTmAhVAK7kGHSeQA7EQ_AUoAnoECBYQBA&biw=657&bih=471)).

Acesso em 12/2019

GOOGLE, **Cromita** disponível em:

([https://www.google.com/search?q=cromita&client=firefox-b-](https://www.google.com/search?q=cromita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNR7HBMmCVfBue7Yj5TXM7XI2zfMlg:1576868973753&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWjkuKbY9sTmAhXMdbkGHZLmArEQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471)

[d&sxsrf=ACYBGNR7HBMmCVfBue7Yj5TXM7XI2zfMlg:1576868973753&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWjkuKbY9sTmAhXMdbkGHZLmArEQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471](https://www.google.com/search?q=cromita&client=firefox-b-d&sxsrf=ACYBGNR7HBMmCVfBue7Yj5TXM7XI2zfMlg:1576868973753&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEWjkuKbY9sTmAhXMdbkGHZLmArEQ_AUoAXoECBMQAw&biw=657&bih=471)).

Acesso em 12/2019

GUEKEIZAN, Márcia, JÚNIOR, João Manole de Lima. “**Determinação de metais potencialmente tóxicos – cádmio, chumbo, cromo e níquel em cosméticos**”

por espectrometria atômica” Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, São Paulo, v. 18, nº 1, p.83-106, 2018.

GRANDA, Alana. Pais deve ficar atentos a selo do Inmetro em materiais escolares. **Agência Brasil**. Rio de Janeiro, ano 2016, 22 junho 2016

INMETRO. “Informação ao consumidor: material escolar”.1996 Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/escolar.asp>> acesso em: 10/5/2018.

INMETRO. “Exposição de motivos que encaminhou o projeto de Lei para criação do Inmetro”.1973 Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/index.asp>> acesso em: 10/5/2018.

KRUG, Francisco José. NÓBREGA. Joaquim Araújo. OLIVEIRA. Pedro Vitoriano. Espectrometria de absorção. 2004

MESQUITA, Glenda. “**Metodologia de preparo de amostras e quantificação de metais pesado em sedimentos do ribeirão Samambaia, Catalão-GO, empregando espectrometria de absorção atômica**”, programa de pós-graduação em química, universidade federal de goiás, 2014

MOREIRA, Fátima Ramos. MORAIRA, Josino Costa. “Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Panamericana Salud Publica**. v.15, n.2, p119-129, 2004

NAKANO, Viviane; Avila-Campos J., Mario “**Metais pesados: Um perigo eminente**” Disponível em: <http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com_content&view=article&id=33&Itemid=56&lang=br> Acesso em: 10/03/2018

PRADA, Silvio Miranda “A importância do chumbo na história”2010. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/a_importancia_do_chumbo_na_historia> Acesso em 10/5/2018

ROCHA, Adriano Ferreira da. “Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública”

ROSALINO, Melaine Roselyne Rodrigues. “Potenciais efeito da presença de alumínio na água de consumo humano” 2011

SANTANA, Genilson Pereira. “Um pouco de história do chumbo” 2016. Disponível em: <<http://blog.clubedaquimica.com/um-pouco-de-historia-chumbo/>> Acesso em 10/5/2018

SILVA, Fábio do Nascimento, TEIXEIRA, David da Silva, PAIVA, Ozéas, ZIOTO, Preiscila, MARCHIORO, Sandro, SAICK Ketene Werneck, ULIANA, Michile Pereira, LAIGNIER, Emiliane Pereira, LOSS, Ricardo. “Riscos relacionados à intoxicação por alumínio”. Infarma, V. 24, nº 1-3, 2012

SOARES, Aline Rodrigues. “**Desenvolvimento de métodos para determinação de Chumbo e níquel em produtos cosméticos e cabelo por GF ASS**” 2012

SOUSA, Radael Arromba de. CAMPOS, Náira da Silva. ORLANDO, Ricardo. “preparação de amostra para análises elementar” 2015. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/baccan/files/2011/07/Apostila-PREPARO-DE-AMOSTRAS-Anal%C3%ADtica-Avan%C3%A7ada.pdf>> Acesso em 10/03/2018

VALENTE, DARUÃ. “**Metais pesados: entenda o que são e como afetam a sua saúde**” 2017. Disponível em: <<https://my.oceandrop.com.br/metais-pesados-o-que-sao/>> Acesso em 10/03/2018.

VARELLA, Antonio Dazio “**Cozinhar em panelas de alumínio não é perigoso para saúde | checagem**” 2019. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/checagens/cozinhar-em-panelas-de-aluminio-nao-e-perigoso-para-a-saude-checagem/>> Acesso em 05/03/2019.