



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

TALITA ELIATA NUNES

**DETERMINAÇÃO DE CHUMBO EM SOLO TRATADO COM GESSO
OBTIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO DE BATERIAS
INSERVÍVEIS.**

Assis

2012

TALITA ELIATA NUNES

DETERMINAÇÃO DE CHUMBO EM SOLO TRATADO COM GESSO
OBTIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO DE BATERIAS
INSERVÍVEIS.

Trabalho de conclusão de curso de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação em Química Industrial.

Orientador: Gilcelene Bruzon

Área de concentração: química.

ASSIS

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

NUNES, Talita Eliata

Determinação de chumbo em Solo Tratado Com Gesso Obtido na Neutralização do Ácido de Baterias Inservíveis / Talita Eliata Nunes. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA – Assis, 2012.

64p.

Orientador: Prof. Gilcelene Bruzon

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Baterias automotivas. 2. Gesso agrícola. 3. Chumbo.

CDD: 660
Biblioteca da FEMA

DETERMINAÇÃO DE CHUMBO EM SOLO TRATADO COM GESSO
OBTIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO DE BATERIAS
INSERVÍVEIS.

TALITA ELIATA NUNES

Projeto de conclusão de curso de graduação em Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como exigência para obtenção do título de Químico Industrial analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Gilcelene Bruzon

Analisador: Dr. Idécio Nogueira da Silva

Assis

2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Graça, a mulher mais guerreira e batalhadora que conheço, me servindo de exemplo pra conquistar meus objetivos e que nesses quatro anos me deu apoio, carinho e incentivo nos momentos mais difíceis da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me conceder a vida e por ter me dado saúde e força para realizar meu sonho.

À professora, Gilcelene Bruzon pela orientação e pelo estímulo transmitido durante o trabalho.

Aos amigos, Josiane, Adrienne, Hellen, Eduardo, Bruno e Marcelo pela verdadeira amizade e companheirismo e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho, em especial Luiz R.Zardetto pela ajuda e orientação.

Aos familiares, em especial minha mãe Graça, aos meus irmãos Geibel e Geter e a minha avó Vicentina, pelo carinho e apoio nos momentos difíceis.

Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência,
poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar.

Willian Shakespeare

RESUMO

Na agricultura conservacionista, o chamado plantio direto, pode resultar em impedimentos físicos e químicos para o aprofundamento do sistema radicular das plantas. Dessa forma, a aplicação do gesso agrícola, subproduto das indústrias de ácido fosfórico pode trazer melhorias em profundidade, já que este possui em sua composição sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo e flúor. Porém outro gesso surge no mercado, sendo esse, subproduto das fábricas de reciclagem de baterias, onde o resíduo líquido desta é neutralizado com calcário. Esse gesso apresenta o chumbo em sua composição, devido as baterias apresentarem este metal em suas placas. O chumbo pode trazer complicações ambientais pois é um metal tóxico, apresentando risco de contaminação. O objetivo deste trabalho foi analisar através do método de espectrometria de absorção atômica a quantidade do metal no solo após um período de trinta dias de incubação e se este se lixívia para camadas mais profundas. Foram coletadas amostras de solo e adicionado o gesso. Observamos que após os trinta dias o chumbo permaneceu no solo, ou seja, o metal não dissipou. Portanto conclui-se que a aplicação deste produto no solo pode trazer benefícios e a contaminação pelo metal dependerá da quantidade do insumo aplicado, já que segundo os resultados obtidos, o chumbo não foi encontrado em quantidade elevada no solo.

Palavras – chave: 1. Baterias automotivas. 2. Gesso agrícola. 3. Chumbo.

ABSTRACT

In the conservationist agriculture, the called direct planting, can result in physical and chemical impediments to the deepening of the root system of the plants, in this way the application of the agricultural plaster, byproduct of the phosphoric acid industries can bring improvements in depth, since it already have in its composition calcium sulfate and small concentrations of phosphorus and fluorine. However other plaster appears in the market, being this, byproduct of battery recycling factories, where the liquid residue of this is neutralized with limestone. This product present leads in its composition, due the batteries present their plates of this metal. The lead can bring environmental complications and it is a toxic metal, presenting contamination risks. With the application of this plaster in different quantities, the goal of the paper was analyze through the method of atomic absorption spectrometry the quantity of metal in soil after a period of thirty days' incubation and if it leaches to the deeper layers. The analyzes done show that the quantity of lead added along with the product after these time remained in the soil, better saying, the metal doesn't dissipate nor biodegraded. Therefore the application of this product in the soil can bring benefits and the contamination by the metal will depend of the quantity of the input applied, since according to the results of the work it didn't show high quantity in the soil.

Keywords: 1. Automotive batteries. 2. Agricultural plaster. 3. Lead.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cristal cúbico da galena	18
Figura 2 - Cristal de anglesita	18
Figura 3 - Cristal Tabular de cerussita	19
Figura 4 - Bateria de chumbo-ácido utilizada em automóveis	29
Figura 5 - Reação do dióxido de chumbo com ácido sulfúrico, produzindo sulfato de chumbo e água.....	29
Figura 6 - Reação do chumbo com íons sulfato, formando sulfato de chumbo ...	29
Figura 7 - Chumbo reagindo com óxido de chumbo e ácido sulfúrico, para formar sulfato de chumbo e água	30
Figura 8 - Fluxograma do processo de reciclagem de baterias	32
Figura 9 - Ácido sulfúrico reagindo com carbonato de cálcio, para formar sulfato de cálcio e ácido carbônico	34
Figura 10 - Reação do sulfato de cálcio com água, formando os íons sulfato e cálcio mais água.....	35
Figura 11 - Fórmula para cálculo de densidade do chumbo.....	41
Figura 12 - Reação do íon chumbo com o íon iodeto, formando iodeto de chumbo	42
Figura 13 - Reação do íon chumbo II com amônia, formando hidróxido de chumbo e amônia	42
Figura .14 - Cálculo para adição de gesso no solo.....	43
Figura 15 - Vaso com adição do gesso e das sementes de cenoura	44
Figura 16 - Vasos com a cenoura com 30 dias de plantio	45
Figura 17 - Curva padrão de chumbo	50
Figura 18 - Fórmula para o cálculo da concentração de chumbo	51
Figura .19 - Cálculo da concentração de chumbo no gesso.....	51
Figura .20 - Cálculo da porcentagem de chumbo no gesso.....	51
Figura .21 - Cálculo para quantidade de chumbo adicionado no vaso 02.....	52
Figura 22 - Cálculo do volume do vaso.....	53

Figura 23 - Cálculo de conversão para mg/L do vaso 02.....	53
Figura ..24 - Cálculo para quantidade de chumbo adicionado no vaso 03.....	53
Figura 25 - Cálculo de conversão para mg/L do vaso 03.....	54
Figura 26 - Cálculo para quantidade de chumbo adicionado no vaso 04.....	54
Figura 27 - Cálculo de conversão para mg/L do vaso 04.....	54
Figura 28 - Curva padrão para chumbo no solo.	55
Figura 29 - Fórmula para cálculo da concentração de chumbo no solo	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais atividades e fontes de exposição ambiental ao chumboj....	24
Tabela 2 - Sintomas e sinais mais frequentes causados por chumbo segundo a gravidade da intoxicação.....	25
Tabela 3 - Classificação da sintomatologia segundo o tempo de evolução da doença	26
Tabela 4 - Composição média de uma bateria de chumbo-ácido para automóveis	28
Tabela 5 - Textura do solo.....	37
Tabela 6 - Limites máximos de tolerância (LMT) para o chumbo em alimentos...40	
Tabela 7 - Aplicação do gesso nos vasos em equivalência por alqueire.....	44
Tabela 8 - Identificação dos vasos no experimento.....	45
Tabela 9 - Curva padrão de chumbo	50
Tabela 10 - Leitura de chumbo no gesso	52
Tabela 11 - Curva padrão para chumbo no solo	55
Tabela 12 - Resultados de chumbo no solo	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. CHUMBO	17
2.1 HISTÓRICO.....	17
2.2 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS	17
2.3 USOS DO CHUMBO	20
2.4 DANOS CAUSADOS PELO CHUMBO	22
3. BATERIAS AUTOMOTIVAS	27
3.1 RECICLAGEM DE BATERIAS	31
3.2 GESSO PRODUZIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO DE BATERIAS.....	34
4. GESSO AGRÍCOLA	35
4.1 USOS DO GESSO NO BRASIL	37
5. BENEFÍCIOS E PROBLEMAS AMBIENTAIS	39
6. APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO	41
7. MATERIAIS E MÉTODOS	43
7.1 PARTE EXPERIMENTAL.....	43
7.2 EQUIPAMENTOS	46
7.3 MATERIAIS E REAGENTES.....	46
7.4 EXTRAÇÃO DO CHUMBO	47
7.5 CURVAS PADRÃO DE CHUMBO PARA ANALISE POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA EM CHAMA.....	47

7.5.1 Solução Estoque Padrão De Chumbo (1000 mg.L-1)	47
7.5.2 Solução Estoque Padrão de Chumbo (20 mg. L-1)	47
7.5.3 Obtenção da Curva Padrão	48
7.6 DETERMINAÇÃO DE CHUMBO NO SOLO	48
7.6.1 Determinação Por Espectrômetro de Absorção Atômica em Chama	48
7.7 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE DE CHUMBO NAS FOLHAS DA CENOURA	49
7.7.1 Extração do chumbo do tecido vegetal através do método digestão seca	49
7.8 EXTRAÇÃO DO CHUMBO DO GESSO	49
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
8.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES NA AMOSTRA DE GESSO	50
8.3 RESULTADOS DE CHUMBO NAS AMOSTRAS DE SOLO	52
9. CONCLUSÃO	58
10. REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

O chumbo se encontra naturalmente na crosta terrestre em concentrações de aproximadamente 13mg/Kg (SILVA, 2006, p.1). A sua concentração vem aumentando significativamente como resultado da atividade humana (SANTANA, 2006, p.1). A mineração de chumbo já era conhecida pelos gregos e romanos, porém durante a revolução industrial e nos princípios do século XIX ocorreu uma maior produção e utilização desse metal, particularmente com seu uso como antidetonante de gasolina e produção de baterias para automóveis.

As baterias são a maior fonte para a indústria de chumbo secundário, a grade desta contém mais de 90% de chumbo metálico e pode ser imediatamente fundida (MATOS; FERREIRA, 2007, p.3). Na reciclagem de baterias, é feita a reciclagem do chumbo apenas, os demais resíduos são destinados à aterros sanitários.

Na agricultura, o plantio direto por vários anos promove acúmulo de matéria orgânica no solo, principalmente na superfície, refletindo em melhoria na agregação do solo, aumento da atividade biológica e maior disponibilidade de nutrientes para as culturas. No entanto, devido ao longo período de tempo sem revolvimento, essas áreas podem apresentar impedimentos físicos e químicos para o aprofundamento do sistema radicular das culturas. Dessa forma, o revolvimento do solo e a aplicação de gesso agrícola, um subproduto da indústria do ácido fosfórico, que contém principalmente o sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo e flúor (CAIRES; FELDHAUS; BLUM, 2003), são alternativas para melhoria em profundidade do solo e, conseqüentemente, do ambiente para o crescimento das raízes de plantas (NEIS, 2010).

O gesso pode ser utilizado em solos ácidos como insumo complementar ao calcário, devido à ação limitada da calagem às camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo (CAIRES et al., 2004).

O gesso agrícola aplicado na superfície do solo movimentar-se entre as suas camadas sob a influência da percolação de água, aumentando o suprimento de cálcio e reduzindo a toxidez do alumínio no subsolo, porém, apesar dos bons resultados alcançados com seu uso, ainda existem dúvidas quanto ao método de

recomendação do produto e em que condições são esperadas respostas das culturas à aplicação superficial de gesso em combinação com calcário.

O solo é um corpo de material que recobre a superfície terrestre, é constituído de três fases: sólida (minerais e matéria orgânica), líquida (solução do solo) e gasosa (ar). Dentre os minerais encontrados no solo, o chumbo é um deles, já que este é considerado um dos depósitos principais do mineral, pois ao alcançá-lo, este contaminante pode ali permanecer indefinidamente. Pode-se encontrar chumbo no solo em diversas formas: relativamente insolúvel (sulfato, carbonato ou óxido), solúvel, adsorvido, adsorvido e coprecipitado, adsorvido em matérias orgânicas coloidais ou complexado no solo. O pH do solo influencia a mobilidade do metal, que pode sofrer modificações, formar compostos menos solúveis e tornar-se menos disponível. Em solos cultivados os níveis de Pb podem variar de 20 a 80 mg/Kg (MAVROPOULOS, 1999).

Na reciclagem das baterias automotivas, a solução ácida é neutralizada na estação de tratamento de efluente com soda ou cal. O gesso resultante, sulfato de cálcio normalmente é destinado a aterro sanitário. Por isto é necessário o estudo desse material para não causar problemas de saúde pública e problemas ambientais decorrentes da não avaliação adequada do produto gerado (LANGE; SIMÕES, 2008).

O objetivo do trabalho é avaliar a possibilidade do aproveitamento do gesso, subproduto da neutralização do ácido sulfúrico das baterias inservíveis, adicionado no calcário, na agricultura.

2. CHUMBO

2.1 HISTÓRICO

O chumbo é um dos elementos mais antigos. Seu nome originou-se do termo latin plumbum (Pb), significando prata líquida (ROBERTO, 2005, p. 2).

Há indícios de utilização deste metal em 5000 a.C. pelos egípcios, que devido ao seu baixo ponto de fusão, durabilidade e facilidade em formar ligas metálicas era utilizado na fabricação de armas, adornos e utensílios (SANTANA, 2006, p2). Também nos jardins suspensos da babilônia, construídos em 600 a.C. tinham calhas de chumbo para manter a umidade. Os gregos exploravam as jazidas de chumbo no quinto século a.C e os romanos fabricavam canos de chumbo no século III a.C. (ROBERTO, 2005, p. 2), e também compostos do metal eram usados na fabricação de cosméticos e tintas.

Na guerra o chumbo também foi usado, graças ao baixo ponto de fusão, para lançá-lo derretido sobre os invasores e para fabricação de balas de canhão e outros projéteis.

2.2 DEFINIÇÕES E CARACTERÍSTICAS

Segundo Silva (2001, p.1)

O chumbo, símbolo Pb, é um metal cinzento, azulado brilhante, não elástico, mole, dúctil, maleável, trabalhável a frio, razoável condutor de calor e eletricidade, possui condutibilidade térmica, coeficiente de expansão térmica linear de $29 \times 10^{-6}/1^{\circ}\text{C}$, e aumento em volume (20°C ao ponto de fusão) de 6,1 %, Peso específico 11,37, baixo ponto de fusão (327°C), peso atômico 207,2 e ponto de ebulição de 1.717°C , emitindo, antes desta

temperatura, vapores tóxicos. Exibe retração linear na solidificação de 1 a 2,5% e alongamento de 31%.

Na natureza, o chumbo pode ser encontrado em seu estado livre sob quatro formas isotópicas (PM= 208, 206, 207 e 204 em ordem e abundância) e ocasionalmente em forma metálica (SANTANA, 2006, p.2).

As fontes naturais desse metal incluem as emissões vulcânicas, o “intemperismo” geoquímico e as emissões provenientes do mar (SILVEIRA, 2006, p.5), e raramente é encontrado no seu estado natural, mas sim em combinações com outros elementos, e sendo os mais importantes minérios a galena, cerussita, anglesita, piromorfita, vanadinita, crocoíta e a wulfenita (SILVA, 2001, p.1). Porém a galena (sulfeto de chumbo, Pb= 86,6% e S=13,4%) é a mais importante fonte primária de chumbo e a principal fonte comercial, esta geralmente ocorre associada com a prata, e as vezes o chumbo também pode estar associado a outros metais como o zinco, cobre, ouro e antimônio.

Além da galena (PbS), a anglesita (PbSO₄) e a cerusita (PbCO₃), também são minérios importantes com respectivamente 68% e 77% de chumbo em sua composição (ROBERTO, 2005, p.6), como mostra as figuras 1, 2 e 3.



Figura 1 - Cristal cúbico da galena (In: banco de dados, minerais de chumbo)



Figura 2 - Cristal de anglesita (In: banco de dados, minerais de chumbo)



Figura 3 - Cristal Tabular de cerussita (In: banco de dados, minerais de chumbo)

Na Crosta terrestre a presença de chumbo é de apenas 0,002%, porém ocorrem jazidas em várias partes da terra, que são exploradas com teor de 3%.

O chumbo apresenta alta ductibilidade e maleabilidade, favorecendo o uso em formas de chapas pela facilidade de ser trabalhável, e sua flexibilidade permite a utilização na forma de tubo. Apresenta baixa resistência, o que contribuiu para o aparecimento de fissuras quando submetido a repetidas aplicações de esforços mecânicos, tensão produzida pela vibração, resfriamento e dobramento alterados (SILVA, 2001 p. 1).

Também é um excelente metal usado para proteger da corrosão atmosférica devida sua rápida oxidação superficial em forma de película de óxido, formando o pentóxido de chumbo. O metal também se dissolve em ácidos nítricos, acético e nos ácidos sulfúrico e clorídrico em ebulição, porém é resistente em contato com outros ácidos, o que o torna um dos elementos preferidos para revestimento interno de recipientes para ácidos.

Em combinações com outros elementos, origina compostos como: sulfato de chumbo, dióxido de chumbo, chumbo-tetraetila, chumbo tetrametila, litargírio, zarcão, alvaide entre outros (SILVEIRA, 2006, p.5). Os óxidos de chumbo são usados em placas de baterias elétricas e acumuladores, vitrificados, esmaltes, vidros e componentes para borracha. Os sais de chumbo formam a base de tintas e pigmentos. Cerca de 40% do chumbo é usado como metal, 25% em ligas e 35% em compostos químicos, e seu uso principal é na construção de baterias para

automóveis e estacionárias. Esse metal é o sexto de maior utilidade industrial (SILVA, 2001, p.1).

2.3 USOS DO CHUMBO

O principal uso do chumbo é na fabricação de baterias automotivas, mas também é usado na fabricação de tetraetilchumbo ($C_8H_{20}Pb$), forros de cabos, elementos de construção civil, pigmentos, soldas suaves, como manta protetora para aparelhos de raio -X e munições (ROBERTO, 2005, p.9).

A fabricação de chumbo tetra etílico (TEL) vem caindo muito em função de regulamentações ambientais cada vez mais restritivas no mundo no que se diz respeito à sua principal aplicação que é como aditivo na gasolina. No caso do Brasil desde 1978 este aditivo deixou de ser usado como antidetonante (SANTOS, 2009, p.15).

Têm-se desenvolvido vários compostos organoplúmbicos para aplicações como catalisadores na fabricação de espumas de poliuretano, como tóxico para as pinturas navais com a finalidade de inibir a incrustação nos cascos, agentes biocidas contra as bactérias gram-positivas, proteção da madeira contra o ataque das brocas e fungos marinhos, preservadores para o algodão contra a decomposição e do mofo, agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos, agentes redutores do desgaste nos lubrificantes e inibidores da corrosão do aço.

O chumbo também é resistente ao ataque de muitos ácidos, porque forma seu próprio revestimento protetor de óxido. Como consequência desta característica, o chumbo é muito utilizado na fabricação e manejo do ácido sulfúrico (SANTOS, 2009, p.15).

Sua utilização como forro para cabos de telefone e de televisão segue sendo uma forma de emprego adequada para o chumbo. A ductilidade única do chumbo o torna particularmente apropriado para esta aplicação, porque pode ser estirado para formar um revestimento contínuo em torno dos condutores internos.

O chumbo também é utilizado na composição de vidros ópticos, que se destinam bloquear a radiação, sendo, portanto resistentes a ela. Estes são desenvolvidos especialmente como janelas para a chamada hot cells – câmaras de manipulação de material radioativo (ALVES, 2006, p.3). Como estas lentes contém chumbo, quando irradiadas com radiações beta (β) ou gama (γ), mudam de coloração, então geralmente se utiliza óxido de Cério (CeO_2) em suas composições .

Esses vidros são bastante usados em pesquisas, sobretudo na detecção e determinação da energia de partículas subatômicas de alta velocidade: elétrons, pósitrons, raios cósmicos, etc. (ALVES, 2006, p.4). Muitos deles também são utilizados em dosímetros para radiação.

O uso de chumbo em pigmentos tem sido muito importante, porém a sua utilização tem diminuído muito. O pigmento, que contém este elemento, é o branco de chumbo, $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$; outros pigmentos importantes são o sulfato básico de chumbo e os cromatos de chumbo.

Utiliza-se uma grande variedade de compostos de chumbo, como os silicatos, os carbonatos e os sais de ácidos orgânicos, como estabilizadores contra o calor e a luz para os plásticos de cloreto de polivinila (PVC). Usam-se silicatos de chumbo para a fabricação de vidros e cerâmicas. O nitreto de chumbo II, $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, é um detonador padrão para os explosivos. Os arseniats de chumbo são empregados em grandes quantidades como inseticidas para a proteção dos cultivos. O litargírio (óxido de chumbo) é muito empregado para melhorar as propriedades magnéticas dos ímãs de cerâmica de ferrita de bário.

O chumbo forma ligas com muitos metais e, em geral, é empregado nesta forma na maior parte de suas aplicações. Todas as ligas metálicas formadas com estanho, cobre, arsênio, antimônio, bismuto, cádmio e sódio apresentam importantes aplicações industriais (soldas, fusíveis, material de tipografia, material de antifricção, revestimentos de cabos elétricos, etc.).

Uma mistura de zirconato de chumbo e de titanato de chumbo, conhecida como PZT, está sendo posta no mercado como um material piezoelétrico.

2.4 DANOS CAUSADOS PELO CHUMBO

No organismo humano, o chumbo não é metabolizado, e sim, complexado por macromoléculas, sendo diretamente absorvido, distribuído e excretado. A exposição humana ao chumbo pode se dar por várias fontes: solo, ar, água e ingestão sob várias formas (AMBRÓSIO, 2007, p.3). Os compostos de chumbo inorgânico entram no organismo por inalação (STAUDINGER, ROTH, 1998). Somente os compostos orgânicos de chumbo são capazes de penetrar através da pele íntegra. Os compostos de chumbo tetra alquila (chumbo tetra etila, etc.), por exemplo, são absorvidos rapidamente pelos pulmões, trato gastrointestinal e também pela pele (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

A absorção do chumbo no sangue pode ser superior a 50% da dose inalada/ingerida para gases de exaustão e sais altamente solúveis, assim como para fumantes e pessoas com doenças das vias respiratórias superiores, que têm a atividade ciliar prejudicada, favorecendo assim uma maior deposição das partículas de chumbo no trato respiratório.

A absorção do chumbo no trato gastrointestinal varia de 2% a 16% se ingerido com refeição, mas pode chegar a 60-80%, quando administrado em jejum (MOREIRA; MOREIRA, 2004). Em Mulheres grávidas, a absorção intestinal pode aumentar devido à maior mobilização do chumbo dos ossos, e contribuir para a elevação da concentração do metal no sangue observada no último trimestre da gestação, e crianças absorve 45% a 50% do chumbo presente na dieta. A absorção pelo trato gastrointestinal depende mais de fatores nutricionais tais como ingestão de cálcio (Ca), ferro (Fe), fósforo (P) e proteínas, do que da solubilidade dos compostos de chumbo, devido à acidez do estômago. Sabe-se que um baixo teor de Ca ou Fe na dieta aumenta a absorção do Pb. O mesmo é verdadeiro para uma alimentação deficiente em fósforo e proteínas.

O comportamento cinético e a toxicidade do chumbo em humanos são determinados grandemente por meio de mecanismos pelos quais o metal é trocado entre o plasma e as superfícies ósseas, processos de crescimento e ressorção do osso, e processos de troca heteroiônica nos rins e intestinos. Sua absorção pelo corpo

humano também depende da idade do indivíduo, das condições fisiológicas e nutricionais e possivelmente de fatores genéticos (AMBRÓSIO, 2007, p.5).

O chumbo inorgânico pode afetar uma série de sistemas, cuja grandeza das manifestações clínicas dependerá da intensidade, do tempo de exposição e da sensibilidade individual (ABREU, 1996), ocorrendo principalmente por via respiratória e digestiva. Esse tipo de metal distribui-se inicialmente nos tecidos moles e posteriormente nos ossos, nos dentes e no cabelo (SCHIFER; JUNIOR; MONTANO, 2005, p.68).

A intoxicação por chumbo orgânico ocorre principalmente através do chumbo tetraetila e tetrametila, que apresentam características lipossolúveis, sendo facilmente absorvidos pela pele, pelo trato gastrointestinal e pelos pulmões. Sua toxicidade deve-se a conversão dos mesmos em chumbo trietila e chumbo inorgânico (SCHIFER; JUNIOR; MONTANO, 2005, p.68).

O chumbo é excretado por várias rotas, porém só a excreção renal e a gastrointestinal são de importância prática (STAUDINGER; ROTH, 1998). A quantidade excretada, independente da rota, é afetada pela idade, características da exposição e dependente da espécie. A comparação dos dados sobre a cinética do chumbo em adultos e crianças mostra que, aparentemente, estas últimas parecem ter uma taxa total de excreção menor. Crianças até dois anos de idade retêm 34% da quantidade total de chumbo absorvido, enquanto que esta retenção é de apenas 1% nos adultos (Moreira; Moreira, 2004).

Segundo Gahyva et al. (2008, p.3):

A literatura especializada tem apontado evidências de disfunções neuropsicológicas causadas pela exposição ao chumbo, que incluem déficit de atenção, memória, inteligência, aprendizagem, linguagem, comportamento psicomotor, além de retardo no crescimento e efeitos neuroendócrinos, especialmente nos casos em que a concentração do metal no organismo ultrapassa o valor estabelecido como tolerável, de até 10mg/dl.

Estima-se que o Chumbo seja usado em mais de 200 processos industriais diferentes com destaque para a produção de acumuladores elétricos (SILVEIRA, 2006, p.9). A tabela 1 mostra as principais atividades ocupacionais que expõem os trabalhadores ao risco de intoxicação.

Exposições ocupacionais a poeiras e fumos de chumbo	Exposições não ocupacionais ao chumbo metálico
<ul style="list-style-type: none"> -Extração, concentração e refino de minérios contendo chumbo -Fundição de chumbo Produção, reforma e reciclagem de acumuladores elétricos -Fabricação e têmpera de aço chumbo -Fundições de latão e bronze -Reparo de radiadores de carro -Manuseio de sucatas de chumbo -Instrução e prática de tiro -Produção de cerâmicas e de cristais -Jateamento de tintas antigas e soldas à base de chumbo -Uso de rebolos contendo chumbo -Corte a maçarico de chapas de chumbo ou pintadas com a base de chumbo -Demolição, queima, corte a Maçarico de materiais revestidos de tintas contendo chumbo -Demolição de instalações antigas com fornos de chumbo -Operações de lixamento/ polimento de materiais contendo chumbo 	<ul style="list-style-type: none"> -Residência nas vizinhanças de empresas que manuseiam ou manusearam chumbo -Uso de medicações que contêm chumbo -Utilização de vasilhames de estanho contendo chumbo -Presença de projéteis de arma de fogo no organismo -Ingestão acidental de água ou alimentos contendo chumbo -Contato com solo contaminado com pesticidas contendo chumbo

Tabela 1 - Principais atividades e fontes de exposição ambiental ao chumbo metálico (IN: Silveira, 2006, p.10)

A tabela 2 mostra os sintomas e sinais mais frequentes causados por chumbo segundo a gravidade da intoxicação.

Leve	Moderada	Grave
<ul style="list-style-type: none"> -Mialgia -Irritabilidade -Parestesias -Fadigas Leves -Dor abdominal intermitente -Letargia 	<ul style="list-style-type: none"> -Cefaléia -Vômitos -Náuseas -Fadiga severa -Dor abdominal difusa e frequente -Perda de peso -Redução da libido -Constipação intestinal -Tremores -Mialgias, parestesia, artalgia -Labilidade emocional -Dificuldades de concentração 	<ul style="list-style-type: none"> -Encefalopatia -Neuropatia motora -Convulsões -Coma -Cólica abdominal -Linha gengival de Burton -Nefropatia

Tabela 2 – Sintomas causados por chumbo segundo a gravidade da intoxicação (In: Silveira, 2006, p.17)

A tabela 3 mostra a classificação da sintomatologia segundo o tempo de evolução da doença, podendo causar os seguintes sintomas.

Sintomas Precoces	Sintomas Agudos e subagudos	Sintomas Crônicos
<ul style="list-style-type: none"> -Diminuição do apetite -Dispesia -Dor abdominal de localização variada -Palidez cotânea -Gastroduodenite -Constipação intestinal 	<ul style="list-style-type: none"> -Cólica saturnina -Hipertensão arterial -Encefalopatia -Paralisia de nervos periféricos 	<ul style="list-style-type: none"> -Poliúria isostenúrica -Artralgia/mialgia -Encefalopatia crônica -Neuropatia periférica -Adinamia

Tabela 3- Sintomas causados pelo chumbo segundo o tempo de evolução da doença (In: Silveira, 2006, p.18)

3. BATERIAS AUTOMOTIVAS

A origem da palavra bateria é anterior à invenção da pilha de volta, termo introduzido por Benjamin Franklin, em 1748, referindo-se a uma serie de capacitores conectados (NILSENBAUM, p.22).

A história do desenvolvimento das baterias começa na antiguidade, com a descoberta da eletricidade pelo filosofo grego Tales de Mileto. Este esfregou um pedaço de âmbar em um pedaço de pele de carneiro, observou se que pedaços de palha e madeira eram atraídos para o âmbar (NOGUEIRA et al., 2011, p.1).

“Em 1672, Otto Guericke iniciou estudos sobre eletrificação por atrito inventando, na época uma máquina geradora de cargas elétricas” (NOGUEIRA et al., 2011, p.1). Essas máquinas foram evoluindo durante o século XVIII.

As pilhas e baterias foram sendo desenvolvidas ao longo do tempo com a contribuição de diversos cientistas. Em 1800, Alessandro Volta, pega dois tipos de metais diferentes separados por panos umedecidos em sal ou ácido fraco, sendo estes prata e zinco ou prata e chumbo ou prata estanho e cria a pilha de Volta (NOGUEIRA et al., 2011, p.1). Mais tarde, em 1836, John Frederic Daniell, baseado nos princípios científicos da Eletroquímica introduzidos por Michael Faraday, descobre que a pilha seria mais eficiente se fossem usados dois eletrólitos ao invés de um só, o que originou-se a pilha de Daniel que usava como metais o zinco e o cobre (ATKINS: JONES, 2006, p.543).

Em 1839, Willian Robert Grove inventou uma pilha de zinco e platina, nesse mesmo ano ele desenvolve a primeira célula de combustível que é considerada hoje por muitos como fonte de energia do futuro (ATKINS; JONES, 2006, p. 569), pois em pilhas comuns, quando os reagente terminam, a pilha para de funcionar. Nas células de combustíveis, os reagentes são fornecidos à pilha como se fossem combustíveis da reação, no caso da célula de combustível de Grove utiliza o hidrogênio e o oxigênio como combustível e o produto de reação é a água, embora sua invenção não fornecesse voltagem suficiente para utilização prática.

A bateria chumbo – ácida, foi inventada pelo Francês Gaston Planté em 1859, também chamada de acumulador de Chumbo, é uma associação de pilhas ligadas em serie (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000). Seu uso inicial foi em ferrovias, e hoje é largamente usado em automóveis. Ela é constituída de componentes metálicos, solução ácida, plásticos e polímeros. A Tabela 4 mostra a composição em massa, de uma bateria.

Componentes	Massa (%)
Chumbo	61,2
Água	13,3
Ácido sulfúrico puro	9,6
Caixa de polipropileno	8,2
Grelha metálica (Sb, Sn, As)	2,1
Polietileno (separadores)	2,0
Outros materiais (plásticos, papel, madeira, PVC)	3,3

Tabela 4 - Composição média de uma bateria de chumbo-ácido para automóveis (In: Apolinário, 2009, p. 21)

A bateria é constituída de dois eletrodos: um de chumbo metálico, Pb, sob forma esponjosa, que é o material ativo da placa negativa; o da positiva é o dióxido de chumbo, PbO₂ (BROSSET; BODEREAU, 2012, p.11), ambos mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico com densidade aproximada e 1,28g/mL, dentro de uma malha de liga de chumbo – antimônio, que é mais resistente a corrosão que o chumbo puro(ATKINS; JONES, 2006, p. 567) (Figura 4).

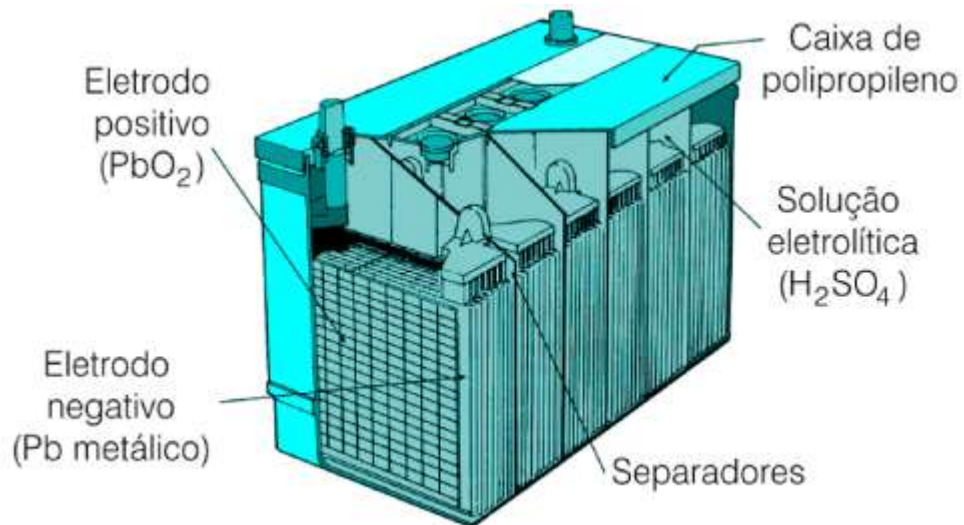


Figura 4 - Bateria de chumbo-ácido utilizada em automóveis

Quando o circuito externo é fechado, conectando eletricamente os terminais, a bateria entra em funcionamento (descarga), ocorrendo a reação do dióxido de chumbo com ácido sulfúrico no cátodo, produzindo sulfato de chumbo e água (Figura 5).

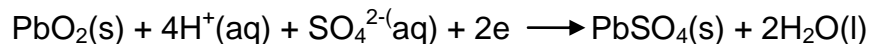


Figura 5 - Reação do dióxido de chumbo com ácido sulfúrico, produzindo sulfato de chumbo e água (In: BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000, p. 7)

No anodo, o chumbo é oxidado a chumbo (II) e reage com íons sulfato formando sulfato de chumbo (Figura 6).

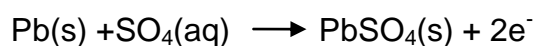


Figura 6 - Reação do chumbo com íons sulfato, formando sulfato de chumbo (In: BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000, p. 7)

Na reação global apresenta somente sulfato de chumbo e água como produtos (Figura 7).

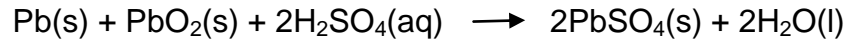


Figura 7 - Chumbo reagindo com óxido de chumbo e ácido sulfúrico, para formar sulfato de chumbo e água. (In: BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000, p. 7)

Durante um ciclo de carga/descarga o material ativo passa sucessivamente do estado PbO_2 para o estado PbSO_4 , e do estado Pb para PbSO_4 (BROSSET; BODEREAU, 2012, p.11). Essas transformações provocam variações periódicas do volume dos materiais ativos, que acabam se desagregando e as partículas caem no fundo da caixa, ou seja, cada ciclo provoca uma perda de material. Sendo assim, a vida útil da bateria depende do número de ciclos dela.

As baterias também podem se tornar irrecuperáveis, após sofrerem desgastes químicos, como a sulfatação. A dissociação do sulfato de chumbo PbSO_4 em íons SO_4^{2-} e Pb^{2+} não é uma reação com 100% de rendimento, isso quer dizer que uma parte do sulfato de chumbo fica na forma de sulfato (BROSSET; BODEREAU, 2012, p.28), o que traz várias consequências, pois esses íons não dissociados não participam mais das reações químicas, e o sulfato de chumbo é insolúvel e impermeável o que faz, com que este fique grudado na superfície das placas, impedindo a passagem dos íons do material ativo atrás dele, diminuindo aos poucos a superfície ativa das placas, diminuindo assim a capacidade da bateria em gerar ampere. A condição essencial para que a bateria dure, é carregar a bateria até 100% logo após uma descarga, pois daí a sulfatação tem pouco tempo para se desenvolver.

Outro desgaste, com efeito mecânico de arrancar partículas do material ativo, é a corrente de carga que também dissocia as moléculas de sulfato de chumbo (BROSSET; BODEREAU, 2012, p.29). As partículas caem no fundo da caixa onde formam uma espécie de lama condutora de eletricidade, onde pode se acumular, fazendo com que as placas de um ou mais elementos entrem em curto circuito e até podem provocar explosão, danificando definitivamente a bateria.

“Os principais tipos de bateria chumbo-ácido são as automotivas, industriais e seladas, com um predomínio marcante das primeiras” (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000, p.7).

3.1 RECICLAGEM DE BATERIAS

As baterias são a maior fonte para a indústria de chumbo secundário, a grade desta contém mais de 90% de chumbo metálico e pode ser imediatamente fundida (MATOS; FERREIRA, 2007, p.3). Mais de 70% da produção mundial de chumbo é consumida na manufatura de baterias de chumbo.

Na reciclagem de baterias, estas são armazenadas em um galpão, posteriormente serradas e derramados os restos de resíduos líquidos (solução eletrolítica de baterias), contendo água, ácido sulfúrico e chumbo na forma solúvel e particulados sólidos, seguindo para estação de tratamento, onde o piso do local deve ser impermeável com queda para as canaletas coletoras dos resíduos líquidos, evitando assim uma possível contaminação do solo podendo atingir o lençol freático. Outra análise neste local são as condições na qual os funcionários trabalham devem usar EPI's e EPC's adequados para o tipo de trabalho para evitar possíveis acidentes de contaminações com resíduos (MATOS; FERREIRA, 2007, p.9). Após essa serragem o material sólido é encaminhado para o desmonte onde as grades de chumbo são separadas da embalagem plástica.

As grades de chumbo são colocadas em fornos, para o processo de fundição, onde são adicionados carvão mineral e estilhaços de ferro para remoção das impurezas contidas no chumbo (MATOS; FERREIRA, 2007, p.9). Os fornos são alimentados com óleo xisto e oxigênio elevando a temperatura em média de 450 a 700°C, fundindo todos os metais contidos no forno, os lingotes de chumbo são despejados nas fôrmas e a escória é retirada separadamente, após resfriamento e encaminhada para o galpão de rejeitos.

A figura 8 mostra o processo industrial de reciclagem de baterias, mostrando a produção e o destino final de cada surgimento de resíduos.

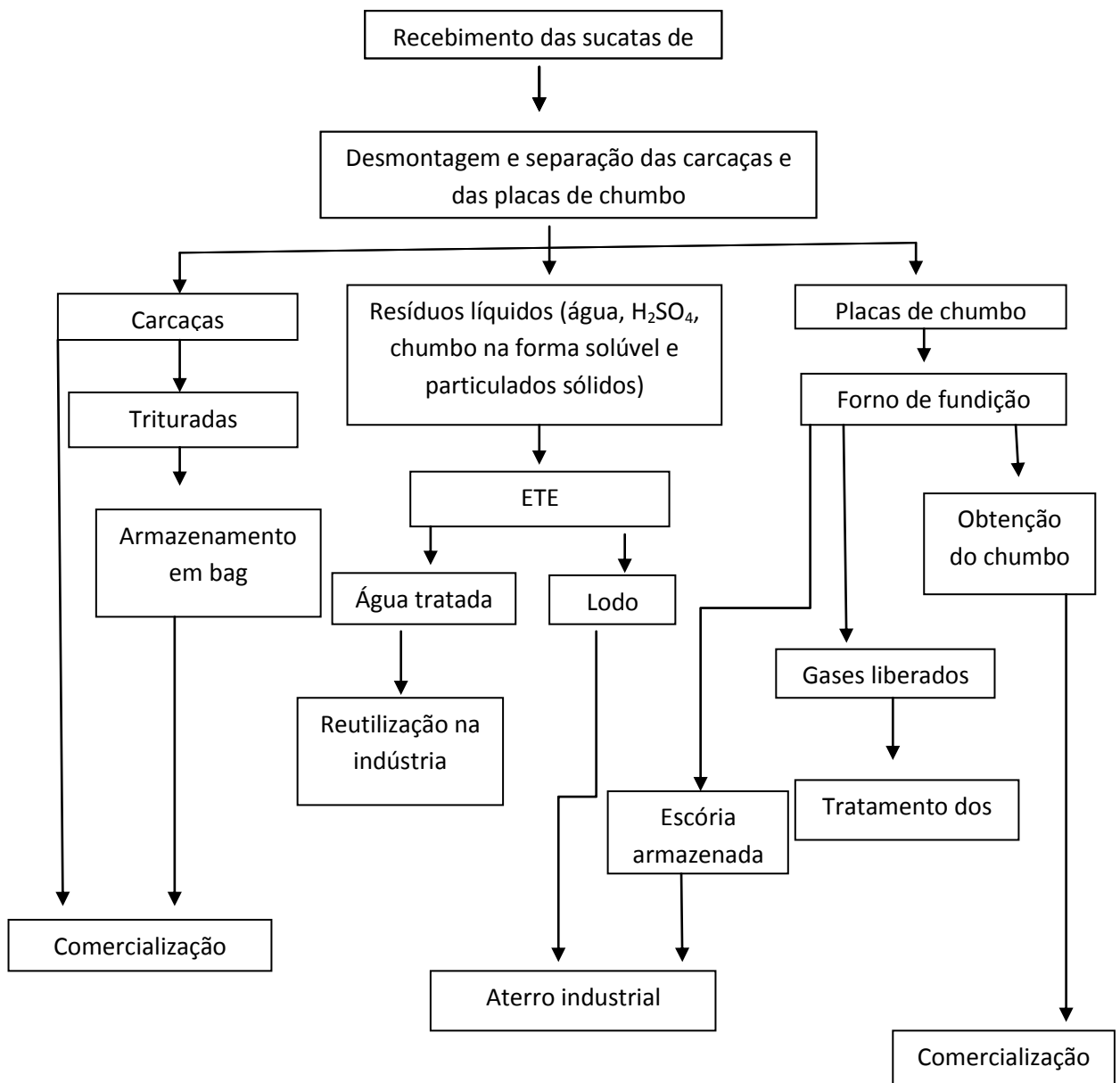


Figura 8 - Fluxograma do processo de reciclagem de baterias (In: MATOS; FERREIRA, 2007, p.9)

Com a fundição são analisados vários riscos, o chumbo libera gases que podem provocar riscos de contaminação dos operários, vizinhança e ao meio ambiente (MATOS; FERREIRA, 2007, p.9). Os gases, fuligens e fumaças liberadas, são captados por coifas e tubulações que resfriam e sedimentam pelo caminho, seguindo para o filtro manga, as partículas são removidas após sedimentadas nos poços de visitas em pontos distintos, seguindo os gases para outro filtro manga onde são filtradas e removidas as impurezas, o último equipamento é a chaminé que deve ter um altura significativa de oito a dez metros para facilitar a dispersão da fumaça.

Os resíduos sólidos (escória) resultantes da fundição do chumbo, devem permanecer em galpão coberto e depois encaminhado para um aterro industrial (MATOS; FERREIRA, 2007, p.9), pois este resíduo trata-se de resíduos classe I, não inertes ou perigosos, capaz de degradar o meio ambiente e a saúde das pessoas envolvidas direta e indiretamente. Os demais resíduos como: plásticos, papéis, embalagens e outros, devem ser tratados e dispostos em recipientes adequados e descartados em locais apropriados.

Os resíduos líquidos de dispõem em canaletas que encaminham a uma estação de tratamento aqueles constituídos basicamente de água de lavagem de pisos, solução eletrolítica de baterias contendo água, ácido sulfúrico, resíduos metálicos ionizáveis e não ionizáveis e particulados sólidos. Esse tratamento se dispõe de uma gradeamento simples, sistema de correção de pH, decantação primária com retenção de sobrenadantes, tanques de neutralização dotados de agitadores mecânicos, decantadores, tanques de acondicionamento de efluente tratado, leito de secagem com retorno do percolado para o sistema de tratamento e piscina de evaporação.

Quando é feita a reciclagem de baterias, o ácido sulfúrico e o chumbo deixam de ser descartados de forma inconsciente, já que tanto o ácido e o metal podem trazer sérios riscos à saúde.

3.2 GESSO PRODUZIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO DE BATERIAS

Na reciclagem de baterias inservíveis, um dos métodos é a adição de calcário, que reage com o ácido sulfúrico, resultando no gesso agrícola (Figura 9). Esse calcário é adicionado nos tanques de neutralização após a solução ser deixada em repouso por 12 horas.

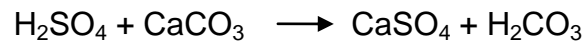


Figura 9 - Ácido sulfúrico reagindo com carbonato de cálcio, para formar sulfato de cálcio e ácido carbônico (In: BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000, p. 7)

4. GESSO AGRÍCOLA

Gesso agrícola é basicamente o sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Para a produção do ácido fosfórico as indústrias de fertilizantes utilizam como matéria prima a rocha fosfática, (apatita) que ao ser atacada por ácido sulfúrico e água, produzem como subproduto da reação o sulfato de cálcio e o ácido fluorídrico. A composição química média do gesso agrícola é: S (17,7%); CaO (30,9%); F (0,7%)(DIAS, 1992).

Na agricultura o gesso pode ser Utilizado para correção de camadas superficiais contendo alto teor de Al^{3+} ou baixo teor de Ca^{2+} ; como fonte de Ca e de S; para correção de solos sódicos e para reduzir as perdas de nitrogênio durante o processo de compostagem.

O gesso não corrige a acidez e tampouco diminui o Al^{3+} trocável do solo, sua função é alterar a forma iônica do Al (tri – valente e mais tóxica) para uma menos tóxica, que ao ser adicionado, sofre dissolução (figura 10).

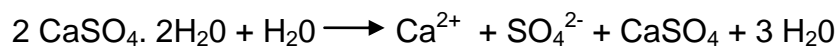


Figura 10 - Reação do sulfato de cálcio com água, formando os íons sulfato e cálcio mais água

Na solução do solo, o íon Ca^{2+} pode reagir no complexo de troca do solo, deslocando Al^{3+} , K^+ e Mg^{2+} , que podem reagir com o SO_4^{2-} formando AlSO_4 e MgSO_4 , além do CaSO_4 , que são pares iônicos e apresentam grande mobilidade ao longo do perfil, provocando uma descida de cátions para camadas mais profundas. Além do aumento de Ca^{2+} que promove a redução da saturação de Al, ou seja, da concentração de Al^{3+} . (SORATTO; CRUSCIOL; MELLO, 2010).

A Neutralização do alumínio trocável pela adição de gesso, pode ocorrer, basicamente, a partir da precipitação do complexo $\text{Al}(\text{OH})_3$ decorrente da liberação de OH^- para a solução em decorrência da adsorção de sulfato (KORNDORFER, 1998); da Formação do complexo AlSO_4^+ que é menos tóxico para as plantas; da

formação do par iônico AlF^{2+} decorrente da presença de F^- no gesso agrícola; ou da precipitação de minerais de sulfato de Al, como alunita e basalminita, por exemplo, decorrente do aumento da concentração de sulfato na solução.

Em relação ao aumento de cálcio no solo, o que acontece é que o gesso tem um ânion acompanhante (SO_4) que pode ser carregado juntamente com o cálcio para camadas mais profundas do solo.

O solo também sofre de deficiência de S em diferentes culturas devido ao uso de formulações concentradas, baixo consumo de fertilizantes contendo S (sulfato de amônio e de potássio), aumento da produtividade das culturas e manejo inadequado do solo possibilitando a diminuição de seu teor de matéria orgânica, o que leva ao uso da calcinação.

O nitrogênio do solo perdido durante a compostagem, onde microrganismos do solo transformam os nitratos em gás de amônia, que se perde pela atmosfera, e segundo Korndorfer (1998, p.11) o gesso agrícola reage com a amônia liberada, transformando-a em sulfato de amônio, diminuindo, portanto sua volatilização. Também pode ser perdido o nitrogênio pela erosão do solo, que carrega, pela ação das enxuradas e dos ventos, camadas de terra que contêm nutrientes, como o nitrogênio e pelo processo de lixiviação, que segundo Duarte (2006, p.29) ocorre como consequência dos processos de transferência do N em profundidade com a água em percolação. Essa perda torna o solo inadequado para o cultivo, pois o N é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas e, normalmente, proporciona maior resposta em produtividade.

Para a aplicação do gesso deve seguir as seguintes instruções específicas como: fazer a amostragem do solo (camada 20-40 cm) se o solo apresentar, saturação de alumínio > 20% e teor de Ca < 0,5 meq/100cm³.

É recomendada para culturas anuais N.G. (Kg/ha) = 50 x % argila e culturas perenes N.G.(kg/há) = 75% argila, levando em consideração a textura do solo como mostra a tabela 5.

Tipo de solo	Quantidade de gesso Kg/ha
-Arenoso	500kg/ha
-Médio	1000kg/ha
-Argiloso	1500kg/ha

Tabela 5 - Textura do solo (In: KORNDORFER, 1998, p.5)

4.1 USOS DO GESSO NO BRASIL

Particularmente no Brasil, a gessagem passou a ser usada na agricultura após a implantação de indústrias de ácido fosfórico e conseqüentemente, do Gesso Agrícola, a pratica se torna a cada dia mais importante, senão indispensável, para o manejo de solo já agricultáveis, como também em solos de cerrado, para onde as fronteiras agrícolas do país se expandem.

O Brasil tem uma enorme área de solos ácidos em todas as regiões, ocupando espaço relativamente menor apenas no semi-árido nordestino.

Na importante região do cerrado, palco da maior ampliação da área agrícola do mundo nas ultimas décadas, mas também em outras regiões, há quase absoluta predominância de solos com elevadas saturações por alumínio e baixos teores de cálcio ao longo do perfil (RAIJ, 2008, p.1).

Muitas culturas já são beneficiadas hoje como resultados expressivos da utilização do gesso agrícola durante o manejo do solo, pois o efeito do gesso como condicionador e fonte de nutrientes já são considerados indispensáveis, por exemplo, para atender a demanda cada vez maior nas lavouras de cana-de-açúcar em todo sudeste e centro-oeste do país.

A tecnologia do uso do gesso na região do Cerrado foi lançada em 1995 e a Embrapa Cerrados foi quem primeiro recomendou seu uso. Nessa época segundo Caldas (2010), eram vendidas cerca de 200 mil toneladas por ano, hoje já atingimos três milhões de toneladas por ano.

5. BENEFÍCIOS E PROBLEMAS AMBIENTAIS

A aplicação do gesso da reciclagem de baterias pode trazer benefícios devido ao aproveitamento do ácido sulfúrico, como um uso alternativo trazendo benefícios ao meio ambiente.

Porém, esse produto poderá contaminar o solo relacionado as concentrações de chumbo, devidos as placas de chumbo contidas na bateria, o que contamina o ácido sulfúrico H_2SO_4 e conseqüentemente o produto final após a adição do calcário $CaCO_3$.

Com o solo contaminado, o chumbo poderá ser absorvido pelas plantas. Nos vegetais, a carga de contaminantes existentes é gerada através da captação do metal pelas raízes, como o chumbo não tem grande capacidade de migrar no interior das plantas, estas absorvem pequenos teores de chumbo (MATOS; FERREIRA, 2007, p.5).

O chumbo é estável, não dissipa ou biodegrada, ou seja, no solo ele se torna bioacumulativo, porém a cada aumento de 1000ppm do metal no solo há um aumento das concentrações sanguíneas de 3 a 7 (micrograma/dL⁵) (AMBRÓSIO, 2007, p.6).

A Portaria nº 685 de 27/08/1998 da secretária Nacional de Vigilância Sanitária, estabelece limites máximos de tolerância (LMT) para o chumbo em alimentos, nas condições em que são consumidos. Esses valores variam de 0,05 a 2 mg/Kg de alimento (Tabela 6).

Alimentos	Quantidade de chumbo Permitida mg/Kg
Óleos, gorduras e emulsões refinadas	0,1
Caramelos e balas	2,0
Cacau (exceto manteiga de Cacau e chocolate adoçado)	2,0
Chocolate adoçado	1,0
Dextrose (glucose)	2,0
Sucos de frutas cítricas	0,3
Leite fluido, pronto para consumo	0,05
Peixes e produtos de pesca	2,0
Alimentos para fins especiais, preparados especialmente para lactentes e crianças até três anos	0,2
Partes comestíveis cefalópodes	2,0

Tabela 6 – Limites máximos de Tolerância para o chumbo em alimentos.

A maior parte do chumbo é retida fortemente no solo, e muito pouco é transportado para águas superficiais ou profundas (SANTANA, 2006, p.10).

A bio-disponibilidade de chumbo em solos parece mudar de acordo com a forma mineralógica, ou seja, a forma em que o Pb se encontra complexado quimicamente constitui um fator importante de controle de bio-disponibilidade do metal no solo.

“O pH do solo influencia a mobilidade do metal no solo, que pode sofrer modificações, formar compostos menos solúveis e tornar-se menos disponível”. Em solos cultivados os níveis de chumbo podem variar de 20 a 80 mg/g (SANTANA, 2006, p.10).

6. APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO

As linguagens empregadas em experimentos realizados contribuem para a aproximação da química vista em sala de aula e o cotidiano dos alunos, tornando as aulas mais dinâmicas e de interesse de todos (SILVA; WOUTERS; CAMILLO, 2008, p.47).

O chumbo hoje tem sua principal aplicação na fabricação de baterias automotivas, mas também é usado em forros para cabos, elemento de construção civil, pigmento, soldas, mantas protetoras para aparelhos de raios-X e munições (ROBERTO, 2005, p.9).

Portanto os professores podem trabalhar com uma aula sobre o metal chumbo, primeiro pode falar sobre suas aplicações e em seguida mostrar uma aula prática onde poderá determinar a densidade do chumbo metálico e detectar chumbo em uma solução por meio de precipitação.

Densidade é a razão entre a massa e o volume (figura 11). É uma propriedade física que pode ser utilizada para identificar substâncias. Pelo fato dos sólidos serem bem pouco compressíveis, a densidade dos sólidos não varia muito com a temperatura.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

Figura 11 – Fórmula para cálculo de densidade do chumbo (In: ROMUALDO; 2009, p.2)

Nesse experimento serão utilizados provetas de vidro de 50 mL, balança técnica (precisão de 0,1 g), água destilada e corpos de chumbo. Serão pesados corpos de chumbo em uma balança técnica, anotando-se as massas com precisão de 0,1 g. Em seguida esses corpos de chumbo serão imersos em uma proveta de vidro, de capacidade igual a 50,0 mL contendo previamente 25,0 mL de água destilada. A

seguir, anotar o volume de água deslocado após a imersão do corpo de chumbo, e fazer os cálculos utilizando a fórmula apresentada na figura 11.

Para aula prática sobre precipitação, poderão ser usadas soluções de nitrato de chumbo II e acetato de chumbo II. A presença dos íons de chumbo II poderá ser detectada através da reação deste cátion com iodeto de potássio (KI), formando um precipitado amarelo de iodeto de chumbo (PbI₂) (figura 12).

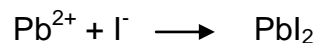


Figura 12 - Reação do íon chumbo com o íon iodeto, formando iodeto de chumbo (In: CRISTINA; DUTRA; LUCAS, 2010, p. 1)

Os íons chumbo II também reagem com a amônia formando um precipitado branco de hidróxido de chumbo (Pb(OH)₂) e este precipitado é insolúvel em excesso de reagente (figura 13).

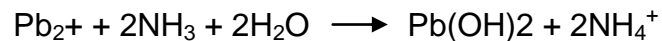


Figura 13 - Reação do íon chumbo II com amônia, formando hidróxido de chumbo e amônia (In: CRISTINA; DUTRA; LUCAS, 2010, p. 1)

7. MATERIAIS E METODOS

7.1 PARTE EXPERIMENTAL

O experimento conta com quatro vasos, de raio de 15,5 cm, portanto com área de 754,38 cm² e profundidade de 34 cm.

Os vasos receberam as variações de gesso proveniente da neutralização do resíduo líquido de baterias com calcário (carbonato de cálcio – CaCO₃) como mostra a tabela 7. Os cálculos para a adição do gesso foram feitos a partir de que 1 alqueire equivale a 24200 m². Portanto transformando a área do vaso para metros, teremos o seguinte cálculo (figura 14).

$$\begin{array}{r} 24200 \text{ m}^2 \dots\dots\dots 1000 \text{ kg (1 Tonelada)} \\ 0,0754 \text{ m}^2 \dots\dots\dots X \end{array}$$

$$X = 0,0031 \text{ Kg ou } 3,1 \text{ g de gesso a ser adicionado}$$

Figura 14 – Cálculo para adição de gesso no solo

A tabela 7 mostra os valores de gesso adicionado no solo equivalente em toneladas e o valor real segundo os cálculos feitos usando a área do vaso.

Vasos	Gesso (toneladas/ alqueire)	Quantidade de Gesso Adicionado (gramas)
Vaso 01	0	0
Vaso 02	1	3,1
Vaso 03	2	6,2
Vaso 04	4	12,5

Tabela 7 - Aplicação do gesso nos vasos em equivalência por alqueire

Em cada vaso foi adicionado gesso na quantidade que mostra a tabela 7 e em seguida foi plantado cenoura. Estes vasos ficaram expostos ao sol e chuva e os solos destes não foram revolvidos como na agricultura conservacionista, com o objetivo de avaliar se o chumbo sofreu arraste para a parte inferior dos vasos sem a interferência mecânica.

A figura 15 mostra os vasos após a adição do gesso e das sementes de cenouras.



Figura 15 – Vasos com adição do gesso e das sementes de cenoura

A figura 16 mostra a cenoura após 30 dias de plantio.



Figura 16 – Vasos com a cenoura após 30 dias do plantio

Decorrido 30 dias, foi colhido a cenoura e armazenadas para análises posteriores e o solo de cada vaso foi dividido em duas parcelas, uma parcela até os 17 cm de profundidade e a outra de 17 cm até o fundo do vaso que é de 34 cm. Cada parcela foi bem homogeneizada e retirada uma amostra identificada conforme a tabela 8.

Vaso 01 (00-17) cm	Vaso 01 (17-34) cm
Vaso 02 (00-17) cm	Vaso 02 (17-34) cm
Vaso 03 (00-17) cm	Vaso 03 (17-34) cm
Vaso 04 (00-17) cm	Vaso 04 (17-34) cm

Tabela 8 - Identificação dos vasos no experimento

As amostras foram secas e destorroadas por moinho de martelo próprio para esse trabalho, passadas em peneiras com malha de 2 mm de abertura, resultando na chamada terra fina seca ao ar (TFSA), estando assim, prontas para a análise química.

7.2 EQUIPAMENTOS

- Dispensador com capacidade de 20 ml.
- Mesa agitadora com movimento circular-horizontal, com rotação mínima de 220 rpm e bandejas de alumínio para três unidades de bandejas de isopor com 10 frascos.
- Medidor de pH, de referência.
- Pipetas volumétricas, balões volumétricos, Bequers e provetas, para preparo das soluções.
- Estufa
- Moinho
- Espectrômetro de Absorção Atômica.

7.3 MATERIAIS E REAGENTES

- Cachimbos de PVC com 10 cm³ de capacidade
- Conjuntos de frascos cônicos de polietileno com capacidade de 115 mL (altura de 8 cm e diâmetro de 4,5 cm), e tampa plástica, colocados em bandeja de isopor postas em suporte de alumínio
- Peneira com malha 2 mm de diâmetro
- Papel de Filtro, faixa azul, filtragem lenta
- Ampola TRITISOL Padrão Estoque de Chumbo 1000 mg

- Cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Ácido dietililenotriamino pentaacético (DTPA)
- Ácido clorídrico (HCl)
- Ácido nítrico (HNO_3)
- Trietanolamina (TEA)

7.4 EXTRAÇÃO DO CHUMBO

Em um Béquer foi adicionado aproximadamente 200 ml de água deionizada, 1,96 g DTPA e 14,9 mL de trietanolamina, agitou-se bem para dissolução. Em seguida, foi adicionado 1,47g de cloreto cálcio. Transferiu-se para balão volumétrico de 1L e completou-se o volume com água deionizada. Depois de acertado o pH para 7,30⁺. 0,05 com ácido clorídrico 4 mol L⁻¹.

OBS.: O reagente DPTA é o ácido dietilenotriamin pentaacetico ($\text{C}_{14}\text{H}_{23}\text{N}_3\text{O}_{10}$) com massa molar de 393,3mg mol⁻¹.

Para o preparo da solução de ácido clorídrico 4 mol L⁻¹, adicionou-se vagarosamente e cuidadosamente 33 mL de HCl concentrado ($d=1,19\text{g L}^{-1}$) em cerca de 50 mL de água deionizada. Completou-se o volume para 100 mL.

7.5 Curva Padrão de Chumbo para Análises Por Espectrofotometria De Absorção Atômica em Chama (AAS).

7.5.1 Solução Estoque Padrão de Chumbo (1000 mg.L-1 de Pb)

Transferiu-se a ampola de estoque padrão de chumbo para um balão de 1 L, completando-se o volume com água deionizada.

7.5.2 Solução Estoque Padrão de Chumbo (20 mg. L-1 de Pb)

Pipetou-se 20 mL da solução estoque padrão de chumbo 1000 mg.L⁻¹ e transferido para um balão de 1L, completando o volume com água deionizada.

7.5.3 Obtenção da Curva Padrão

Pipetou-se e transferiu-se para balões de 100 mL, 00, 5.0, 10 e 15 mL da solução estoque padrão de chumbo 20 mg.L⁻¹, em seguida completou-se o volume com solução extratora de DTPA pH 7,30. Obteve-se então a curva padrão.

7.6 DETERMINAÇÃO DE CHUMBO NO SOLO

Para fins de análise foi utilizada apenas a parte do solo que passou na peneira com abertura de malha de 2 mm, a chamada terra fina seca ao ar (TFSA), e que inclui a areia, o silte e a argila. Cachimbou-se 10 cm³ de solo e pesou-se em balança com auxílio de copo plástico para cálculo de densidade e transferiu-se para frasco cônico de polietileno em bandejas de alumínio e isopor. Em seguida adicionou-se 20 mL da solução extratora de DTPA pH de 7,30, tampou-se os frasco e agitou-se por 2 horas na mesa agitadora. Após retiradas as amostras da mesa agitadora e filtradas imediatamente por 3 horas, obteve-se o filtrado.

7.6.1 Determinação por Espectrômetro de Absorção Atômica em Chama

Calibrou-se o aparelho para leitura para concentração mg/L do elemento chumbo (283,3 nm) utilizando as curva padrão de trabalho. Em seguida foram lidas as absorbâncias no filtrado no máximo 24 horas, após a filtragem. As concentrações foram calculadas através da curva padrão.

7.7 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE DE CHUMBO NAS FOLHAS DA CENOURA

As folhas verdes recém- coletadas foram lavadas rapidamente com bastante água destilada.

Após a lavagem, as folhas foram colocadas em saco de papel, secadas na estufa com circulação forçada de ar a 60°C até peso constante, trituradas em moinho, passadas em peneiras de malha 1,0 mm e finalmente armazenadas em frasco de vidro para subsequente análise química.

7.7.1 Extração do chumbo do tecido vegetal através do método digestão seca

Transferiu-se 5g de amostra para um cadinho de porcelana.

A matéria orgânica do tecido vegetal foi incinerada na mufla elétrica sob temperatura de 500°C, durante 3 horas.

Em seguida, essa amostra foi dissolvida em 10 mL de HNO₃ concentrado e levada na chapa aquecedora até fervura. Após esfriar, transferiu-se esta para um balão de 50 mL e completou-se com água destilada. Filtrou-se a amostra em filtro de papel e fez a leitura da absorbância no espectrofotômetro de Absorção Atômica em Chama (AAS).

7.8 EXTRAÇÃO DO CHUMBO DO GESSO OBTIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO SULFÚRICO DE BATERIAS INSERVÍVEIS ATRAVÉS DO MÉTODO DIGESTÃO SECA

Transferiu-se 1g de amostra para um cadinho de porcelana. Em seguida essa amostra foi dissolvida em 10 mL de HNO₃ concentrado e levada na chapa aquecedora até fervura. Após esfriar, transferiu-se esta para um balão de 1 litro e completou-se com água destilada. Filtrou-se a amostra em filtro de papel e fez a leitura da absorbância no espectrofotômetro de Absorção Atômica em Chama (AAS).

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES NA AMOSTRA DE GESSO OBTIDO NA NEUTRALIZAÇÃO DO ÁCIDO DE BATERIAS INSERVÍVEIS E NAS FOLHAS DA CENOURA.

Para estas análises foi construída uma curva padrão, após leituras de absorção atômica em chama das várias soluções de chumbo, onde foram encontrados os resultados descritos na tabela 9.

Curva Padrão	
Concentração (mL/100mL)	Absorbância
0,0	0,000
5,0	0,076
10,0	0,148
15,0	0,216

Tabela 9 – Curva padrão de chumbo

Com esses valores de absorbância obteve-se a curva padrão apresentada na figura 17.

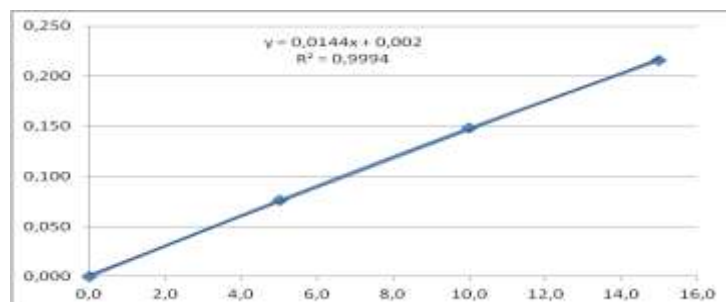


Figura 17 – Curva padrão de chumbo

Na Fórmula apresentada na curva padrão, y é a absorção e x é a concentração. Isolando a concentração temos (figura 18).

$$C = \frac{A - 0,002}{0,0144}$$

Figura 18 – Fórmula para o cálculo da concentração de chumbo

Esses valores de absorbância convertidos em concentração são dadas pelo aparelho de espectrômetro de absorção atômica, dando concentração em mg.L^{-1} . A curva padrão em um gráfico serve para avaliar se o ajuste dos pontos está satisfatório.

Após ter feito a curva padrão foi lida a amostra de gesso, e obteve-se o resultado mostrado na tabela 10. Na análise do gesso foi diluído 1 g deste com 10 mL de ácido nítrico concentrado, em seguida transferiu-se para um balão de 1 litro e completou este com água.

Leitura em absorbância/Concentração			
AMOSTRA	Diluição	Absorbância	Concentração
GESSO	1g/L	0,055	0,37%

Tabela 10 – Leitura de chumbo no gesso

Para o cálculo de concentração de chumbo no gesso, foi substituída na fórmula da curva padrão, a absorbância lida pelo espectrômetro na leitura da amostra (figura 19).

$$C = \frac{0,055 - 0,002}{0,0144} = 3,68 \text{ mg/L}^{-1}$$

Figura 19 – Cálculo da concentração de chumbo no gesso

Porém essa quantidade foi encontrada em 1 grama de gesso, portanto para encontrar a porcentagem de chumbo na amostra, foi feito o seguinte cálculo (figura 20).

$$\begin{aligned} 3,68 \text{ mg de chumbo} & \dots\dots\dots 1 \text{ grama de gesso} \\ X & \dots\dots\dots 100 \text{ gramas de gesso} \\ X & = 0,368\text{g de chumbo no gesso ou } 0,37\%. \end{aligned}$$

Figura 20 – Cálculo da porcentagem de chumbo no gesso

Na cenoura não foi possível encontrar chumbo, pois a massa de vegetal depois de seca não foi suficiente para a análise no espectrômetro de absorção atômica.

8.3 RESULTADOS DE CHUMBO NAS AMOSTRAS DE SOLO

Nas análises os valores de chumbo encontrados no solo deverão estar próximos à quantidade deste adicionado. No vaso 02 foi adicionado 3,1 gramas de gesso portanto a quantidade de chumbo final deverá ser próximo ao resultado encontrado no cálculo da figura 21.

$$\begin{aligned} 1 \text{ grama de gesso} & \dots\dots\dots 3,68 \text{ miligramas de chumbo} \\ 3,1 \text{ gramas de gesso} & \dots\dots\dots X \\ X & = 11,41 \text{ mg de chumbo} \end{aligned}$$

Figura 21 - Cálculo para quantidade de chumbo adicionado no vaso 02

Se os vasos apresentam uma área de 754,38 cm², e uma altura de 34 cm, o vaso apresenta um volume de 25,65 litros como mostra o cálculo da figura 22.

$$V = \text{área do vaso} \times \text{altura}$$

$$V = 754,38 \text{ cm}^2 \times 34 \text{ cm}^2$$

$$V = 25648,92 \text{ cm}^3$$

Figura 22 – Cálculo do volume do vaso

Convertendo esse valor para litros.

$$1 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 1 \text{ mL}$$

$$25648,92 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 25648,92 \text{ mL ou } 25,65 \text{ litros}$$

Portanto se adicionar 3,1 gramas de gesso contendo 11,41 mg de chumbo em um vaso de 25,65 litros, teremos uma concentração em mg/L que será adicionada (figura 23).

$$11,41 \text{ mg} \dots\dots\dots 25,65 \text{ litros}$$

$$X \dots\dots\dots 1 \text{ litro}$$

$$X = 0,44 \text{ mg/L de chumbo}$$

Figura 23 – Cálculo de conversão para mg/L do vaso 02

Para o vaso 03 onde foi adicionado 6,2 gramas de gesso, a quantidade de chumbo deverá ser próxima a mostrada no cálculo da figura 24.

$$1 \text{ grama de gesso} \dots\dots\dots 3,68 \text{ miligramas de chumbo}$$

$$6,2 \text{ gramas de gesso} \dots\dots\dots X$$

$$X = 22,816 \text{ mg de chumbo}$$

Figura 24 - Cálculo para quantidade de chumbo adicionado no vaso 03

Portanto se adicionar 6,2 gramas de gesso contendo 22,816 mg de chumbo em um vaso de 25, 65 litros, teremos uma concentração em mg/L por litro que será adicionada (figura 25).

$$\begin{array}{l} 22,816\text{mg} \dots\dots\dots 25,65 \text{ litros} \\ X \dots\dots\dots 1 \text{ litro} \\ X = 0,89 \text{ mg/litro de chumbo} \end{array}$$

Figura 25 – Cálculo de conversão para mg/L do vaso 03

Para o vaso 4 que foi adicionado 12,5 gramas de gesso (figura 26).

$$\begin{array}{l} 1 \text{ grama de gesso} \dots\dots\dots 3,68 \text{ gramas de chumbo} \\ 12,5 \text{ gramas de gesso} \dots\dots\dots X \\ X = 46 \text{ gramas de chumbo} \end{array}$$

Figura 26 - Cálculo para quantidade de chumbo adicionado no vaso 04

Portanto se adicionar 12,5 gramas de gesso contendo 46 mg de chumbo em um vaso de 25, 65 litros, teremos uma concentração em mg/L por litro que será adicionada (figura 27).

$$\begin{array}{l} 46 \text{ mg} \dots\dots\dots 25,65 \text{ litros} \\ X \dots\dots\dots 1 \text{ litro} \\ X = 1,79 \text{ mg/litro de chumbo} \end{array}$$

Figura 27 - Cálculo de conversão para mg/L do vaso 04

Para as análises de chumbo no solo foi construída uma curva padrão, onde foram encontrados os resultados descritos na tabela 11.

Curva Padrão	
Concentração (mL/100ML)	Absorbância
0,0	0,000
5,0	0,075
10,0	0,145
15,0	0,212

Tabela 11 – Curva padrão para chumbo no solo

Com esses valores de absorbância obteve-se a curva padrão apresentada abaixo, na figura 28.

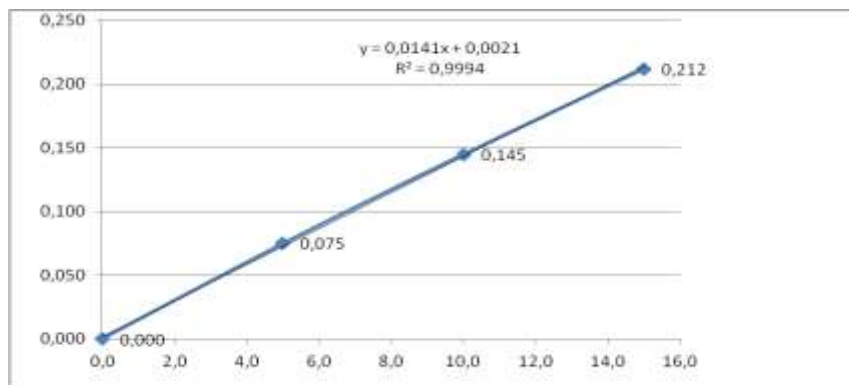


Figura 28 - Curva padrão para chumbo no solo

Na Fórmula apresentada na curva padrão, y é a absorção e x é a concentração. Isolando a concentração temos (figura 29).

$$C = \frac{A - 0,0021}{0,0141}$$

Figura 29 - Fórmula para cálculo da concentração de chumbo no solo

Para as análises do solo foi usada 10 mL de terra para 20 mL do extrator, portanto o resultado obtido deve ser multiplicado por 2. Os resultados das análises feitas no solo foram os seguintes, como mostra a tabela 12.

Leitura em Absorbância/Concentração			
Vaso	Absorbância	Concentração no Extrato	Concentração no Solo
1 (0-17)	0,006	0,28mg/L	0,56mg/L
1(17-34)	0,005	0,21mg/L	0,42mg/L
2(0-17)	0,008	0,42mg/L	0,84mg/L
2(17-34)	0,006	0,28mg/L	0,56mg/L
3(0-17)	0,01	0,56mg/L	1,12mg/L
3(17-34)	0,007	0,35mg/L	0,70mg/L
4(0-17)	0,02	1,27mg/L	2,54mg/L
4(17-34)	0,008	0,42mg/L	0,84mg/L

Tabela 12 - Resultados de chumbo no solo

No vaso 01 não foi adicionado gesso, o resultado obtido nas análises mostra que no solo já havia uma concentração do metal em sua composição. No vaso 02 foi adicionado 3,1 gramas de gesso contendo uma concentração de 0,44mg/L de chumbo e obteve um aumento na concentração de 0,42 mg/L de chumbo no solo em relação ao vaso 01.

No vaso 03 foi adicionado 6,2 gramas de gesso, contendo 0,89 mg/L de chumbo, e o solo apresentou um aumento de 0,84mg/L do metal.

No vaso 04 foi adicionado 12,5 gramas de gesso contendo 1,79 mg/L de chumbo em sua composição e o solo apresentou um aumento de 2,40mg/L do metal. A análise mostrou uma concentração de chumbo acima da quantidade do metal que foi adicionado, isso pode ter acontecido pois a área do vaso foi calculada medindo seu raio e sua altura, porém a quantidade em volume de solo adicionada no vaso por ter sido menor, o que mostra que esse estava em uma concentração em mg/L maior que nos demais vasos.

9. CONCLUSÃO

A análise química no gesso obtido na neutralização do ácido sulfúrico de baterias inservíveis mostrou que esse resíduo líquido apresenta 0,37% de chumbo em sua composição, ou seja, esse subproduto obtido nas fabricas de reciclagem de baterias, devido as grades destas serem feitas deste metal, resíduos metálicos acabam que ficando na solução eletrolítica.

A aplicação do gesso no solo traz vários benefícios, sendo uma das suas funções eliminar o alumínio tóxico, pois o Al^{3+} combina com o SO_4^{2-} formando o composto $Al_2(SO_4)_3$ que é menos tóxico para as plantas, e isso já está comprovado, porém com a aplicação do gesso usado no trabalho, as análises mostram que o chumbo adicionado junto com o gesso não dissipou nem biodegradou no solo, apresentando-se no solo de acordo com a quantidade do metal que foi adicionada juntamente com o produto. O metal também não se lixiviou para camadas mais profundas.

Na cenoura plantada nesses vasos, não foi possível fazer leitura de chumbo em sua composição, pois a quantidade do vegetal depois de seco não foi suficiente para ser analisado.

Pode-se concluir, diante dos resultados das análises feitas, que esse gesso quando aplicado no solo, com a quantidade de chumbo apresentada em sua composição, e a quantidade de chumbo apresentada no solo após sua aplicação, se mostra inferior a desse metal que pode ser encontrada naturalmente na crosta terrestre, que seria em concentrações de aproximadamente 13mg/kg. A portaria nº 685 de 27/08/1998 da secretária nacional de Vigilância Sanitária, estabelece limites máximos de tolerância para o chumbo em condições em que são consumidos, portanto para esse gesso ser usado como insumo agrícola, vai depender da quantidade deste que será aplicada no solo, e do que será cultivado, já que a lei permite valores que podem variar de 0,05 a 2mg/Kg em alimentos e segundo Matos e Ferreira (2007, p.5) o chumbo não tem grande capacidade de migrar no interior das plantas que absorvem pequenos teores do metal.

10. REFERÊNCIAS

ABREU, Cleide Aparecida de; ABREU, Mônica Ferreira de; ANDRADE, João Carlos de. **Distribuição de Chumbo no Perfil de Solo Avaliada Pelas Soluções de DTPA E MEHLICH-3**. Apresentado no "International Colloquium on Process Related Analytical Chemistry in Environmental Investigations", Gramado (RS), 5-8 de maio de 1996.

ALVES, Oswaldo Luiz. **Modernas Aplicações de Vidros**. Laboratório de Química do Estado sólido – LQES – Instituto de química. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: http://lqes.igq.unicamp.br/canal_cientifico/pontos_vista/pontos_vista_divulgacao47-1_vidros.pdf. Acesso em: 13 jul. 2012.

AMBRÓSIO, Edson. **Exigências Técnicas Ambientais da Atividade de Reciclagem e Industrialização de Acumuladores (Bateria Ácido-Chumbo) para o Estado de São Paulo**. 2007. 53p. Trabalho de conclusão de curso (Químico Industrial e bacharelado em Química)- Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

APOLINÁRIO, Karina Mariano. **Utilização do Lavador de Gases no Processo Industrial de Reciclagem de Chumbo**. 2009. 48p. Trabalho de conclusão de curso (Química Industrial e bacharelado em Química)- Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

ATKINS, Peter; JONES, Loreta. **Princípios de Química-Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3. Ed. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental. **Revista Química nova na Escola** (Química e Sociedade), nº11, maio, 2000. p.9-3.

BROSSET, Miguel G. E. ; BODERAU, Ghislaine C. **Conhecendo as Baterias.** Documento MBT – Energia Autônoma nº 022. Disponível em: <www.mbtenergia.com.br/pdf/conecendo%20as%20baterias.pdf>. Acesso em: 7 de mai. 2012.

CAIRES, E. F.; M. T.; KUSMAN, G. Barth; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M.. **Alterações Químicas do Solo e Resposta do Milho à Calagem e Aplicação de Gesso.** Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832004000100013&lang=pt>. Acesso em 28 set. 2011.

CAIRES, Fávero; FELDHAUS, Itacir César; BLUM, Julius. **Crescimento Radicular e Nutrição da Cevada em Função da Calagem e Aplicação de Gesso**, 2003, p.21. Scielo – Scientific Electronic Library Online. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687052001000300009&lang=pt> . Acesso em: 28 set.2011.

CALDAS, Juliana. **Produtores Devem Ficar Atentos Ao Uso Do Gesso Agrícola.** Embrapa Cerrados. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2010/marco/3a-semana/produtores-devem-ficar-atentos-ao-uso-do-gesso-agricola/>>. Acesso em: 28 jul. 2012.

CRISTINA, Ana; DUTRA, Denis; LUCAS, José. **Análises química qualitativa de metais.** Fundação de Apoio à Escola Técnica - FAETEC – Escola Técnica Estadual Santa Cruz – ETESC. Disponível em: <http://www.etesc.org/material/Eletromecanica/Aula_09-el_Analise_de_metalis-roteiro.pdf> Acesso em: 26 out. 2012;

Dias, Luiz Eduardo. **Uso de Gesso Como Insumo agrícola.** In: Comunicado Técnico. Ministério da Agricultura, do abastecimento e da Reforma agrária – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Biologia – CNPBS. 1992, 6 p.

Duarte, Francisco Medonça. **Perdas de Nitrogênio por Volatilização de Amônia e Eficiência da Adubação Nitrogenada na Cultura do Arroz Irrigado**. 2006. 85p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Rurais – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MACHADO, Fabio Braz. Banco de dados – minerais de chumbo. Museu – Unesp – Universidade do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/sulfetos/galena.html>>. Acesso em: 11 de jul. 2012.

NILSENBAUM, Moises André. **Pilhas e Baterias**. Sala de Leitura. Disponível em: <web.ccead.puc_rio.br/condigital/msVsala%20de%20leitura/conteúdos/SL_pilhas_e_baterias.pdf>. Acesso em: 7 de mai. 2012.

GAHYVA, Dáphine Luciana Costa; CRENITTE, Patrícia de Abreu Pinheiro; CALDANA, Magali de Lourdes; HAGE, Simone Rocha de Vasconcellos. **Caracterização das Alterações de Linguagem em Crianças com Histórico de Intoxicação por Chumbo**. Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo - Departamento de Fonoaudiologia, 11 de janeiro de 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pfono/v20n1/en_v20n1a10.pdf>. Acesso em: 14 out. 2011.

IORI, Gildo. **Determinação de Chumbo Disponível em solo contaminado pelo Método DTPA pH 7,3**. 2006. 20p. Trabalho de conclusão de Curso (Química Industrial e Bacharelado em Química) – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

KORNDORFER, Gaspar H. **Gesso agrícola**. Instituto de Ciências agrárias (Adubos e Adubação) – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gesso_agricolaID-NOjhwGHCyk.pdf> Acesso em: 14 out. 2011.

LANGE, Liséte Celina; SIMÕES, Gustavo Ferreira. **Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários**. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental(ReCESA) - Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – NUCASE. Disponível em: <http://vsites.unb.br/ft/enc/recursos/hidricos/NURECO/arq/POMAS/aterro_sanitario.pdf> Acesso em: 09 out. 2011.

MATOS, Roney Queiroz de Matos; FERREIRA, Osmar Mendes. **Recuperação de Chumbo de Baterias Automotivas-Análise de Resíduos Resultantes**. Departamento de Engenharia-Engenharia Ambiental-Universidade Católica de Goiás, Goiana, dez. de 2007.

MAVROPOULOS, Elena. **A hidroxiapatita como absorvedor de metais**. 1999. 105p. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública, 2011.

MOREIRA, Fátima Ramos; MOREIRA, Josino Costa. **A Cinética do Chumbo no Organismo Humano e Sua Importância Para a Saúde**. Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (CESTEH) - Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP), Fiocruz, Rio de Janeiro RJ, 3 de junho de 2003.

NEIS, Lucimeire. **Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás**. 2010, 14p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás - UFG. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832010000200014&lang=pt>. Acesso em: 28 set. 2011.

ROBERTO, Milena Cristina. **Chumbo - Risco Ocupacional**. 2005. 60p. Trabalho de conclusão de curso (Química Industrial e bacharelado em Química)- Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

ROMUALDO, Lincoln Lucilio. **Determinação Da Densidade Do Chumbo Sólido**. Universidade Federal De Goiás - Curso De Química. Disponível em: <http://www.catalao.ufg.br/siscomp/sis_prof/admin/files/alberthmeiry/data15-03-2010-horas21-41-42.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2012.

SANTANA, André Martins. **Determinação de Chumbo Total em Solo por Espectrometria de Absorção Atômica em Chama**. 2006. 24p. Trabalho de conclusão de curso (Química Industrial e bacharelado em Química)- Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

SANTOS, Juez Fontana. Perfil do chumbo. In: Relatório técnico. Ministério de Minas e Energia - MME - Secretária De Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_transformacao_mineral_no_brasil/P40_RT66_Perfil_do_Chumbo.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2012.

SCHIFER, Tiago dos Santos; JUNIOR, Stanislaw Bogusz; MONTANO, Marco Aurélio Echart. **Aspectos Toxicológicos do chumbo**. CFF – Conselho Federal de Farmácia – INFARMA. Disponível em: <<http://www.uff.br/toxicologiaclinica/Toxicologia%20do%20chumbo.pdf>>. Acesso dia: 30 de jul. de 2012.

SILVA, Daniele Felix da. **Solos Contaminados por Chumbo e Formas de Remediação**. 2006. 110p. Trabalho de conclusão de curso (Química Industrial e bacharelado em Química)- Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

SILVA, Benedito Célio Eugênio. **Chumbo**. Balanço Mineral Brasileiro 2011. Disponível em: <www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomoneral2011/chumbo.pdf>. Acesso dia: 7 de mai. 2012.

SILVA, Fabio Machado; WOUTERS, Ana Dionéia; CAMILLO, Shirlei Beti de Aguiar. Visualização Prática da Química Envolvida nas Cores e sua Relação com a Estrutura de Corantes. **Química Nova na Escola**, v.29, n.3, agosto, 2008.p. 46-48.

SILVEIRA, Andréa Maria. **Atenção à Saúde dos Trabalhadores Expostos ao Chumbo Metálico**. Ministério da Saúde – Secretária de atenção à Saúde – Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Disponível em: bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_atencao_saude_trab_exp_chumbo_met.pdf. Acesso em: 7 mai. 2012.

SORATTO, Rogério Peres; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa; MELLO, Francisco Fujita de Castro. **Componentes da Produção e Produtividade de Cultivares de Arroz e Feijão em Função de Calcário e Gesso Aplicados na Superfície do Solo**. Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de São Paulo (USP), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), 11 de junho de 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000400023&lang=pt Acesso em: 28 set. 2011.

STAUDINGER, Kevin C; ROTH, Victor C. **Intoxicação por Chumbo Ocupacional**. AAFP - American Family Physician. Disponível em: <http://www.aafp.org/afp/980215ap/stauding.html>. Acesso em: 15 out. 2011.