

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
FACULDADE DE CIENCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA

**RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA
ANALÍTICA QUALITATIVA: TRATAMENTO DE CÁTIONS**

Everton Wilker de Abreu Almeida

Diamantina

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
FACULDADE DE CIENCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA

**RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE
QUÍMICA ANALÍTICA QUALITATIVA: TRATAMENTO DE CÁTIOS**

Everton Wilker de Abreu Almeida

Orientador:

Lucas Franco Ferreira

Coorientadora:

Débora Vilela Franco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Licenciatura em Química, como
parte dos requisitos exigidos para a
conclusão do curso.

Diamantina

2013

**RESÍDUOS GERADOS NAS AULAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE
QUÍMICA ANALÍTICA QUALITATIVA: TRATAMENTO DE CÁTIOS**

Everton Wilker de Abreu Almeida

Orientador:

Lucas Franco Ferreira

Coorientadora:

Débora Vilela Franco

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Licenciatura em Química, como
parte dos requisitos exigidos para a
conclusão do curso.

APROVADO em 29 / 08 / 2013

Leandro Rodrigues de Lemos - FACET

Hélen Rose de Castro Silva Andrade - FACET

Prof. Dr. Lucas Franco Ferreira - ICT

DEDICATÓRIA

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso os meus pais, Vicente Paula de Almeida e Ivanda Gomes de Abreu Almeida !

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus por ter me concedido saúde e força para prosseguir mesmo com todas as dificuldades encontradas ao longo desta caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Lucas, pela parceria e paciência, dedicação e disponibilidade em me ajudar na conclusão deste trabalho.

À professora Débora, por toda a ajuda e colaboração.

À minha família, por todo apoio, estímulo, confiança e amor.

À todos meus amigos, por todo apoio.

Enfim, a todos que contribuíram nessa caminhada.

RESUMO

ALMEIDA, E. W. A. **Resíduos gerados nas aulas práticas experimentais de química analítica qualitativa: tratamento de cátions.** 2013. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina. Minas Gerais.

Este trabalho mostra a possibilidade do estudo de métodos de tratamento de resíduos laboratoriais nas aulas de Química Analítica Qualitativa, partindo de uma proposta de tratamento de cátions, este trabalho foi desenvolvido levando-se em consideração a prática, o tratamento e o gerenciamento de resíduos gerados e estocados, visando a diminuição dos mesmos após as aulas, tendo como objetivo a diminuição do descartes de produtos químicos tóxicos prejudiciais ao meio ambiente nas redes de esgoto, e também consolidar e ampliar o desenvolvimento institucional do Instituto de Ciências e Tecnologia – ICT, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

Palavras Chave: Tratamento de resíduos. Gerenciamento de resíduos.

ABSTRACT

ALMEIDA, E. W. A. **Waste generated in the practical classes of experimental analytical chemistry Qualitative treatment cations.** In 2013. Work course conclusion (Licenciatura in Chemistry). Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri. Diamantina. Minas Gerais.

This work shows the possibility to study methods of waste treatment laboratory classes Qualitative Analytical Chemistry, from a treatment proposal cation, this work has been developed taking into account the practice, treatment and management of waste generated and stocked, aiming to reduce them after school, having as objective the reduction of discharges of toxic chemicals harmful to the environment in the sewers, and also consolidate and expand the institutional development of the Instituto de Ciências e Tecnologia - ICT in Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM.

Keywords: waste treatment. Waste management.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Resíduos de Laboratório.....	11
1.1.1 Artigo 19A : Resíduos Líquidos.....	11
1.1.2. ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos	12
1.2 Classificações dos Cátions (íons metálicos) em Grupos Analíticos.....	14
1.2.1 Cátions do Grupo I.....	15
1.2.1.1 Chumbo (Pb): características analíticas do Pb^{2+}	15
1.2.1.2 Mercúrio, Hg: características analíticas do (Hg_2^{2+}).....	17
1.2.1.3 Prata, Ag: Características analíticas do Ag^+	18
1.2.2 Cátions do Grupo III	19
1.2.2.1 Ferro, Fe: características analíticas Ferro (III)	19
1.2.2.2 Alumínio, Al : características analíticas do Alumínio.....	20
1.2.2.3 Cromo, Cr: Características analíticas do Cromo (III)	21
1.2.3 Cátions do Grupo IV	22
1.2.3.1 Bário, Ba: características analíticas do Bário.....	22
1.2.3.2 Estrôncio, Sr: características analíticas do estrôncio.....	23
1.2.3.3 Cálcio, Ca: características analíticas do cálcio.....	24
1.2.3.4 Magnésio, Mg: Características analíticas do magnésio.....	25
2. OBJETIVO	26
2.1. Objetivos Específicos.....	26
3. METODOLOGIA	27
3.1. Inventário dos resíduos gerados nos laboratórios de Química Analítica da ICT	27
3.2 Caracterização do Resíduo	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30

4.1 Inventário dos resíduos gerados nos laboratórios de Química Analítica do Instituto de Ciência e Tecnologia ICT.....	30
4.2. Tratamento do resíduo.....	31
5. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observa-se uma ênfase crescente na questão dos resíduos químicos gerados em laboratórios, sejam eles universitários, de unidades industriais ou de pesquisa (FARIA, B. A.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, A. P., 2010). Na grande maioria das Universidades (e em especial nos Institutos e Departamentos de Química), a gestão dos resíduos gerados em atividades rotineiras é inexistente, e devido à falta de um órgão fiscalizador o descarte continua a ser praticado (JARDIM, W. F., 1998).

Ainda não parece existir no país uma legislação específica relativa aos resíduos gerados em laboratórios e nem o enquadramento de Universidades e órgãos de pesquisa como unidades poluidoras. Porém, nos últimos tempos, percebeu-se movimentações nessa direção. Por exemplo, o município do Rio de Janeiro promulgou a Lei 32736 em 6 de setembro de 2001, na qual se explicita que as unidades geradoras de lixo químico, infectante e radioativo são inteiramente responsáveis pelo manuseio, coleta, tratamento, transporte e disposição final desses materiais (FARIA, B. A.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, A. P., 2010).

O tratamento de resíduos dentro da própria unidade geradora deve ser explorado ao máximo de forma que apenas o mínimo seja enviado, para fora da unidade geradora, porque o transporte, além de acarretar em riscos, pode ser bastante dispendioso (JARDIM, W. F., 1998).

As universidades têm um papel de suma importância, tanto pela sua função de formação de profissionais (professores e químicos), como também da tarefa de disseminar uma nova mentalidade nos meios acadêmicos e profissionais. Todas as esferas de ensino devem estar engajadas, comprometidas e envolvidas na proposta de gerir os resíduos produzidos nas aulas de química e áreas afins profissionais (SILVA, A. F.; SOARES, T. R. S.; AFONSO, J. C. 2010).

1.1. Resíduos de Laboratório

Os resíduos gerados em atividades experimentais em aulas de Química apresentam muitas vezes as seguintes características: mau cheiro; presença de misturas de fases líquidas e sólidas; colorações decorrentes de misturas de substâncias coloridas ou de reações lentas com o ar (oxidação, por exemplo) sob a ação da luz ou mesmo entre componentes do resíduo; presença de borras, lacas e gomas de aspecto visual desagradável. O tratamento do resíduo deve ser feito o mais rapidamente possível, evitando que ele se altere com o tempo, dificultando o procedimento a ser aplicado (SILVA, A. F.; SOARES, T. R. S.; AFONSO, J. C.2010). Melhor ainda, devem-se adotar medidas que minimizem a geração de resíduos em experimentos práticos (Machado e Mól, 2008).

Resíduos aquosos podem ser tratados por processos convencionais ou emergentes (H_2O_2 ; fotocatálise; neutralização, etc...), o descarte em rede de esgoto deve obedecer aos parâmetros do artigo 19A do DECRETO N. 8.468 - DE 08 DE SETEMBRO DE 1976 (LESSA, M, M.;2010).

1.1.1 Artigo 19A : Resíduos Líquidos

O seu artigo 19A, estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema de esgotos, provido de tratamento com capacidade e de tipos adequados, se atenderem ao um conjunto de parâmetros orgânicos e inorgânicos.

I - pH entre 6,0 (seis inteiros e 10,0 (dez inteiros);

II - temperatura inferior a 40° C (quarenta graus Celsius);

III - materiais sedimentáveis até 20 mL/L (vinte mililitros por litro) em teste de 1 (uma) hora em "cone Imhoff);

IV - ausência de óleo e graxas visíveis e concentração máxima de 150 mg/L (cento e cinquenta miligramas por litro) de substâncias solúveis em hexano;

V - ausência de solventes, gasolina, óleos leves e substâncias explosivas ou inflamáveis em geral;

VI - ausência de despejos que causem ou possam causar obstrução das canalizações ou qualquer interferência na operação do sistema de esgotos;

VII - ausência de qualquer substância em concentrações potencialmente tóxicas e processos biológicos de tratamento de esgotos;

VIII - concentrações máximas dos seguintes elementos, conjuntos de elementos ou substâncias;

a) arsênico, cádmio, chumbo, cobre, cromo hexavalente, mercúrio, prata e selênio - 1,5 mg/L (um e meio miligrama por litro) de cada elemento sujeitas à restrição da alínea e deste inciso;

b) cromo total e zinco 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro) de cada elemento, sujeitas ainda à restrição da alínea e deste inciso;

c) estanho - 4,0 mg/L (quatro miligramas por litro) sujeita ainda à restrição da alínea e deste inciso;

d) níquel - 2,0 mg/L (dois miligramas por litro), sujeita ainda à restrição da alínea e deste inciso;

e) todos os elementos constantes das alíneas "a" a "d" deste inciso, excetuando o cromo hexavalente - total de 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro);

f) cianeto - 0,2 mg/L (dois décimos de miligrama por litro);

g) fenol - 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro);

h) ferro solúvel - (Fe^{2+}) - 15,0 mg/L (quinze miligramas por litro);

i) fluoreto - 10,0 mg/L (dez miligramas por litro);

j) sulfeto - 1,0 mg/L (um miligrama por litro);

l) sulfato - 1,000 mg/L (mil miligramas por litro);

IX - regime de lançamento contínuo de 24 (vinte quatro) horas por dia, com vazão máxima de até 1,5 (uma vez e meia) a vazão diária;

X - ausência de águas pluviais em qualquer quantidade.

1.1.2. ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos podem ser considerados qualquer mistura de materiais ou restos. São classificados de acordo com a sua natureza física, sua composição química, e os riscos potenciais que oferecem ao meio ambiente e a saúde pública (perigoso inerte e não inerte).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)– NBR 10004 – os resíduos sólidos são definidos como:

... resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles instalados em equipamentos e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Considerando a crescente preocupação da sociedade com relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, a ABNT criou a CEET- 00.01.34 - Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos, para revisar a ABNT NBR 10004:1987- Resíduos sólidos - Classificação, visando a aperfeiçoá-la e, desta forma, fornecer subsídios para o gerenciamento de resíduos sólidos.

As premissas estabelecidas para a revisão foram a correção, complementação e a atualização da norma em vigor e a desvinculação do processo de classificação em relação apenas à disposição final de resíduos sólidos.

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, onde a descrição de matérias primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (LESSA, M, M., 2010).

1.2 Classificações dos Cátions (íons metálicos) em Grupos Analíticos

Para fins de análise qualitativa sistemática, os cátions são classificados em cinco grupos, tomando como base sua peculiaridade a determinados reagentes, ou seja, os íons de comportamento análogo são reunidos dentro de um grupo. Os reagentes usados para a classificação dos cátions mais comuns são o ácido clorídrico, o ácido sulfídrico (sulfeto de hidrogênio), o sulfeto de amônio e o carbonato de amônio. A classificação baseia-se no modo como os cátions reagem a tais reagentes pela formação ou não de precipitados. Os cinco grupos e suas características são como se segue:

Grupo I: Os cátions deste grupo formam precipitados com ácido clorídrico diluído. Os íons deste grupo são: chumbo (Pb^{2+}), mercúrio (I) (Hg_2^{2+}), e prata (Ag^+).

Grupo II: Os cátions deste grupo não reagem com ácido clorídrico, mas formam precipitados com ácido sulfídrico em meio ácido mineral diluído. Os íons deste grupo são: mercúrio (II) (Hg^{2+}), cobre (Cu^{2+}), bismuto (Bi^{3+}), cádmio (Cd^{2+}), arsênio (III) (As^{3+}), arsênio (V) (As^{5+}), antimônio (III) (Sb^{3+}), antimônio (V) (Sb^{5+}), estanho (II) (Sn^{2+}), estanho (III) (Sn^{3+}) e estanho (IV) (Sn^{4+}).

Os quatro primeiros formam o subgrupo IIA, e os seis últimos, o subgrupo IIB. Enquanto os sulfetos dos cátions do grupo II.A são insolúveis em polissulfeto de amônio, os do grupo II.B são solúveis.

Grupo III. Os cátions deste grupo não reagem nem com ácido clorídrico e nem com ácido sulfídrico em meio ácido mineral diluído. Todavia, formam precipitados com sulfeto de amônio em meio neutro ou amoniacal.

Os cátions deste grupo são: cobalto (II) (Co^{2+}), níquel (II) (Ni^{2+}), ferro (II) (Fe^{2+}), ferro (III) (Fe^{3+}), cromo (III) (Cr^{3+}), alumínio (Al^{3+}), zinco (Zn^{2+}) e manganês (II) (Mn^{2+}).

Grupo IV. Os cátions deste grupo não reagem nem com reagentes do grupo I, nem do II, nem do III. Eles formam precipitados com carbonato de amônio na presença de cloreto de amônio em meio neutro ou levemente ácido. Os cátions deste grupo são: cálcio (Ca^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e bário (Ba^{2+}).

Grupo V. Os cátions comuns, que não reagem com nenhum dos reagentes dos grupos anteriores, formam o último grupo, que inclui os íons magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), amônio (NH_4^+), lítio (Li^+) e hidrogênio (H^+).

O sistema de grupo de cátions pode ser estendido para satisfazer a inclusão de íons menos comuns, como o tungstênio, molibdênio, titânio, vanádio e berílio que têm importantes aplicações industriais. São denominados íons menos comuns ou mais raros, devido sua análise qualitativa de rotina ser menos comum. Logo, nosso estudo se restringirá apenas aos cátions que ocorrem com mais frequência nas amostras comuns. Sendo que serão estudadas apenas as reações mais importantes de um número limitado de cátions.

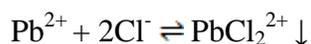
1.2.1 Cátions do Grupo I

Chumbo (II), Mercúrio (I) e Prata (I) Reagente do grupo: ácido clorídrico diluído 2M. Reação do grupo: precipitado branco de cloreto de chumbo (PbCl_2), cloreto de mercúrio (I) (Hg_2Cl_2) e cloreto de prata (AgCl).

1.2.1.1 Chumbo (Pb): características analíticas do Pb^{2+}

O chumbo é um metal cinza azulado com uma alta densidade ($11,48 \text{ g mL}^{-1}$). Dissolve-se facilmente em solução de concentração média de ácido nítrico (8M), produzindo os íons chumbo (II). Para o estudo das reações, podem ser utilizadas as soluções de nitrato de chumbo ou acetato de chumbo, ambas são fontes dos íons chumbo (II). As principais reações:

1- Ácido clorídrico diluído (ou cloretos solúveis): forma-se um precipitado branco (cloreto de chumbo) em solução fria e não muito diluída.

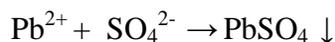


O precipitado pode ser tratado com água quente na qual apresenta uma certa solubilidade (33,4 g L⁻¹ a 100°C contra 9,9 g L⁻¹ a 20°C). Ele é também solúvel em ácido clorídrico concentrado ou cloreto de potássio concentrado, formando íons tetracloroplumbato (II) ([PbCl₄]²⁻).

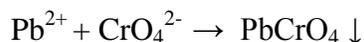
Se o precipitado for lavado por decantação e se adicionar amônia diluída, não se observará qualquer alteração (diferença dos íons mercúrio (I) ou prata), embora ocorra uma reação de precipitação concorrente, formando-se o hidróxido de chumbo.

2- Ácido sulfúrico diluído (ou sulfatos solúveis): forma-se um precipitado branco de sulfato de chumbo.

O precipitado é insolúvel em excesso de reagente. A quente, ele é solúvel em ácido sulfúrico concentrado formando o hidrogenossulfato de chumbo (HSO⁴⁻). O sulfato de chumbo é também solúvel em soluções concentradas de acetato de amônio 10M ou tartarato de amônio 6M, na presença de amônia, formando os íons tetracetato plumbato (II) ([Pb(CH₃COO)₄]²⁻) e ditartaroplumbato (II) ([Pb(C₄H₄O₆)₂]²⁻). Na presença de carbonato de sódio, ele é convertido em carbonato de chumbo.



3- Cromato de potássio em solução neutra de ácido acético ou de amônia: forma-se um precipitado amarelo de cromato de chumbo. Ele é dissolvido em ácido nítrico ou hidróxido de sódio.



4- Iodeto de potássio: precipitado amarelo de iodeto de chumbo.



A solução mais concentrada de iodeto de potássio (6M) dissolve o precipitado e forma íons tetraiodoplumbato (II) ([PbI₄]²⁻). Ele é moderadamente solúvel em água fervente, dando uma solução incolor, da qual se separa por resfriamento, formando lâminas amarelo-douradas.

5- Ensaios por via seca: Ensaios do maçarico de sopro: quando um sal de chumbo é aquecido na presença de um carbonato alcalino sobre carvão vegetal, obtém-se uma pérola

maleável de chumbo (que é mole e marcará o papel) circundada por uma incrustação amarela de monóxido de chumbo.

1.2.1.2 Mercúrio, Hg: características analíticas do (Hg_2^{2+})

O mercúrio é um metal branco prateado, líquido nas temperaturas normais e apresenta um peso específico de $13,534 \text{ g mL}^{-1}$ a 25°C .

Não é atacado pelo ácido clorídrico ou pelo ácido sulfúrico 2M, mas reage prontamente com o ácido nítrico. A frio e em concentração média de ácido nítrico (8M), com um excesso de mercúrio produz íons mercúrio (I) e com excesso de ácido nítrico concentrado a quente, formam-se íons de mercúrio (II). O ácido sulfúrico concentrado, a quente, também dissolve o mercúrio. Se o mercúrio estiver em excesso, serão obtidos íons mercúrio (I) e se o ácido estiver em excesso, serão os íons mercúrio(II).

Para o estudo das reações, pode ser utilizada a solução de nitrato de mercúrio(I), fonte dos íons mercúrio(I). As principais reações:

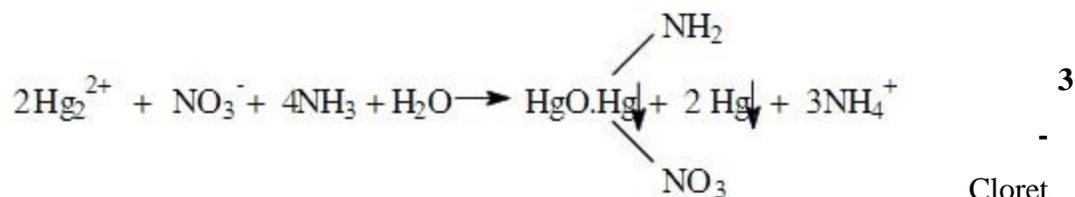
1- Ácido clorídrico diluído (ou cloreto solúveis): precipitado branco de cloreto de mercúrio (I) calomelano.



O precipitado é insolúvel em ácidos diluídos, porém solúvel em água régia (HNO_3/HCl : 1/3) formando o cloreto de mercúrio (II). Comparando o comportamento do cloreto de chumbo, visto na seção anterior, como cloreto de mercúrio (I) em solução de amônia são observadas alterações (diferenças dos íons mercúrio (I), chumbo (II) e prata (I)). Isso é devido a conversão do precipitado numa mistura de amido-cloreto de mercúrio(II) e mercúrio metálico, formando dois precipitados insolúveis.

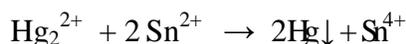
O nome calomelano é de origem grega, que significa preto bonito, e se deve a mistura proveniente da dissolução do cloreto de mercúrio (I) em amônia. O amino-cloreto de mercúrio (II) é um precipitado branco, mas o mercúrio finamente dividido o torna preto brilhante.

2- Solução de amônia: precipitado preto que é uma mistura de mercúrio metálico e amido-nitrato básico de mercúrio (II), que é ele mesmo um precipitado branco. Essa reação pode ser utilizada para diferenciar os íons mercúrio (I) e mercúrio (II).



-
Cloret
o de

estanho (II): reduz os íons mercúrio (I) a mercúrio metálico, apresentando-se sob a forma de um precipitado preto acinzentado. Os íons mercúrio (II) reagem de modo semelhante.

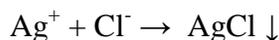


1.2.1.3 Prata, Ag: Características analíticas do Ag⁺.

A prata é um metal branco, maleável e dúctil. Apresenta um elevado peso específico (10,5 g.mL⁻¹) e funde a 960,5°C.

É insolúvel em ácido clorídrico, sulfúrico diluído (1M) e nítrico diluído (2M). Dissolve-se em ácidos mais concentrados, tais como: ácido nítrico (8M) ou em ácido sulfúrico concentrado a quente. A prata em solução forma íons monovalentes incolores. Para o estudo das reações, pode ser utilizada a solução de nitrato de prata, fonte dos íons prata (I).

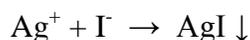
1- Ácido clorídrico diluído: precipitado branco de cloreto de prata



Na presença de ácido clorídrico concentrado, amônia diluída, cianeto de potássio e tiosulfato de sódio o precipitado é dissolvido, formando os respectivos íons complexos: dicloroargentato ([AgCl₂]⁻), diaminoargentato ([Ag(NH₃)₂]⁺), dicianoargentato (Ag(CN)₂]⁻ e ditiosulfatoargentato (Ag(S₂O₃)₂]³⁻.

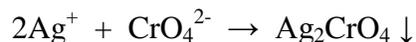
A reação de formação desse último complexo ocorre na fixação de negativos fotográficos ou positivos, após a revelação. A fixação compreende a retirada do excesso de cloreto de prata ou outro halogeneto de prata, que não foi decomposto pela luz solar ou radiação ultravioleta em prata metálica, tornando o negativo revelado insensível à luz.

2- Iodeto de potássio: precipitado amarelo de iodeto de prata.



O precipitado é insolúvel em amônia diluída ou concentrada, mas dissolve-se rapidamente em cianeto de potássio e em tiosulfato de sódio, formando íons complexos.

3- Cromato de potássio em solução neutra: precipitado vermelho de cromato de prata.



O precipitado é solúvel em ácido nítrico diluído e em solução de amônia, sendo que nesta última forma-se íon complexo. A solução acidificada torna-se laranja pela formação de íons dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) na reação.

1.2.2 Cátions do Grupo III

Ferro (III) e (II), alumínio, cromo (III) e (VI), níquel, cobalto, manganês (II) e (VII) e zinco.

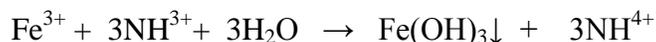
1.2.2.1 Ferro, Fe: características analíticas Ferro (III)

O ferro, quimicamente puro, é um metal branco, prateado, tenaz e dúctil. Funde a 1535°C . O metal comercial raramente é puro e, em geral, contém pequenas quantidades de carbureto, siliceto, fosfeto e sulfeto de ferro, e um pouco de grafite. Estes contaminantes exercem um papel importante na resistência de estruturas metálicas de ferro. O ferro pode ser magnetizado.

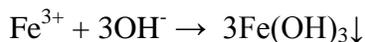
Os sais de ferro (II) são dissolvidos em ácido clorídrico diluído ou concentrado e em ácido sulfúrico diluído formando sais de ferro (II), liberando hidrogênio. Já com ácido sulfúrico concentrado a quente sua dissolução produz íons ferro (III) e dióxido de enxofre. Os íons Ferro (II) são também formados em solução de ácido nítrico a frio, juntamente com os íons amônio.

Utiliza-se uma solução de cloreto de ferro (III), $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ para o estudo destas reações. As principais reações:

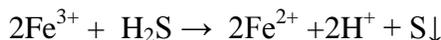
1- Solução de Amônia: precipitado gelatinoso, marrom avermelhado, de hidróxido de ferro (III), $\text{Fe}(\text{OH})_3$, insolúvel em excesso do reagente, mas solúvel em ácidos:



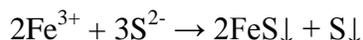
2- Solução de Hidróxido de Sódio: precipitado marrom avermelhado de hidróxido de ferro (III), insolúvel em excesso de reagente (distinção do alumínio e cromo):



3- Gás Sulfídrico: em solução acidificada, reduz os íons ferro (III) a ferro (II) e forma-se enxofre como um precipitado branco leitoso:



4- Solução Sulfeto de Amônio: forma-se um precipitado preto de sulfeto de ferro (II) e enxofre:



O ácido clorídrico dissolve o precipitado preto de sulfeto de ferro (II), tornando-se visível a coloração branca do enxofre. A partir de soluções alcalinas, obtém-se o sulfeto de ferro (III) preto (Fe_2S_3).

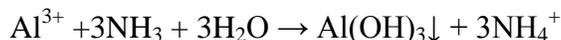
5- Solução de tiocianato de Amônio em solução ligeiramente ácida forma-se uma intensa coloração vermelha (diferença dos íons ferro(II), devida à formação de um complexo não dissociado de tiocianato de ferro (III):



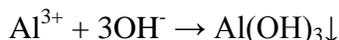
1.2.2.2 Alumínio, Al : características analíticas do Alumínio

AlO alumínio é um metal branco, dúctil e maleável; seu pó é cinza. Funde a 659°C. Os objetos de alumínio expostos ao ar são oxidados na superfície, mas a camada de óxido protege o objeto de oxidação posterior. Dos ácidos clorídrico, sulfúrico e nítrico diluídos, somente o primeiro dissolve o metal facilmente, sendo que o processo de dissolução nos dois últimos ácidos pode ser acelerado por adição de cloreto de mercúrio (II). Os mesmos ácidos só que concentrados dissolvem o alumínio facilmente. Ele é trivalente em todos os seus compostos (Al^{3+}). Emprega-se uma solução de cloreto de alumínio, AlCl_3 , ou uma solução de sulfato de alumínio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$, ou alume de potássio, $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, para o estudo destas soluções. As principais reações:

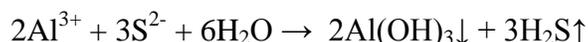
1- Solução de Amônio: precipitado branco, gelatinoso, de hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) pouco solúvel em excesso do reagente.



2- Solução de Hidróxido de Sódio: precipitado branco de hidróxido de alumínio. É dissolvido em excesso do reagente, formando íons tetrahidroxialuminato ($[Al(OH)_4]^-$).



3- Solução de Sulfeto de Amônio: precipitado branco de hidróxido de alumínio:

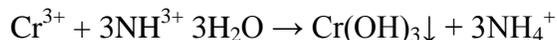


1.2.2.3 Cromo, Cr: Características analíticas do Cromo (III)

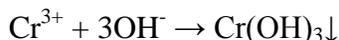
O cromo é um metal branco, cristalino e não consideravelmente dúctil ou maleável. Funde a 1765°C. Em soluções aquosas, o cromo forma três tipos de íons; os cátions cromo (II) e (III) e o ânion cromato (e dicromato), no qual o cromo tem um estado de oxidação de +6. O íon cromo (II) ou cromoso, Cr^{2+} , é derivado do óxido de cromo (II) CrO . Esses íons formam soluções de cor azul. Eles são os mais instáveis.

Os íons cromo (III) ou crômicos, Cr^{3+} , são estáveis e são derivados do trióxido de dicromo, Cr_2O_3 . Em soluções eles são verdes ou violetas, dependendo dos íons complexos formados. Nos ânions cromato CrO_4^{2-} ou dicromato $Cr_2O_7^{2-}$, o cromo é hexavalente com um estado de oxidação +6. Estes íons são derivados do trióxido de cromo, CrO_3 . Os íons cromatos são amarelos, enquanto que os dicromatos têm uma cor laranja. Em soluções ácidas os cromatos são facilmente transformados em dicromatos. Em soluções neutras (ou alcalinas), o íon cromato é predominante. Para o estudo destas reações, é empregada uma solução de cloreto de cromo (III), $CrCl_3 \cdot 6H_2O$, ou uma solução de sulfato de cromo (III), $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 15H_2O$. As principais reações:

1- Solução de Amônia: precipitado gelatinoso, verde cinzento a azul cinzento, de hidróxido de cromo (III) ($Cr(OH)_3$). É pouco solúvel em excesso do reagente, formando, a frio, uma solução violeta ou rosa, contendo o íon complexo hexaminocromato (III) ($[Cr(NH_3)_6]^{3+}$). Ao aquecer a solução, o hidróxido de cromo é precipitado.



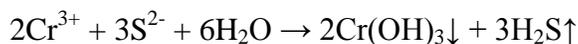
2- Solução de Hidróxido de Sódio: precipitado de hidróxido de cromo (III):



Essa reação torna-se reversível na presença de ácidos, dissolvendo o precipitado. Ele é também precipitado em excesso do reagente com a formação do íon tetrahidroxicromato

(III) (ou íon cromito)([Cr(OH)₄]⁻). Sendo essa última também reversível na presença de ácidos.

3- Solução de Sulfeto de Amônio: precipitado de hidróxido de cromo (III)



1.2.3 Cátions do Grupo IV

Bário, Estrôncio, Cálcio e Magnésio, Reagente do grupo: solução 1M de carbonato de amônio. Esse reagente é incolor e apresenta uma reação alcalina devido a hidrólise do íon carbonato (CO₃²⁻).

Ele é decomposto por ácidos (mesmo por ácidos fracos como o ácido acético), formando dióxido de carbono. Logo, ele deve ser usado em meio neutro ou ligeiramente alcalino. É interessante saber que o carbonato de amônio comercial contém sempre hidrogenocarbonato de amônio NH₄HCO₃ (bicarbonato de amônio) e carbamato de amônio NH₄O(NH₂)CO.

Esses compostos devem ser removidos antes de se iniciar as reações do grupo, pois os sais dos cátions em estudo são solúveis em água. Isso pode ser feito fervendo a solução reagente por algum tempo. O bicarbonato e carbamato de amônio são convertidos em carbonato de amônio. Reação do grupo: esses cátions não reagem nem com ácido clorídrico, sulfeto de hidrogênio e de amônio, mas o carbonato de amônio (na presença de quantidades moderadas de amônia ou íons amônio) forma precipitados brancos. O ensaio deve ser efetuado em soluções neutras ou alcalinas.

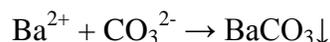
Na ausência de amônia ou íons amônio, o magnésio também será precipitado. Os precipitados brancos formados com o reagente do grupo são: carbonato de bário BaCO₃, carbonato de estrôncio SrCO₃ e carbonato de cálcio CaCO₃

1.2.3.1 Bário, Ba: características analíticas do Bário

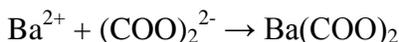
BaO bário é um metal branco prateado, maleável e dúctil, que é estável em ar seco. Reage com a água no ar úmido, formando o óxido ou hidróxido. Funde a 710°C. Reage com a água à temperatura ambiente, formando hidróxido de bário e hidrogênio. Os ácidos diluídos dissolvem o bário facilmente, com desprendimento de hidrogênio. Ele é divalente em seus sais, formando o cátion bário (II), Ba²⁺. Para o estudo destas reações, é empregada

uma solução de cloreto de bário, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ou nitrato de bário, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. As principais reações:

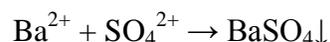
1- Solução de Carbonato de Amônio: precipitado branco de carbonato de bário (BaCO_3) solúvel em ácido acético e em ácidos minerais diluídos. O precipitado é ligeiramente solúvel em soluções de sais de amônio de ácidos fortes.



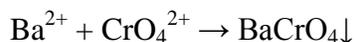
2- Solução de Oxalato de Amônio: precipitado branco de oxalato de bário ($\text{Ba}(\text{COO})_2$), que é ligeiramente solúvel em água e por ácidos minerais.



3- Ácido Sulfúrico diluído, forma-se um precipitado branco, pesado, finamente dividido, de sulfato de bário (BaSO_4), que é insolúvel em água, em ácidos diluídos e em solução de sulfato de amônio. Solúvel em ácido sulfúrico concentrado em ebulição.



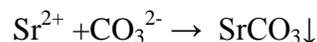
4- Solução de Cromato de Potássio forma-se um precipitado amarelo de cromato de bário (BaCrO_4), que é insolúvel em água, em ácido acético diluído (distinção do estrôncio e do cálcio) e solúvel em ácidos minerais.



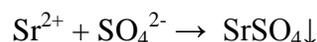
1.2.3.2 Estrôncio, Sr: características analíticas do estrôncio

SrO estrôncio é um metal branco prateado, maleável e dúctil. Funde a 771°C . Suas propriedades são análogas às do bário. Para o estudo destas reações, pode ser empregada uma solução de cloreto de estrôncio, $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ou de nitrato de estrôncio, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$. As principais reações:

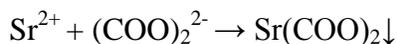
1- Solução de Carbonato de Amônio: precipitado branco de carbonato de estrôncio (SrCO_3) é um tanto menos solúvel que o carbonato de bário.



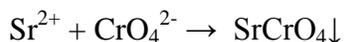
2- Ácido Sulfúrico diluído: precipitado branco de sulfato de estrôncio (SrSO_4) formado é insolúvel em solução de sulfato de amônio, menos em ebulição (distinção do cálcio) e levemente solúvel em ácido clorídrico em ebulição.



3- Solução de Oxalato de Amônio, forma-se precipitado branco de oxalato de estrôncio ($\text{Sr}(\text{COO})_2$) que é pouco solúvel em água e em ácido acético. É solúvel em ácidos minerais.



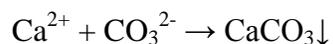
4- Solução de Cromato de Potássio. Forma-se um precipitado amarelo de cromato de estrôncio (SrCrO_4) que é consideravelmente solúvel em água, em ácido acético (distinção do bário) e em ácidos minerais.



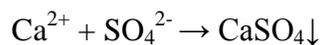
1.2.3.3 Cálcio, Ca: características analíticas do cálcio

CaO cálcio é metal branco prateado, relativamente mole. Funde a 845°C . É atacado pelo oxigênio atmosférico e pela umidade, formando o óxido e/ ou hidróxido de cálcio. O cálcio se decompõe na água formando o hidróxido de cálcio e hidrogênio. O cálcio forma o cátion cálcio (II), Ca^{2+} , em soluções aquosas. Seus sais são normalmente pós brancos e formam soluções incolores, a menos que o ânion seja colorido. Para o estudo destas reações, é empregada uma solução de cloreto de cálcio, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. As principais reações:

1- Solução de Carbonato de Amônio, é formado um precipitado branco amorfo de carbonato de cálcio (CaCO_3) que, por ebulição, se torna cristalino. Ele é solúvel em água que contenha um excesso de ácido carbônico e em ácidos, principalmente em ácido acético. Ligeiramente solúvel em soluções de sais de amônio de ácidos fortes.

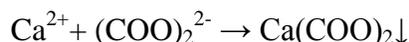


2 - Com ácido sulfúrico diluído forma-se um precipitado branco de sulfato de cálcio (CaSO_4). Ele é consideravelmente solúvel em água, sendo mais solúvel que o sulfato de bário ou estrôncio. Na presença de etanol, a solubilidade é muito menor. O precipitado dissolve-se em ácido sulfúrico concentrado a quente.



3- Solução de Oxalato de Amônio, um precipitado branco de oxalato de cálcio ($\text{Ca}(\text{COO})_2$) é formado rapidamente em soluções concentradas do reagente e lentamente

em concentrações diluídas. Ele é insolúvel em água e em ácido acético, porém solúvel em ácidos minerais.

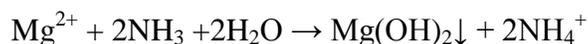


4- Solução de Cromato de Potássio, não é formado nenhum precipitado com soluções diluídas (do reagente) e nem concentradas na presença de ácido acético.

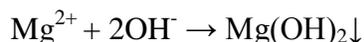
1.2.3.4 Magnésio, Mg: Características analíticas do magnésio

MgO magnésio é um metal branco, maleável e dúctil. Funde a 650°C. Queima facilmente em ar ou oxigênio com uma luz branca brilhante, formando o óxido MgO e o nitreto Mg₃N₂. O metal é levemente decomposto pela água à temperatura ambiente, mas, no ponto de ebulição da água, o precipitado de hidróxido de magnésio (Mg(OH)₂) é formado rapidamente. Na ausência de sais de amônio, esse hidróxido é praticamente insolúvel. O magnésio se dissolve facilmente em ácidos. O magnésio forma o cátion divalente Mg²⁺. Para o estudo destas reações, pode ser empregada uma solução de cloreto de magnésio, MgCl₂.6H₂O, ou sulfato de magnésio, MgSO₄.7H₂O. As principais reações:

1- Solução de Amônia, ocorre uma precipitação parcial de hidróxido de magnésio (Mg(OH)₂) branco e gelatinoso. Ele é pouco solúvel em água e solúvel em sais de amônio.



2- Solução de Hidróxido de Sódio, forma-se um precipitado branco de hidróxido de magnésio que é insolúvel em excesso de reagente, porém solúvel em soluções de sais de amônio.



3- Solução de Carbonato de Amônio, a reação na ausência de sais de amônio, forma-se um precipitado branco de carbonato básico de magnésio (MgCO₃.Mg(OH)₂.5H₂O). Já a reação na presença de sais de amônio, nenhuma precipitação ocorre (VOGEL, 1981, 5 ed).



2. OBJETIVO

Consolidar e ampliar o desenvolvimento institucional da UFVJM, através do estudo de métodos de tratamento de resíduos laboratoriais nas aulas de química analítica qualitativa, contribuindo para o desenvolvimento educacional científico e tecnológico do Instituto de Ciências e Tecnologia – ICT .

Utilizar uma proposta de tratamento disponível na literatura para ser futuramente utilizada na elaboração de um procedimento operacional padrão (POP), o qual significa um procedimento escrito de forma objetiva, que estabelece instruções sequenciais para a realização de operações rotineiras e específicas. Nesse caso, esse POP será utilizado especificamente para o tratamento de resíduos obtidos durante as aulas experimentais de Química Analítica Qualitativa, no Instituto de Ciências e Tecnologia – ICT, na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

2.1. Objetivos Específicos

- Realizar um inventário, caracterizando e os resíduos gerados nas disciplinas Química Analítica Qualitativa;
- Verificar a possibilidade de tratamento dos resíduos produzidos;
- Reduzir os estoques de resíduos;

3. METODOLOGIA

3.1. Inventário dos resíduos gerados nos laboratórios de Química Analítica da ICT

O inventário consistiu em identificar e quantificar os resíduos produzidos durante as aulas experimentais nas disciplinas Química Analítica Qualitativa, do curso de Bacharelado de Ciência e Tecnologia (BCT).



Figura 1: Laboratório de ensino da disciplina de Química Analítica Qualitativa

Durante o ano de 2013, a disciplina de Química Analítica Qualitativa foi ministrada pelo professor do Instituto de Ciência e Tecnologia, professor Dr. Lucas Franco Ferreira para turma de até 35 (trinta e cinco) alunos, divididos em equipes de 4 (quatro) em cada bancada sendo 4 (quatro) bancadas.

As atividades práticas realizadas na disciplina de Química Analítica Qualitativa têm como principal objetivo a separação e identificação de cátions e ânions, de acordo com os procedimentos e abordagens descritas pela Literatura. Apesar da disciplina ter turmas grandes, os ensaios realizados foram, rigorosamente, seguidos e observados pelo professor e o técnico. Os experimentos desenvolvidos estão apresentados a seguir:

Prática 1 e 2: identificação de elementos químicos pelo teste da chama;

Prática 3: identificação de elementos químicos pela reação com diferentes reagentes;

Prática 4: separação e identificação dos cátions do grupo 1;

Prática 5: separação e identificação dos cátions do grupo 3;

Prática 6: separação e identificação dos cátions do grupo 4;

Prática 7: separação e identificação de ânions (iodeto, brometo e cloreto);

Prática 8: separação e identificação de ânions (nitrato, sulfato e fosfato);

A separação e identificação de ânions também fazem parte do conteúdo programático da disciplina, porém estes experimentos não foram analisados a fundo nesta metodologia.

Todos os resíduos foram coletados e armazenados juntos em um mesmo recipiente após a realização de cada experimento. Observou-se então a necessidade de posteriormente de tratamento e separação e foram realizados assim os experimentos envolvendo a caracterização do resíduo.

3.2 Caracterização do Resíduo

Foi utilizado o resíduo citado. Abaixo tem um resumo dos cátions, que compõe este resíduo.

Tabela 1: Descrição dos elementos possivelmente presentes no resíduo e substâncias adicionadas para precipitação dos respectivos cátions.

Elementos	Substâncias adicionadas
Chumbo (Pb^{2+}), mercúrio (I) (Hg_2^{2+}), e prata (Ag^+)	Ajustar pH ~ 2 - com HCl 2 M
Cálcio (Ca^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e bário (Ba^{2+})	Ajustar pH ~ 2 - com HCl 2 M
Ferro (II) (Fe^{2+}), ferro (III) (Fe^{3+}), cromo (III) (Cr^{3+}), alumínio (Al^{3+}), e magnésio (Mg^{2+})	Ajustar pH ~ 8 – 9 com NaOH 10% m/v

Etapa 1 – Verificou-se pH do resíduo;

Etapa 2 – Adicionou-se cuidadosamente o ácido clorídrico 2 M, filtrou-se o resíduo removendo a parte sólida, o filtrado deve ser seco e colocado em embalagem apropriada devidamente identificada para seguir para aterro sanitário (esse procedimento deve ser repetido para todo sólido filtrado).

Etapa 3 – Transferiu-se o sobrenadante para um béquer que seja de preferência o dobro do volume do líquido (ou seja, se você tem 500 mL de resíduo, utilizou-se um becker de 1,0L)

e ajustou-se o pH com HCl solução 2,0 M (pH 2 e 3) , não foi utilizada solução concentrada, pois o precipitado poderia se dissolver. Verificou-se se houve formação de precipitado. Filtrou-se novamente, secou-se o precipitado e transferiu-se o sobrenadante para outro becker.

Etapa 4 – Adicionou-se um sal solúvel contendo sulfato, por exemplo, Na_2SO_4 , em uma pequena quantidade do sobrenadante (50 mL) aos poucos até que houve-se formação de precipitado, fez-se uma regra de três para a quantidade restante de sobrenadante e adicionou-se esta quantidade no Becker. Filtrou-se novamente e separou-se o sólido e transferiu-se o sobrenadante para o becker. Utilizou-se de agitação manual para homogeneizar a solução.

Etapa 5 – Novamente, separou-se cerca de 50 mL do sobrenadante e adicionando-se lentamente quantidade suficiente de uma solução de NaOH (10% m/v) até pH entre 8 e 9. Utilizou-se agitação manual para homogeneizar a solução. Novamente separou-se o sólido e transferiu-se o sobrenadante para outro becker. Verificou-se novamente o pH do sobrenadante para que no caso de ocorrer variação adiciona-se novamente solução de NaOH até pH 9. Verificou-se a formação de precipitado, filtrou-se novamente.

Etapa 6 – Finalmente ajustou-se o pH para valores entre 7-8 e descartou-se na pia com bastante água.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Inventário dos resíduos gerados nos laboratórios de Química Analítica do Instituto de Ciência e Tecnologia ICT.

O inventário dos resíduos gerados na disciplina de Química Analítica Qualitativa encontra-se sumarizado na Tabela 1. Os cátions encontrados nessa tabela referem-se aos resíduos gerados na turma desta disciplina, perfazendo um total de aproximadamente 25 a 35 alunos durante um período de 4 semestres gerando total de 3 litros de resíduo.

Na Tabela 1, os ensaios 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são relativos aos experimentos de separação e identificação de cátions dos grupos I, III, IV, respectivamente. Os experimentos estão numerados de acordo com o apresentado no item referente à parte experimental desta monografia de Conclusão de Curso.

Os resíduos gerados na disciplina de Química Analítica Qualitativa, conforme mostra a Tabela 1, são em sua maioria compostos de metais pesados, alguns de elevada toxicidade. Nesse sentido, a continuidade deste trabalho de pesquisa deu-se na busca de medidas visando o tratamento, a redução de toxicidade dos resíduos. Nesse sentido, o tratamento do resíduo, torna-se uma medida não só benéfica ao meio ambiente em geral mais também serve como crescimento do instituto em prol das suas responsabilidades com o uso, a estocagem e o tratamento de substâncias químicas.

4.2. Tratamento do resíduo

O resíduo encontrava-se de cor marrom avermelhado, com corpo de fundo (Ver Fig. 2), e $\text{pH} = 4,5$.

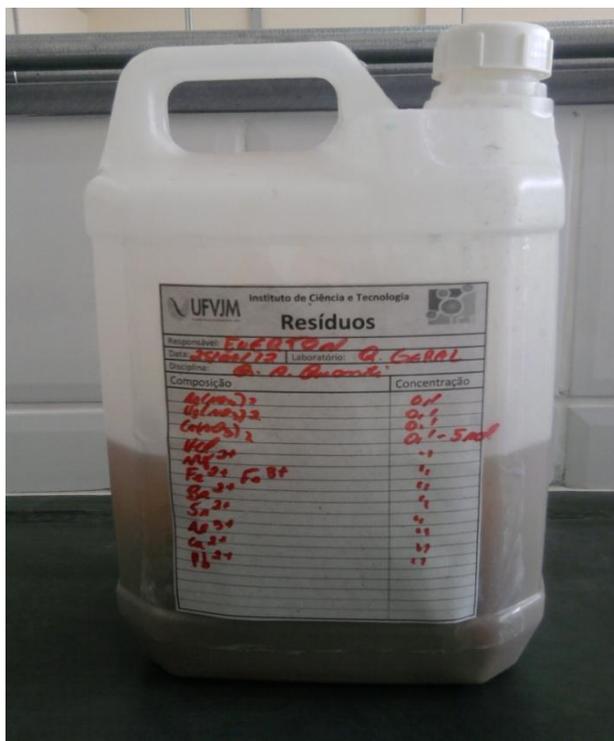


Figura 2: Resíduo gerado no Laboratório de Química Analítica Qualitativa.

Este resíduo contendo os cátions dos grupos I, III, IV, já se encontrava em um pH favorável para precipitação dos cátions do grupo IV. Separação desses cátions, caracteriza-se pela geração de resíduos contendo metais com elevado potencial de impacto ambiental. Dentro desse contexto, foi montado nesse trabalho uma estratégia que pudesse viabilizar o tratamento dos mesmos, visando minimizar a sua toxicidade e seus impactos ao meio ambiente devido ao seu descarte.

Observou-se que já havia corpo de fundo e este precipitado contém íons prata, cromo(VI), mercúrio e chumbo. Este resíduo recebeu tratamento, mediante a precipitação dos metais com o objetivo de adequar a fase aquosa, de maneira que fosse possível descartá-la na pia, aonde foi feita a filtragem do resíduo para remover a parte sólida, o filtrado foi seco em estufa e separado para pesagem final do resíduo, como mostrado nas

Figuras 4 e 5.



Figura 4: Sistema de filtração do resíduo para remoção da fração sólida.



(A)



(B)

Figura 5: Detalhes da primeira filtração (A) Sólido retido no filtro; (B) Sobrenadante.

Após a filtragem do resíduo, utilizando um papel de filtro faixa azul, o sobrenadante foi transferido para um béquer de maior volume do laboratório, ou seja, um béquer de 1000 mL e foi utilizada 20 ml de uma solução de HCl 2,0 M , para ajustar o pH para 2,05 de uma amostra de 900 ml do resíduo filtrado, medido-se o pH, sendo então utilizado 66,67 mL da solução par ajustar o pH de 3,0 litros de amostra.

Utilizando-se agitação manual para homogeneizar a solução, observou-se que ao adicionar-se um sal solúvel de sulfato ocorre a formação de outro precipitado, no qual sugere-se que ocorreu a precipitação dos cátions do grupo IV, esse precipitado contém provavelmente os íons cálcio (Ca^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e bário (Ba^{2+}), este resíduo recebeu tratamento, mediante a precipitação desses cátions com o objetivo de adequar a fase aquosa, de maneira que fosse possível descartá-la na pia, foi filtrado novamente e transferido o sobrenadante para outro becker. O filtrado foi seco em estufa e separado para pesagem final do resíduo, como mostrado na Figura 6.



(A)



(B)

Figura 6: (A) Detalhes do precipitado originado após adição com sal de sulfato solúvel em pH 2. (B) Detalhes do sistema de filtração para separação do sólido do sobrenadante.

Então, após separação do sólido e do sobrenadante, foi adicionado ao lentamente ao sobrenadante quantidade suficiente de uma solução de NaOH (10% m/v) até pH entre 8,16, onde foi necessário um volume de 8 ml desta solução de NaOH 10% m/v em uma de 200 mL da amostra, que no total de 3,0 litros de amostra foi utilizada 120 mL da solução. Utilizou-se de agitação manual para homogeneizar a solução.

Novamente ocorreu a precipitação (ver Fig. 7) e como esperado, sugere-se que ocorreu a precipitação dos cátions do grupo III, de cor bem amarelada, como mostrado nas Figuras 9 e 10. Esse precipitado tem íons ferro (II) (Fe^{2+}), ferro (III) (Fe^{3+}), cromo (III) (Cr^{3+}), alumínio (Al^{3+}), e magnésio (Mg^{2+}). O sólido foi filtrado e o sobrenadante transferido para outro Becker. Foi verificou-se novamente o pH do sobrenadante e notou-se que não ocorreram variações após a formação do precipitado.



(A)



(B)

Figura 7: (A) Detalhes do precipitado formado após ajuste de pH ~ 8 . (B) Detalhe do sistema de filtração e coloração do sobrenadante após a segunda precipitação.

Após a filtragem finalmente pode se observar o clareamento do resíduo, como mostrado na Figura 8.



Figura 8: Detalhe do sistema de filtração e coloração do sobrenadante após a segunda precipitação.

E então, após a filtração, o pH foi ajustado para 7,5 (Ver Figura 9), utilizando-se 50 mL da solução de HCl 2,0 M , já preparada anteriormente, e então o descarte foi feito na pia com bastante água.



Figura 9: Resíduo final após tratamento de precipitação.



Figura 10: Amostra (A) Etapa 1, resíduos de chumbo (Pb^{2+}), mercúrio (I) (Hg_2^{2+}), e prata (Ag^+). (B) Etapa 3, resíduos de ferro (II) (Fe^{2+}), ferro (III) (Fe^{3+}), cromo (III) (Cr^{3+}), alumínio (Al^{3+}), e magnésio (Mg^{2+}). Amostra (C) etapa 2, resíduos de cálcio (Ca^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e bário (Ba^{2+}). Amostra

5. CONCLUSÕES

Considerando a quantidade de resíduos gerados no laboratório de Química Analítica Qualitativa, torna-se importante a elaboração de Procedimentos Operacionais Padronizados, com o intuito de permitir um efetivo tratamento dos resíduos gerados nas aulas experimentais, e com isso evitando o descarte para o meio ambiente de substâncias tóxicas prejudiciais ao meio ambiente.

A realização do inventário também permitiu observar que os resíduos gerados na disciplina de Química Analítica Qualitativa, apesar de ter sido em grande quantidade é fácil de tratar e com poucos custos ao departamento.

Neste trabalho ficou demonstrado que a recuperação do resíduo é bastante eficiente, o procedimento é simples, de baixo custo e pode ser concluído rapidamente, exigindo um pouco de tempo e paciência para filtragem do precipitado. O resíduo sólido total obtido foi cerca de 66,567g, isso devido pequenas perdas durante o processo de transporte e lavagem das vidrarias utilizadas. Devido a todas estas características dos sólidos, esses procedimentos podem inclusive ser utilizados pelos próprios estudantes, ao final do período de aulas práticas.

Com tratamento adequado, podem-se minimizar os impactos ambientais gerados pelo descarte descuidado de resíduos e, além disso, a conscientização intra e interinstitucional do destino correto dos resíduos acarreta um processo de inclusão em que todos os alunos e professores de disciplinas que utilizem o laboratório passem a preocupar-se com o armazenamento, destino e tratamento dos rejeitos produzidos durante as aulas.

Desta forma este projeto alcançou os objetivos pretendidos incluindo a interface promovida entre a utilização de produtos químicos e o tratamento dos mesmos, além de poder criar futuramente oportunidades práticas que insiram os alunos no contexto de cidadão co-autor de um ambiente mais limpo e saudável.

REFERÊNCIAS

- FARIA, B. ARAUJO.; OLIVEIRA, M. S.; SANTOS, A. P.; Tratamento de Resíduos de Aulas Práticas de Química, Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, 2010
- JARDIM, W. F.; Gerenciamento e Resíduos em Laboratório de Ensino e Pesquisa. Instituto de Química – Unicamp – Laboratório de Química Ambiental – Cp 6154 – 13081-970 – Campinas, Quimica Nova 1998.
- JARDIM, W. F.; Gerenciamento e Resíduos em Laboratório de Ensino e Pesquisa. Instituto de Química. *Quim. Nova* 1998, 21, 671 .
- MACHADO, P.F.L. e MÓL, G.S. Resíduos e rejeitos de aulas experimentais: o que fazer? *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 38-41, 2008.
- AFONSO, J.C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R.P. e FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. *Química Nova*, v. 26 n. 4, p. 602-611, 2003.
- ALBERGUINI, L.B.A.; SILVA, L.C. e REZENDE, M.O.O.R. Tratamento de resíduos químicos: guia prático para a solução dos resíduos químicos em instituições de ensino superior. São Carlos: RiMa, 2005.
- SILVA, A. F.; SOARES, T. R. S.; AFONSO, J. C.; Gestão de Resíduos de Laboratório: Uma Abordagem para o Ensino Médio. *Química Nova*, Vol. 32, N° 1 , FEVEREIRO 2010.
- LESSA, M, M.; Destinação de resíduos gerados em laboratório, Minicursos 2010, Bacharel em Química - Resicontrol S/A, Contatos: marina.lessa@resicontrol.com.br
- FARIA, B. A.; OLIVEIRA, S. M.; SANTOS, A. P.; Tratamento De Resíduos De Aulas Práticas De Química, Centro de Educação Tecnológica e Profissional de Juiz de Fora – CETEPRO. Juiz de Fora – Minas Gerais – Brasil.
- TAVARES, G. A., BENDASSOLI, J. A., Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. *Quim. Nova*, 28 (4), p. 732-738, 2005.
- FARIAS, E. P.; Gerenciamento Dos Resíduos Gerados Nas Disciplinas De Química Analítica Do Curso De Química Da Ufpr: Inventário, Minimização, Recuperação E Redução De Toxicidade. Curitiba 2003.

FERNANDES N. S. (PQ).; SOUZA, S. P. M. C (IC).; Elaboração De Procedimento Operacional Padrão(Pop) Para Tratamento De Resíduos Químicos De Ag+, Pb²⁺e Hg²⁺. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN – CCET/ DQ

VOGEL, Arthur Israel. Química Analítica Qualitativa. Trad. Antônio Gimero. 5 ed. rev. (português). São Paulo:Editora Mestre Jou, 1981. 665p.