



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS
GERADOS EM AULAS EXPERIMENTAIS DE
QUÍMICA INORGÂNICA**

GRAZIELLE ESTEVES MATÃO

Goiânia, 2023



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

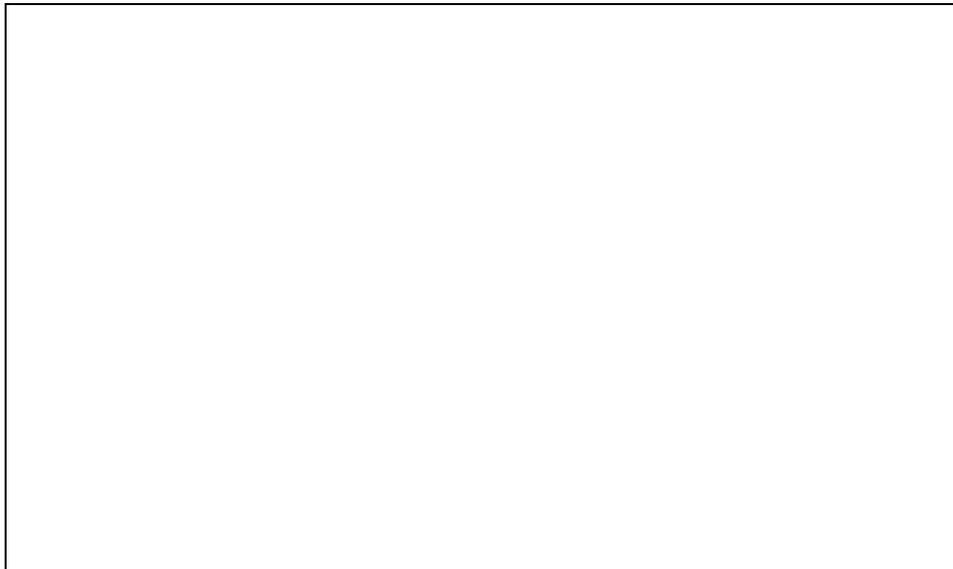
**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS EM AULAS
EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA INORGÂNICA**

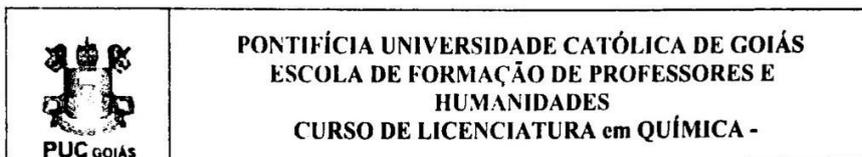
Autor (a): Grazielle Esteves Matão
Orientador (a): Sandra Regina Longhin

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

Goiânia, 2023

FICHA CATALOGRAFICA

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the central portion of the page. It is intended for the user to enter cataloging information.



Ata de Defesa Pública do Trabalho de Conclusão de Curso

Aos oito dias do mês de dezembro de 2023, às 9:30 horas, em sessão pública na sala 406 do Bloco A da Área 6 da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Dra Sandra Regina Longhin, e composta pelos examinadores:

1. Membro externo: Dr. Chrystopher Allan Miranda Pereira

2. Membro interno: MS. Rodrigo Bastos,

A estudante GRAZIELLE ESTEVES MATÃO apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso II intitulado:

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS EM AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA INORGÂNICA

como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Licenciatura em Química. Após reunião em sessão reservada, a Banca Examinadora deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente à estudante e demais presentes.

Na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que segue assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo estudante. Fica formalmente definido que a nota final será registrada somente após a correção e entrega da versão final do trabalho, dentro das normas exigidas pelo Curso e pela PUC Goiás.

Documento assinado digitalmente
gub SANDRA REGINA LONGHIN
Data: 17/12/2023 11:46:24 0303
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Presidente da Banca Examinadora:
Orientadora: Profa Dra Sandra Regina Longhin

Documento assinado digitalmente
gub CHRYSOPHER ALLAN MIRANDA PEREIRA
Data: 15/12/2023 17:44 05-0300
Verifique em <https://validar-it.gov.br>

Membro externo
Prof. Dr. Chrystopher Allan Miranda Pereira

Membro interno
MS. Rodrigo Bastos

Documento assinado digitalmente
gub RODRIGO DA MOTA BASTOS
Data: 16/12/2023 08:51 05-0300
Verifique em <https://validar-it.gov.br>

Acadêmica
Grazielle Esteves Matão

Grazielle Esteves Matão

RESUMO

A gestão de resíduos químicos (RQ) gerados em aulas experimentais, é um tema que envolve questões ambientais, econômicas, éticas e sociais. A falta de tratamento adequado desses resíduos pode promover contaminação e desperdícios de reagentes, pois com um tratamento correto, poderá ser feito a reutilização de alguns produtos. Esta pesquisa teve como objetivo diagnosticar os resíduos químicos (RQ) gerados nas aulas experimentais da disciplina Química Inorgânica oferecida aos estudantes do curso de Licenciatura em Química da PUC Goiás, sugerir meios de tratamentos, acondicionamento, rotulagem e disposição final de resíduos químicos gerados nas aulas experimentais. O resultado obtido mostrou que há uma diversidade de substâncias, misturas e soluções dentro do almoxarifado de líquidos do laboratório de Química, reagentes químicos vencidos e em grandes quantidades gerando resíduos e aulas onde não se trata o tema de resíduos e como tratar os RQ produzidos nas aulas. Foi realizada uma análise do material pedagógico disponibilizado aos estudantes da disciplina de Química Inorgânica, a fim de conhecer os reagentes, reações e resíduos. Como produto final, foi elaborado um procedimento operacional padrão (POP) com a descrição dos RQ gerados nas aulas e a forma adequada de armazenamento/descarte/tratamento, rotulagem, e disposição final para uma das aulas executada na disciplina. A pesquisa mostrou a necessidade de armazenamento e tratamento adequado devido aos impactos ambientais dos RQ se descartados de forma inadequada bem como a necessidade de discussão junto aos estudantes da graduação sobre o tema visando a ética com relação às questões ambientais.

Palavra-chave: resíduo químico; química inorgânica; aulas experimentais.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ASPECTO VISUAL DOS REAGENTES NO ALMOXARIFADO: REAGENTES VENCIDOS ÉTER ETÍLICO. (A) VENCIMENTO 15/01/2016, (B) VENCIMENTO 12/07/2020 E (C) VENCIMENTO 07/02/2021.....	16
FIGURA 2: ASPECTO VISUAL DAS SOLUÇÕES DO ALMOXARIFADO: SOLUÇÕES SEM INFORMAÇÕES DE RÓTULOS DE SEGURANÇA. (A) SOLUÇÃO DE CARBONATO DE SÓDIO, (B) SOLUÇÃO DE FENOLFTALEÍNA E (C) SOLUÇÃO DE FERROCIANETO DE POTÁSSIO.	17
FIGURA 3: ASPECTO VISUAL DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DO ALMOXARIFADO.	17
FIGURA 4: ASPECTO VISUAL DO ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS DO ALMOXARIFADO: ARMAZENAMENTO INADEQUADO DE RESÍDUOS QUÍMICOS	18
FIGURA 5: ASPECTO VISUAL DE BISPAGAS CONTENDO SOLUÇÕES DE REAGENTES DENTRO DO ALMOXARIFADO.	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DE AULAS LABORATORIAIS	12
TABELA 2: AULA CICLO DO COBRE	21

LISTA DE ABREVIATURAS

PUC Goiás – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

POP – Procedimento Operacional Padrão

CF – Constituição Federal

IES – Instituição de Ensino Superior

FISPQ – Ficha de Segurança Produtos Químicos

SARS-COV – Coronavírus 2 da síndrome respiratória aguda grave

UTFPR – Universidade Federal Tecnológica do Paraná

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

CEMA – Coordenadoria Especial para o Meio Ambiente

UGR – Unidade de Gestão de Resíduos

FDSR – Ficha de Dados de Segurança para Resíduos Químicos Perigosos

PA – Pureza analítica

EPI – Equipamento de Proteção Individual

Sumário

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. QUÍMICA VERDE	11
3. ESTADO DA ARTE	12
4. OBJETIVOS	14
4.1 OBJETIVO GERAL	14
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	14
5. METODOLOGIA	15
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
7. AULA CICLO DO COBRE	21
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
9. REFERÊNCIAS	23
APÊNDICE	25

1. INTRODUÇÃO

Quando se trata o tema meio ambiente e redução de contaminantes e poluentes, entende-se como algo comum visto que foi introduzido desde a revolução industrial quando das discussões sobre os problemas advindos do uso de substâncias químicas em grande escala. Com o crescimento das indústrias, máquinas, equipamentos e novos materiais, vieram também a geração de gases poluentes, resíduos sólidos e líquidos, contaminando ar, solos e água.

No Brasil, as leis que determinam questões relativas à preservação ambiental foram criadas a partir de 1981. A Constituição Federal (CF/88), em seu artigo 225, estabelece que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

A geração de resíduos dentro de instituições de ensino superior (IES), ocorre em menor escala comparando-se a industrial. Porém, em uma larga escala de tempo, a quantidade gerada a partir de atividades pedagógicas experimentais podem ser também consideradas prejudiciais ao meio ambiente e a sociedade como um todo.

Em aulas experimentais de Química, são gerados resíduos químicos (RQ) diversos entre eles sólidos, líquidos, perigosos ou não perigosos, além de serem reativos ou passivos, que, antes da sua destinação final, recomenda-se realizar um tratamento adequado, visando obter a recuperação e/ou a destinação desses resíduos, onde pode haver uma reutilização, recuperação e que posteriormente poderão ser utilizados em aulas futuras, gerando uma economia no custo para a IES (instituições de ensino superior).

Sabendo-se que todas as aulas experimentais possuem um fim pedagógico com valores metodológicos é necessário que se realize a gestão/tratamento dos RQ pois é preciso, antes de tudo, promover a aprendizagem dos estudantes para conhecer e aprender a utilizar a Ficha de Informações de Produtos Químicos (FISPQ)¹, para definir o tratamento e/ou destino dos RQ.

No curso de licenciatura em Química, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), são realizadas atividades experimentais nas diferentes áreas que compõem a Química. Cada aula experimental gera resíduos diversos, podendo ser inclusive tóxicos ao ambiente e, portanto, contaminantes.

A preocupação sobre esses RQ, como são armazenados, rotulados, segregados e como é feita a disposição final atualmente, é uma questão que vem sendo questionada entre os estudantes e professores da PUC Goiás.

A pandemia causada pela SARS-COV 2, foi um fator que impossibilitou estudantes sobre o que é os RQ, pois ficaram sem ter contato com os laboratórios e as aulas experimentais. Essa falta de contato direto com os produtos e reagentes químicos impedem também esse pensamento crítico do estudo sobre o que fazer, quais são os RQ

¹ Neste texto mantivemos a abreviatura FISPQ ao invés de FDS (NBR 14725 2023) devido a informação obtida nas referências adotadas.

produzidos em determinadas aulas e como tratá-los. É comum acontecer no final de cada aula experimental de escolas ou instituições, dependendo do tipo de RQ, jogar os rejeitos finais das aulas nas pias sem nenhum tipo de tratamento ou armazenar em um único frasco sem rotulagem adequada rejeitos sólidos, líquidos que muitas vezes podem reagir entre si causando um problema maior no futuro.

No decorrer do curso de Licenciatura em Química da PUC Goiás, foi observado que ao final das aulas laboratoriais, os resíduos não compatíveis gerados, como reagentes em excessos e as novas substâncias produzidas, eram descartados em um único frasco, sem uma rotulagem adequada ou ainda nenhuma informação de como devem ser descartados, ocorrendo o fato de serem jogados no sistema de esgoto público, sem nenhum tipo de tratamento. E os estudantes não tinham o conhecimento sobre como seria o destino final daqueles RQ gerados nas aulas.

Desta forma, este projeto tem como objetivo apresentar os resíduos gerados em aulas laboratoriais experimentais no curso de formação de professores de Química, mais especificamente na disciplina de Química Inorgânica. Serão destacados os RQ (resíduos químicos) identificados a partir do material didático-pedagógico adotado em sala de aula, além de explorar possíveis formas adequadas de armazenamento, tratamento e disposição desses resíduos.

2. QUÍMICA VERDE

A filosofia da Química Verde ou Química Sustentável tem como sua definição a criação, desenvolvimento e aplicação de produtos e processos químicos a fim de reduzir e eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas (ALMEIDA; SILVA; SILVA; GOMES; GOMES, 2019).

Algumas indústrias, como a indústria têxtil, são responsáveis por grande parte da poluição, pois geram resíduos perigosos que são geridos de forma inadequada. Por outro lado, as instituições de ensino geram maior variedade desses resíduos e, portanto, impactos ambientais. Porém, a Química Verde propõe como um de seus princípios, a redução de geração de resíduos perigosos, utilização de vídeos em aulas experimentais, trabalhando na utilização de rotas sintéticas limpas, utilização de recursos renováveis, utilização de condições de reação alternativas e desenho de substâncias químicas menos tóxicas e/ou biodegradáveis (FANDÑO; MARÍN, 2021).

Os benefícios apresentados por esta Química traduzem-se em reduções de custos de gestão de resíduos, redução de custos de consumo de energia, redução de tempo, redução de custos de conformidades, aumento de produtividade e processamento mais simples, maior segurança (trabalhadores, comunidade e ambiente), maior flexibilidade operacional e vantagens competitivas (FANDÑO; MARÍN, 2021).

Em 1999 foi criada a lei número 9.795, que trata da obrigatoriedade da inclusão da Educação Ambiental no ensino do país. Nos cursos da área Química das aulas experimentais, a educação ambiental proposta na década de 1990 se manifesta como a disciplina Química ambiental ou Ciências ambientais ou ainda Química do meio ambiente. Essas disciplinas estão presentes em matrizes curriculares dos cursos

superiores em Química, seja na modalidade Bacharel ou Licenciatura (ALMEIDA; SILVA; SILVA; GOMES; GOMES, 2019).

3. ESTADO DA ARTE

Um levantamento realizado no Google Acadêmico permitiu identificar a quantidade de artigos publicados referente ao tema gerenciamento de resíduos químicos de aulas laboratoriais. A tabela 1 apresenta esses indicadores.

Tabela 1: Gerenciamento de resíduos químicos de aulas laboratoriais

Descritor:	Gerenciamento de resíduos químicos de aulas laboratoriais		
Ano:	1960-2000	2000-2020	2020-2023
Números de artigos:	60 resultados	6.870 resultados	1.780 resultados
Descritor:	Tratamento de resíduos químicos inorgânicos		
Ano:	1960-2000	2000-2020	2020-2023
Números de artigos:	4.650 resultados	15.500 resultados	15.900 resultados
Descritor:	Resíduos químicos		
Ano:	1960-2000	2000-2020	2020-2023
Números de artigos:	14.500 resultados	20.800 resultados	49.900 resultados
Descritor:	Tratamento de resíduos químicos gerados em aulas laboratoriais		
Ano:	1960-2000	2000-2020	2020-2023
Números de artigos:	64 resultados	6.430 resultados	1.550 resultados

A seguir serão apresentadas 5 dissertações e artigos científicos que abordam o tema tratamento de resíduos químicos, publicados nos últimos 5 anos, considerando a relatividade ao tema do trabalho aqui proposto.

1) Dissertação de mestrado com o seguinte título: Avaliação da geração de resíduos em disciplinas de Química orgânica e inorgânica e propostas de redução. Escrito por Ricardo Barbosa em 2015. O trabalho aborda o levantamento da situação da geração de resíduos químicos de laboratórios no Departamento Acadêmico de Química e Biologia da UTFPR (Universidade Federal Tecnológica do Paraná). Estudou-se as características dos resíduos gerados em aulas experimentais. Verificou-se as possibilidades de modificações experimentais, visando a prevenção da geração de resíduos. Foram elaborados novos roteiros de aulas práticas, modificações metodológicas e substituição de reagentes. As disciplinas de Química Orgânica e Inorgânica foram as consideradas para o modo de estudo.

2) Artigo publicado na revista Química Nova em 2006 como o tema: Gerenciamento dos resíduos da disciplina Química inorgânica II do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O trabalho abordou a criação de conscientização crítica nos alunos sobre resíduos químicos que eles geraram. E foi proposto meios de tratamento de resíduos das aulas de Química Inorgânica pelos próprios alunos.

3) Artigo publicado com o tema: Gestão de resíduos químicos – Normas de procedimentos para a segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos. Normas elaboradas pela Unidade de Gestão de Resíduos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Coordenadoria Especial para o Meio Ambiente (CEMA) e Unidade de Gestão de Resíduos (UGR). O trabalho desenvolveu meios de orientar a comunidade universitária quanto aos procedimentos adequados para segregação, identificação, transporte e coleta de resíduos perigosos. Foi feito um levantamento dos tipos de resíduos gerados nos laboratórios da (UFSCar) e um detalhamento sobre cada resíduo.

4) Artigo publicado em 2016 por Joselaine Flores Michalski, com o tema: Ficha de dados de segurança de resíduos químicos e rotulagem – Relevância para o gerenciamento seguro dos resíduos. O artigo tem como ponto de partida, demonstrar a relevância da Ficha de Dados de Segurança para Resíduos Químicos Perigosos (FDSR) e de suas rotulagens no gerenciamento seguro dos resíduos, apresentando um breve histórico sobre a origem, embasamento legal e composição deles.

5) Artigo: Experimentação no ensino médio de Química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – Um estudo de caso. Escrito por Roberto Ribeiro da Silva e Patrícia Fernandes Lootense Machado em 2008. O artigo aborda a falta de gestão dos resíduos químicos produzidos em aulas experimentais e na ausência de políticas que garantam a segurança de alunos e professores. Foi realizado um levantamento em 26 escolas públicas do Distrito Federal.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a geração de resíduos químicos gerados nas atividades experimentais da disciplina de Química inorgânica da PUC Goiás e propor medidas de acondicionamento, rotulagem, tratamento e disposição final bem como a elaboração de um procedimento operacional padrão (POP) para facilitar os estudantes no momento das aulas experimentais.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- identificar as aulas experimentais da disciplina de Química Inorgânica por meio de roteiro experimental disponibilizado pelos professores para os estudantes no momento das aulas experimentais da disciplina de Química Inorgânica;
- identificar os reagentes e as reações envolvidas nas aulas, que ocorrem nos experimentos propostos;
- identificar os RQ gerados nas aulas experimentais;
- analisar as possíveis formas de armazenamento, tratamento e/ou descarte;
- propor formas de armazenamento e rotulagem;
- dimensionar o volume/massa e diversidade de RQ;
- elaborar um POP (procedimento operacional padrão) para o armazenamento/descarte/tratamento de resíduos para as aulas experimentais.

5. METODOLOGIA

A metodologia adotada nessa pesquisa foi estudo de caso, pois, de acordo com Gil (2010);

- a) explora situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) preserva o caráter unitário do objeto estudado;
- c) descreve a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- d) formula hipóteses ou desenvolver teorias;
- e) explica as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamento e experimentos.

Desta forma, será possível identificar suas reações químicas a partir dos reagentes informados e os produtos gerados, a fim de diagnosticar os RQ gerados.

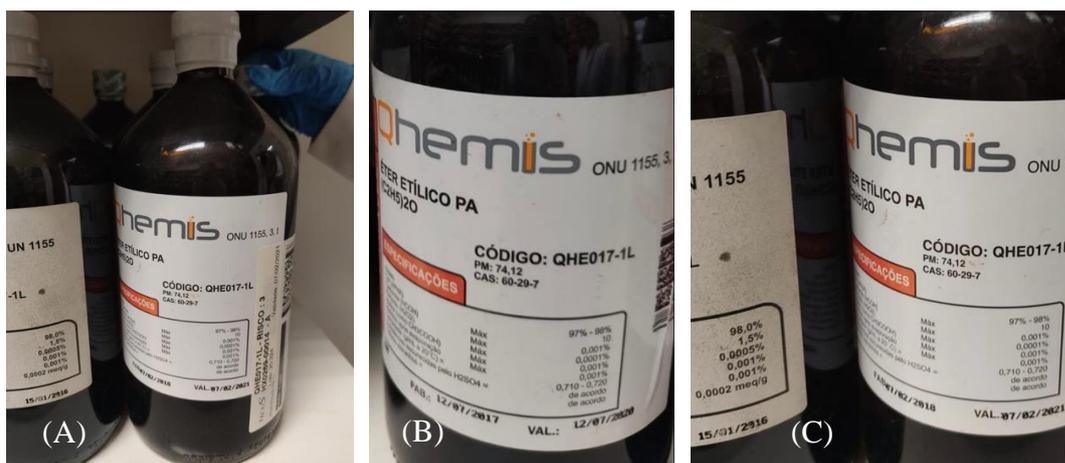
Foi proposto a criação do procedimento operacional padrão (POP) para o tratamento do resíduo, onde os estudantes que irão fazer sua criação, para que no final de cada aula eles tenham conhecimento sobre seus produtos e reagentes da reação, e propor meios de tratamento, acondicionamento, rotulagem e disposição final.

O estudo do material pedagógico das aulas de Química inorgânica permitiu identificar os experimentos realizado na aula do ciclo do cobre, quais os objetivos e quais foram os resíduos gerados. Para isso, é necessário conhecer as reações químicas e seus produtos.

Após essa identificação, foi elaborado um POP específico para a aula ciclo do cobre. Nesse procedimento, é apresentado todas as reações envolvidas na aula, reagentes e materiais, pictogramas de periculosidades, diagrama de Hommel, toxicidade, rotulagem, armazenamento, tratamento e disposição final.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizada uma visita no almoxarifado dos laboratórios de Química da PUC Goiás, localizados na área 3, visando destacar com imagens, todos os reagentes e resíduos gerados das aulas. Ao entrar no almoxarifado, percebe-se que o local é mal ventilado, não contendo janelas, um espaço muito pequeno para a quantidade de reagentes e resíduos contidos dentro. Em decorrência disso, percebe-se odores fortes dentro do local, devido a reações químicas, vazamento de reagentes ou resíduos. Outro fator, foi a data de validade de alguns reagentes, como o éter etílico, que apresentaram uma grande quantidade do produto vencido, como apresentado na figura 1.



Fonte: arquivo pessoal da autora (2023)

Figura 1: aspecto visual dos reagentes no almoxarifado: reagentes vencidos éter etílico. (A) vencimento 15/01/2016, (B) vencimento 12/07/2020 e (C) vencimento 07/02/2021

A data de validade é um dado que deve ser observado, pois o reagente vencido pode gerar uma aula com resultados não esperados e conseqüentemente não leva a aprendizagem. Permitindo uma discussão, onde o fato do vencimento do reagente poderá ter a possibilidade de levar ao produto final esperado, gerando mais resíduos indesejáveis. Na figura (A) apresenta o éter etílico com vencimento em 15/01/2016 sete anos de vencimento, na figura (B) vencimento em 12/07/2020 três anos de vencimento e na figura (C) vencimento em 07/02/2021 dois anos de vencimento. Todos esses reagentes estão lacrados e que se tornaram resíduos.

Uma questão a se considerar é a gestão desses resíduos, onde esses reagentes precisam ser controlados e verificados em relação a data de validade, para serem utilizados no período de aulas específicas, de forma que não tenha acúmulos. Mesmo o éter etílico sendo um produto PA (pureza analítica) ele gera resíduos Químicos.

Outro ponto a se destacar com relação a preparação de soluções, são as informações contidas nos rótulos, como pode-se observar na figura 2.



Fonte: arquivo pessoal da autora (2023)

Figura 2: aspecto visual das soluções do almoxarifado: soluções sem informações de rótulos de segurança. (A) solução de carbonato de sódio, (B) Solução de fenolftaleína e (C) solução de ferrocianeto de potássio.

As soluções preparadas para diferentes aulas experimentais de Química, devem ter rótulos adequados. A falta da informação dos pictogramas de periculosidade pode gerar uma confusão dos alunos, entendendo que reagentes que sejam nocivos, corrosivos ou ainda tóxicos, sejam manuseados de forma inadequada pela falta de informação no rótulo. E apesar de serem soluções, podem gerar malefícios para o organismo se forem ingeridos ou caídos sobre a pele. Nas figuras A, B e C, contendo respectivamente carbonato de sódio, fenolftaleína e ferrocianeto de potássio, nenhuma apresenta qualquer tipo de pictograma de periculosidade ou diagrama de Hommel.

Foi observado também, o armazenamento incorreto de resíduos Químicos, onde há um acúmulo muito grande desses resíduos, frascos inadequados para armazenamento e sem identificação, como apresentado na figura 3.



Fonte: arquivo pessoal da autora (2023)

Figura 3: aspecto visual de resíduos líquidos do almoxarifado.

Nas figuras A, B e C, pode-se observar que os resíduos são armazenados em prateleiras de madeira, disponibilizadas no almoxarifado, onde deve ser feita manutenção constante devido

ao problema de corrosão. Caixas de papelão que se tornam altamente inflamáveis junto com esses resíduos, que podem reagir entre si, causando explosões e incêndio.

Um ponto importante observado, é o armazenamento desses resíduos, estes recipientes devem ser algo temporário, somente para recolher os resíduos gerados nas aulas e posteriormente destinados a outros galões para serem descartados. Porém, dentro do almoxarifado foram encontrados garrafa pet utilizados como armazenamento de resíduos ou algum outro tipo de produto químico, já que não foi possível identificar o que se tem dentro do recipiente pela falta de informação de rótulos, como mostra a figura 4.



Fonte: arquivo pessoal da autora (2023)

Figura 4: aspecto visual do armazenamento de resíduos do almoxarifado: armazenamento inadequado de resíduos químicos

Observa-se nas figuras A, B, C e D a falta de cuidado em relação ao recipiente, armazenamento, rotulagem e dos resíduos. Os galões já estão reagindo com os líquidos, como nas figuras A e D, onde houve mudança de cor, formação de precipitado e diminuição de gases dentro. Na figura C, mostra resíduos dentro de garrafas pet sem nenhum tipo de rótulo ou conhecimento sobre o líquido e para situações como essa, é necessário que o laboratório tenha um procedimento operacional padrão (POP) de boas práticas de laboratório de Química. Esse POP precisa ser repassado aos estudantes, professores e técnicos, para que haja conhecimento sobre quais foram os resíduos gerados, tratamento e pictogramas de perigo.

Observa-se dentro do almoxarifado, a partir da quantificação, um acúmulo do mesmo reagente. Em se tratando de instituições de ensino, onde há uma demanda de aulas experimentais, é necessário ter um controle e plano de ação para a compra em acordo com a demanda desses reagentes, para que reagentes P.A não passem da validade ou até mesmo para que soluções preparadas não sejam armazenadas dentro do almoxarifado, por prazo maior que a validade, como mostra a figura 5.



Fonte: arquivo pessoal da autora (2023)

Figura 5: aspecto visual de bisnagas contendo soluções de reagentes dentro do almoxarifado.

As bisnagas normalmente são utilizadas como recipientes de soluções preparadas de reagentes para facilitar as aulas. Porém, a um excesso desse material e com o tempo, ele passa a perder suas propriedades químicas e resultados esperados das aulas experimentais. Na figura 5, A e B, pode-se notar a quantidade de bisnagas acumuladas.

Foi realizada uma análise das aulas de Química Inorgânica experimental do ano de 2022, através do material de apoio (apostila) que é entregue para os alunos no início do semestre. Nesse material contém as seguintes aulas:

1. Normas de segurança em laboratório Químico; onde irá falar sobre a utilização de EPI's (equipamento de proteção individual), informação sobre as periculosidades dos produtos Químicos perigosos, e pictogramas de perigo.
2. Ciclo do cobre; neste experimento acontecerão várias reações e transformações químicas, que iniciam e terminam com o elemento cobre. E teve como objetivo estudar um ciclo de reações envolvendo o cobre e avaliar a Lei da Conservação da Matéria, bem como as fontes de erros experimentais que podem alterar os dados esperados. Especificamente, pretende-se estudar os diferentes tipos de reações inorgânicas, equacionar reações químicas, recordar cálculos estequiométricos e analisar as variáveis que afetam o rendimento e a pureza de uma preparação.
3. Sal duplo e sal complexo de cobre; este experimento teve como estudo os compostos de coordenação e os complexos. E teve como objetivo preparar um sal duplo e um sal complexo de cobre II e em seguida caracterizá-los comparando suas propriedades.
4. Síntese de complexos de cobalto (III) com cloretos ionizáveis; nesta aula os complexos que serão preparados estarão presentes dois tipos de reações, oxidação do centro metálico e troca de ligantes.
5. Determinação de cloretos ionizáveis em complexos de cobalto (III); nesta aula pretende-se caracterizar complexos de cobalto com diferentes números de cloretos ionizáveis e determinar o grau pureza. O objetivo desta aula será analisar quantitativamente a quantidade de cloretos ionizáveis em complexos de cobalto.

6. Síntese e caracterização do $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ (cloreto de hexaminoníquel (III)); A obtenção do $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ pode ser feita pela reação entre amônia concentrada e solução de cloreto de níquel (II). O objetivo dessa aula será sintetizar um complexo de níquel por meio de reação de substituição de ligantes e caracterizá-lo por meio de testes qualitativos e quantitativos por aquecimento térmico.
7. Síntese do $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; A obtenção de $[\text{Ni}(\text{en})_3]\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pode ser feita pela reação entre a etilenodiamina concentrada e solução de cloreto de hexaaminoníquel(II). O objetivo desta aula será sintetizar um complexo lábil com ligante bidentado e compará-lo com o seu precursor monodentado, em termos de espectros na região do visível.

Observa-se que em todas as aulas não é falado sobre os possíveis resíduos gerados e no pós-lab (local onde os alunos irão responder sobre o experimento realizado), também não tem um espaço/questão para discussão dos resíduos.

O professor, no momento da elaboração de materiais didáticos para a experimentação, deve não só pensar nos conteúdos, objetivos, reagentes e materiais necessários, mas também que tipo de resíduo sua prática irá gerar. (CAVALCANTE, DI VITTA)

7. AULA CICLO DO COBRE

Nessa aula, são trabalhados os resíduos, reagentes e reações Químicas. Foi elaborado um POP (Apêndice 1) para os resíduos químicos, perigosos ou não, resultantes da atividade experimental realizada em aulas anteriores.

Os materiais e reagentes utilizados são de grau analítico e/ou soluções recém preparadas. Entre eles temos: Cobre metálico em fio, ácido nítrico (1:1, v/v), hidróxido de sódio (3,0 mol L⁻¹), hidróxido de amônio (6,0 mol L⁻¹), ácido sulfúrico (6,0 mol L⁻¹), zinco em pó e acetona P.A. Foram usados balança semi analítica, marca Tecnal, modelo XP200.

As equações sucessivas de cada reação são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: aula ciclo do cobre

CICLO DE REAÇÕES DO COBRE	$3Cu(s) + 8HNO_3(aq) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO + 4H_2O$ $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ $HNO_3(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + H_2O$ $Cu(NO_3)_2(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Cu(OH)_2(s) + 2NaNO_3(aq)$ $Cu(OH)_2(s) + calor \rightarrow CuO(s) + H_2O(l)$ $CuO(s) + 4HCl(aq) \rightarrow [CuCl_4]^{2-}(aq) + H_2O(l) + 4H^+(aq)$ $[CuCl_4]^{2-}(aq) + 4NH_3(aq) \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq)$ $[CuCl_4]^{2-}(aq) + 4NH_3(aq) \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}(aq) + 4Cl^-(aq)$ $Cu^{2+}(s) + Zn(s) \rightarrow Cu(s) + Zn(aq)$
RESÍDUOS (PROCESSADOS EM AULA)	A solução de NaOH (líquido sobrenadante) é neutralizada com HCl diluído e descartado na pia
RESÍDUOS A SEREM TRATADOS	Solução de Zn ²⁺ e Cu(s), CuCl ₂ , Cu(OH) ₂

As formas de tratamento dos resíduos gerados na aula ciclo do cobre serão disponibilizadas no apêndice 1.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho permitiu observar a necessidade de gerenciamento efetivo dos resíduos químicos dos laboratórios de química da PUC Goiás onde ocorrem as aulas experimentais. No material pedagógico adotado para as aulas, fica evidente que a discussão sobre RQ não é apresentada aos acadêmicos, destacando o destino dos resíduos gerados, para tanto, seria necessário ao final de cada aula, a forma de descarte e/ou tratamento, não deve ser apenas o colocar em um frasco do tipo bombona, sem que em nenhum momento seja questionado junto aos estudantes sobre qual será o destino desse resíduo.

Após as pesquisas e leituras de artigos científicos, essa questão de resíduos fica mais clara, entendendo que sua composição é diversificada apesar das quantidades de resíduos de laboratórios de IES e até mesmo conhecer o que é um resíduo químico de um laboratório de aulas experimentais, de um curso de graduação. A importância de um programa de tratamento se destaca, devido a necessidade de orientar os estudantes quanto ao descarte de forma correta desses resíduos, pois por menor que seja o volume (ou massa) descartado de forma inadequada, gera impacto ambiental.

Nos cursos de graduação, em aulas experimentais, nos projetos pedagógicos dos cursos, disciplinas como ciências do meio ambiente e química ambiental, são momentos importantes pois apresentam aos acadêmicos uma visão global da questão ambiental, destacando a importância do cuidado ao meio ambiente e as devidas formas de tratamento de resíduos.

A elaboração do POP foi fundamental pois possibilita uma análise geral do roteiro de aula, das reações que ocorrem e dos produtos/resíduos gerados, o que deveria ser realizado para cada uma das disciplinas experimentais do curso, onde o estudante acessaria informações sobre qual é aquele resíduo, o que fazer com ele e sua periculosidade.

O trabalho aqui apresentado pode contribuir no entendimento sobre a redução da geração de resíduos, onde por exemplo, na disciplina de Estágio Supervisionado 4, no dia da intervenção no Ensino Médio, foi adotada a metodologia de apresentação de vídeo de uma reação química realizada por meio de titulação, vídeo este elaborado no laboratório de Química da PUC Goiás. Ao invés da realização do experimento em sala, com vários grupos, o que iria gerar resíduos e impactos ambientais, mesmo que seja em pequenas quantidades, isso foi minimizado, logo o uso de tecnologia no ensino, com recursos áudios visuais, influência nesse aspecto da redução na geração de resíduos, possibilitando ainda a discussão com os estudantes do Ensino Médio sobre essa questão, levando isto até o dia a dia deles, como no caso de produtos químicos de limpeza e seu uso adequado, mostrando que existem diferentes formas de aprender sobre reação química reduzindo impactos ambientais.

9. REFERÊNCIAS

BRASIL, 1988 (art. 225) - Supremo Tribunal Federal; disponível em: <https://portal.stf.jus.br/constituicao-supremo/artigo.asp?abrirBase=CF&abrirArtigo=225>

MATERIAL DIDÁTICO PEDAGÓGICO IMPRESSO. Química Inorgânica. LAB QUI 1005 2020-2.

BARBOSA, Ricardo. Avaliação da geração de resíduos em disciplinas de Química Orgânica e Inorgânica e propostas de redução. 2015. 175f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1162>. Acesso em 11/04/2023.

GIL, Antônio Carlos - 1946 - Como elaborar projetos de pesquisa / Antônio Carlos Gil. - 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2010. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf

GERBASE, Annelise Engel; GREGÓRIO, José Ribeiro; CALVETE, Tatiana. Gerenciamento dos resíduos da disciplina Química Inorgânica II do curso de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Quim nova, Vol. 29, No. 2, 397-403, 2006. Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MACHADO, Ana Maria Ribeiro; SALVADOR, Nemésio Neves Batista. Normas de procedimentos para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos Químicos. Coordenadoria especial para o meio ambiente. Unidade de gestão de resíduos. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2013/10/UFSCar.pdf>

MICHALSKI, Joselaine Flores. Ficha de dados de segurança de resíduos Químicos e rotulagem: relevância para o gerenciamento seguro dos resíduos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6083?locale-attribute=es>
Acesso em: 18/04/2023.

SILVA, Roberto Ribeiro da; MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens. Experimentação no ensino médio de Química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos: um estudo de caso. Ciência e Educação, v. 14, n. 2, p. 233-249, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v14n2/a04v14n2.pdf>
Acesso em: 24/04/2023.

PLANALTO. Presidência da República. Casa Civil. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Abril, 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm

CAVALCANTE, Cleusa; DI VITTA, Patrícia Busko. Gerenciamento de resíduos de laboratórios didáticos do ensino médio: núcleo comum e ensino técnico. Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz. Disponível em:

https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Cleusa_Cavalcante.pdf. Acesso em 10/11/2023.

FANDIÑO, Jonathan; MARÍN, Luis. Química verde aplicada ao lixo universitário. Educação química, vol. 32, nº. 2, Cidade do México, abril. 2021. Scielo. Universidade Santo Tomás, Colômbia. 2020. Disponível em:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-893X2021000200154&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 13/09/2023.

ALMEIDA, Queli; SILVA, Bianca; SILVA, Geovani; GOMES, Suelen; GOMES, Thaina. Química verde nos cursos de licenciatura em Química no Brasil: mapeamento e importância na prática docente. Amazonia, Revista de Educação em Ciências e Matemáticas. v. 15, n. 34, jul-dez 2019. P. 178-187. Instituto Federal de Ciências e tecnologia do Rio de Janeiro. Acesso em 13/09/2023. Disponível em:

<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/6971>

SILVA, Flavia; DE LACERDA, Paulo; JUNIOR, Joel. Desenvolvimento sustentável e química verde. Quim. Nova, vol. 28, nº. 1, 103-110, 2005. Departamento de Química Orgânica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/gS7t9QZV77mjSt4qLwwYCLf/>

CUNHA, Carlos. O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do departamento de Química da UFPR. Quim. Nova, vol. 24 nº. 3, 424-427, 2001.

Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, 2000. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/zfJ8QsqcSjXfxLxZKQjMWKH/>

SILVA, Anna Clara; MINEO, Marina; SOUSA, Joyce. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: estudo de caso no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campos Uberaba. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, vol. 16, nº. 8, Curitiba, 2019.

Disponível em:

<https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/873>

CAPELO, Sofia; SIQUENIQUE, Guilhermina; MORGADO, João. Gestão de resíduos nos laboratórios da Universidade de Évora (2007-2021). Quim. Nova, vol. 45, nº. 7, 706-717, 2023.

APÊNDICE

	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO POP			Elaborado por: Grazielle Esteves
	Orientações para tratamento dos resíduos gerados em aulas experimentais de Química Inorgânica			Data da criação: 11/09/2023
				Aprovado por: Sandra Regina
	POP 001	Revisão: 000	Página: 1 de 4	Cópia não controlada

OBJETIVO

Este Procedimento Operacional Padrão (POP) tem como objetivo orientar sobre as formas de armazenamento/descarte/tratamento, rotulagem e disposição final dos resíduos químicos gerados em atividades experimentais realizadas no laboratório de Química da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, especificamente da disciplina Química Inorgânica.

TÍTULO

Ciclo do cobre

CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplicável a todos os laboratórios de aulas experimentais da PUC – Goiás.

RESÍDUOS

Podem ser considerados resíduos, qualquer substância que resulta de uma atividade no laboratório.

Os resíduos Químicos Inorgânicos, podem apresentar características e periculosidades como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Demais informações no anexo 1.

	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO Orientações para os Resíduos gerados da aula ‘Ciclo do Cobre’ da Disciplina Química Inorgânica – PUC Goiás		Elaborado por: Grazielle Esteves
			Data da criação: 11/09/2023
	Aprovado por: Sandra Regina		
POP 001	Revisão: 000	Página: 2 de 4	Cópia não controlada

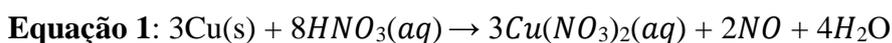
AULA CICLO DO COBRE

O ciclo do cobre tem como objetivo estudar estas reações e avaliar a Lei da Conservação da Matéria, bem como as fontes de erros experimentais que podem alterar os dados esperados. Neste experimento, várias reações químicas serão utilizadas a fim de realizar e observar uma sequência de transformações, que iniciam e terminam com o elemento cobre.

Materiais e reagentes utilizados: foram usados reagentes com grau analítico e/ou soluções recém preparadas. São eles: Cobre metálico em fio, ácido nítrico (1:1, v/v), hidróxido de sódio (3,0 mol/L), hidróxido de amônio (6,0 mol/L), ácido sulfúrico (6,0 mol/L), zinco em pó e acetona P.A. Foram usados balança semi analítica, marca Tecnal, modelo XP200.

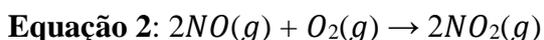
REAÇÃO QUÍMICA

O cobre foi dissolvido com ácido nítrico concentrado em excesso, numa típica reação de óxido-redução com formação de uma solução de cor azul, contendo íons de cobre aquosos e liberando um gás incolor (NO) que muda para castanho (NO₂) em contato com o ar (eq. 1 e 2)



Reagentes

Produto



Reagentes

Produto

Logo após a dissolução do cobre, o excesso de ácido nítrico foi neutralizado com hidróxido de sódio (eq. 3) e ao continuar a adição, observa-se a formação de uma dispersão coloidal de cor azul claro que precipita lentamente, característico do hidróxido de cobre (eq. 4).



Reagentes

Produto

	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO Orientações para os Resíduos gerados da aula 'Ciclo do Cobre' da Disciplina Química Inorgânica – PUC Goiás			Elaborado por: Grazielle Esteves
				Data da criação: 11/09/2023
	POP 001	Revisão: 000	Página: 4 de 4	Aprovado por: Sandra Regina
				Cópia não controlada

RESÍDUOS - AULA CICLO DO COBRE

Zinco (aq);

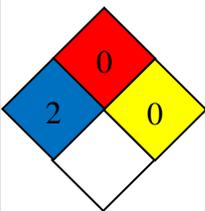
Cobre (s);

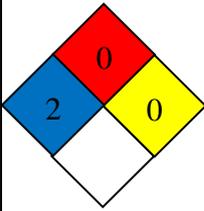
Hidróxido de cobre (aq);

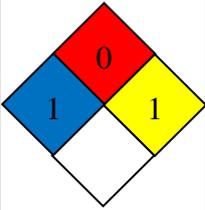
Cloreto de cobre (aq)

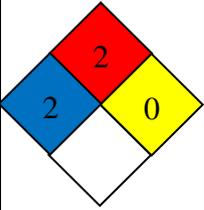
Papel de filtro.

PICTOGRAMAS DE PERIGO DOS RESÍDUOS

RESÍDUO QUÍMICO	
	Resíduo: cloreto de cobre
	Resíduo secundário: água
	Procedência: resíduo da aula ciclo do cobre, disciplina Química Inorgânica
	Responsável: - Data: -

RESÍDUO QUÍMICO	
	Resíduo: hidróxido de cobre
	Resíduo secundário: água
	Procedência: resíduo da aula ciclo do cobre, disciplina Química Inorgânica
	Responsável: - Data: -

RESÍDUO QUÍMICO	
	Resíduo: zinco
	Resíduo secundário: água
	Procedência: resíduo da aula ciclo do cobre, disciplina Química Inorgânica
	Responsável: - Data: -

RESÍDUO QUÍMICO	
	Resíduo: cobre
	Resíduo secundário: água
	Procedência: resíduo da aula ciclo do cobre, disciplina Química Inorgânica
	Responsável: - Data: -

	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO Orientações para os Resíduos gerados da aula ‘Ciclo do Cobre’ da Disciplina Química Inorgânica – PUC Goiás			Elaborado por: Grazielle Esteves
				Data da criação: 11/09/2023
	Aprovado por: Sandra Regina			
POP 001	Revisão: 000	Página: 5 de 4	Cópia não controlada	

TABELA 1: ARMAZENAMENTO/ DECARTE/ TRATAMENTO, ROTULAGEM E DISPOSIÇÃO FINAL – AULA CICLO DO COBRE

Resíduo	Armazenamento	Rotulagem	Tratamento/disposição final	Informações toxicológicas
Cloreto de cobre	Armazenar em local fresco. Guardar o recipiente hermeticamente fechado em lugar seco e bem ventilado.	 <p>H290 Pode ser corrosivo para os metais. H302 + H312 Nocivo por ingestão ou contacto com a pele. H315 Provoca irritação cutânea. H318 Provoca lesões oculares graves. H400 Muito tóxico para os organismos aquáticos. H411 Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros</p>	Propor a entrega de soluções excedentes e não recicláveis a uma empresa idónea de tratamento de resíduos. Dissolver ou misturar o material com um solvente combustível e queimar em incinerador químico equipado com pós-combustor e purificador de gases.	Toxicidade aguda, Oral (Categoria 4) Toxicidade aguda, Dérmico (Categoria 4) Toxicidade aguda para o ambiente aquático (Categoria 1) Toxicidade crónica para o ambiente aquático (Categoria 2)
Hidróxido de cobre	Armazenar em local seco. Sólido higroscópico.	 <p>H302 Nocivo por ingestão. H318 Provoca lesões oculares graves. H330 Mortal por inalação. H410 Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.</p>	Este produto e o seu recipiente devem ser eliminados como resíduos perigosos	Toxicidade aguda, Oral (Categoria 4) Toxicidade aguda, inalatória (Categoria 2) Toxicidade aguda para o ambiente aquático (Categoria 1) Toxicidade crónica para o ambiente aquático (Categoria 1)
Zinco	Armazenar em local fresco. Guardar o recipiente hermeticamente fechado em lugar seco e bem ventilado.	 <p>H410 Muito tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.</p>	Dissolver ou misturar o material com um solvente combustível e queimar em incinerador químico equipado com pós-combustor e purificador de gases	Toxicidade aguda para o ambiente aquático (Categoria 1) Toxicidade crónica para o ambiente aquático (Categoria 1)
Cobre	Guardar o recipiente hermeticamente fechado em lugar fresco, seco e bem ventilado. Manter afastado do calor e fontes de ignição. Temperatura recomendada para armazenagem de 5°C – 40°C.	 <p>H400 Muito tóxico para os organismos aquáticos.</p>	Dissolver ou misturar o material com um solvente combustível e queimar em incinerador químico equipado com pós-combustor e purificador de gases.	Toxicidade aguda para o ambiente aquático (Categoria 1)

APÊNDICE

O material elaborado pela escola estadual de educação profissional (EEEP) do governo estadual do Ceará (disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2008/12/manual_descarte_de_produtos_quimicos.pdf), trata sobre descarte de produtos químicos em laboratórios de ciências das escolas estaduais. É falado sobre o que são resíduos e como descartar cada reagente/solução. Segue algumas informações disponibilizadas no material.

RESÍDUOS

- 1. Resíduos Químicos não perigosos: soluções aquosas de sais inorgânicos de metais alcalinos e alcalinos terrosos:** NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂, Na₂SO₄, MgSO₄ e tampões PO₄³⁻, não contaminados com outros produtos, podem ser descartados diretamente na rede de esgoto.
- 2. Resíduos Químicos líquidos perigosos:** Materiais que não foram misturados com outras substâncias devem ser mantidos nas embalagens originais. Na impossibilidade da utilização da embalagem original e para acondicionar misturas, deverão ser usados galões e bombonas de plástico rígido fornecidos aos laboratórios, resistentes e estanques, com tampa rosqueada e vedante.
OBS: encher os frascos até 90% da sua capacidade e quando utilizar bombonas ou galões de 20 litros ou mais, devem ser preenchidos até $\frac{3}{4}$ da capacidade total.
- 3. Soluções de ácidos ou bases inorgânicas:** H₂SO₄, HCl, H₃PO₄, HNO₃, KOH, NaOH, Na₂CO₃, K₂CO₃, NaHCO₃, KHCO₃. Devem ser diluídas e neutralizadas, podendo então ser desprezadas na rede de esgoto, desde que não contaminados com outros produtos.
- 4. Soluções de sais de metais de transição:** Prata, chumbo, mercúrio, cromo, cobre etc. Podem ser misturados em recipientes identificados, respeitando se há possíveis incompatibilidades. Cada recipiente deve ser corretamente identificado. Deve-se precipitar e filtrar o material. A fase líquida deve ter destinação adequada,

Os recipientes podem, por exemplo, ser rotulados de acordo com a programação descrita abaixo e rotulados com as letras A – K. Ao fazer isso, precisa ser garantido que os produtos químicos coletados em qualquer uma das categorias não tenham possibilidade de reagir uns com os outros.

A Solventes orgânicos livres de halogênios e substâncias orgânicas em solução.

B Solventes orgânicos contendo halogênio e substâncias orgânicas em solução.

Não usar recipientes de alumínio

C Resíduos sólidos de produtos químicos orgânicos do laboratório.

D Sais em solução; os conteúdos de tais recipientes devem ser ajustados para pH 6 – 8

E Resíduos inorgânicos tóxicos e sais de metais pesados e soluções

F Compostos inflamáveis tóxicos.

G Mercúrio e resíduos de sais de mercúrio inorgânicos.

H Resíduos de sal metálico; cada metal deve ser coletado separadamente.

I Sólidos inorgânicos.

K Coleta separada de materiais descartados de vidro, metal e plástico.

ROTULAGEM, ARMAZENAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL

- Os recipientes de coleta devem ser claramente etiquetados com os conteúdos, e fornecidos com os símbolos de riscos e frases de segurança;
- Os recipientes devem ser alojados em um local bem ventilado;
- Os recipientes devem ser mantidos fechados para prevenir a evaporação de vapores prejudiciais;
- Para o recolhimento dos rejeitos químicos devem ser utilizados recipientes de vidro ou de plástico resistentes, que estejam em perfeitas condições principalmente com relação à vedação deles. Evitar frascos com vazamentos;
- O recolhimento dos rejeitos químicos não deve ultrapassar 2/3 da capacidade do recipiente. Frascos extremamente cheios criam riscos quando transportados;
- Para o recolhimento de rejeitos químicos deve-se dar preferência à utilização de frascos de um litro, na cor âmbar, e procurar evitar misturas muito complexas;
- Os rótulos deverão ser preenchidos com caneta esferográfica azul ou preta, nunca usar caneta hidrocor ou pincel atômico;
- Os rótulos deverão conter todas as informações sobre os componentes das misturas existentes no frasco, tanto os solutos como os solventes, inclusive indicações de possíveis riscos na operação de tratamento. A indicação apenas do solvente principal pode criar problemas no tratamento adequado;

DESCARTE E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS

- Descarte de ácidos e bases: Neutralizar com NaOH ou H₂SO₄, respectivamente, utilizar papel indicador ou gotas de fenolftaleína, para garantir que o pH da solução resultante situe-se entre 6 e 8. Após a neutralização, descartar lentamente na pia sob água corrente.
- Resíduos de ácidos devem ser descartados em frascos de vidro;
- Resíduos de base devem ser descartados em frascos de polietileno (plástico);
- Halóides ácidos orgânicos, anidridos e isocianatos podem ser adicionados por gotejamento a um excesso de metanol, para convertê-los nos ésteres metil ou carbamatos metil correspondentes. Se necessário, neutralize com solução de hidróxido de sódio;
- Ácidos inorgânicos e anidridos, devem primeiro ser diluídos ou hidrolisados pela mistura cuidadosa em água com gelo e então neutralizada com solução de hidróxido de sódio. Verifique o pH com tiras indicadoras universal de pH. Ácido sulfúrico fumegante deve ser cuidadosamente misturado por gotejamento em 40 % de ácido sulfúrico. Garanta que gelo em abundância esteja disponível para resfriamento. Quando suficientemente frio, trate o ácido sulfúrico altamente concentrado. De forma análoga a este procedimento, outros anidridos podem ser convertidos em seus ácidos correspondentes. Gases ácidos (por exemplo, halóide hidrogenado, clorina, fosgênio, dióxido sulfúrico) podem ser introduzidos em solução de hidróxido de sódio diluída e, após a neutralização;
- Bases devem ser diluídas, se necessário, misturando cuidadosamente em água e então neutralizados com ácido clorídrico. Verifique o pH com tiras indicadoras universal de pH.

ROTULAGEM

As normas adotadas no Laboratório de Resíduos Químicos para rotulagem baseiam-se numa classificação feita pela NFPA (*National Fire Protection Association*), que desenvolveu um sistema padrão para indicar a toxicidade, a inflamabilidade e a reatividade de produtos químicos perigosos.

Esse sistema é representado pelo Diamante do Perigo. Esse diagrama possui sinais de fácil reconhecimento e entendimento, os quais podem dar uma idéia geral do perigo desses materiais, assim como o grau de periculosidade. É chamado de *Diagrama de Hommel* e seus campos são preenchidos conforme descrito abaixo:



Riscos Específicos

OX – Oxidante
ACID – Ácido
ALK – Álcali (Base)
COR – Corrosivo
W – Não misture com água

Riscos à Saúde

4 – Letal
3 – Muito Perigoso
2 – Perigoso
1 – Risco Leve
0 – Material Normal

Inflamabilidade

- 4 - Abaixo de 23°C
- 3 - Abaixo de 38°C
- 2 - Abaixo de 93°C
- 1 - Acima de 93°C
- 0 - Não queima

Reatividade

- 4 - Pode explodir
- 3 - Pode explodir com choque mecânico ou calor
- 2 - Reação química violenta
- 1 - Instável se aquecido

Para o preenchimento do Diagrama pode-se consultar sites de universidade internacionais ou livros que contenham fichas MSDS (*Material Safety Data Sheet*), ou também chamados de FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico), onde a classificação de cada produto químico pode ser encontrada

Além do *Diagrama de Hommel*, o rótulo deve estar totalmente preenchido. Deve-se completar a etiqueta com o nome do produto/resíduo principal e, no espaço reservado para produtos/resíduos secundários, deve-se descrever todos os demais materiais contidos nos frascos, mesmo os que apresentam concentrações muito baixas (traços de elementos) e inclusive água. Informações como o nome do responsável, procedência do material e data são de grande importância para uma precisa caracterização do material. Desta forma uma etiqueta deve conter os seguintes campos:

O diagrama de Hommel é um losango dividido em quatro triângulos: vermelho no topo, amarelo à direita, azul à esquerda e branco na base. Abaixo dele, o texto 'LABORATORIO DE RESIDUOS QUIMICOS' está alinhado à esquerda.

PRODUTO QUÍMICO
Produto Principal:
Produtos Secundários:
Usuário:
Procedência:
Data:

Há ainda algumas regras a serem seguidas, como descrito abaixo, para realizar corretamente uma rotulagem e identificação em produtos ou resíduos.

- 1 - A etiqueta deve ser colocada no frasco antes de se inserir o resíduo químico para evitar erros;
- 2 - Abreviações e fórmulas não são permitidas;
- 3 - O Diagrama deve ser completamente preenchido, ou seja, os 3 itens (risco à saúde, inflamabilidade e reatividade) - consultar as fichas MSDS;
- 4 - Se a etiqueta for impressa em preto e branco, esta deve ser preenchida usando canetas das respectivas cores do Diagrama;
- 5 - A classificação do resíduo deve priorizar o produto mais perigoso do frasco, mesmo que este esteja em menor quantidade.

REFERÊNCIAS

FILHO, Júlio de Mesquita. Manual de descarte de resíduos inorgânicos perigosos. Universidade Estadual Paulista, faculdade de Ciências Farmacêuticas – campos de Araraquara, 2015. Disponível em: <https://www2.fcfar.unesp.br/#!/documentos/manual-de-descarte-de-residuos/residuos/inorganicos-perigosos/>

LASCOSK, Luiza; CAMARGO, Mayara. Caracterização de resíduos inorgânicos gerados nos laboratórios da UTFPR – PG. 2019. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16499/2/PG_COENQ_2018_2_14.pdf

GOMES, Flávia; KRUG, Cristiane; MAJOLO, Cláudia. Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para o Laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos 153. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manaus, 2021.

SBALCHEIRO, Cheila; SOUSA, Nelcimar. Normas de elaboração de procedimentos operacionais padrão (POP) para o laboratório de biologia molecular da Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos 90. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manaus, 2011.

SILVA, Adélia Maria. Material pedagógico impresso (apostila) – LAB QUI 1005 2020. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, disciplina Química Inorgânica. 2022/2.

QMC, laboratório de análises. FISPQ -Ficha Segurança de Produtos Químicos Nome do Produto: MR Nitrato Código do Produto: MR_32-125. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://site.qmcsaneamento.com.br/FISPQ/FISPQ_MR-NITRATO-32-125-Rev01.pdf>. Acesso em: 27 out. 2023.

Pictograma do tipo de perigo químico (símbolo) | Grupo PCC. Disponível em: <<https://www.products.pcc.eu/pt/blog/pictograma-de-tipo-de-perigo-o-que-significa-e-qual-e-a-sua-finalidade/>>.

LABORATÓRIO, Resíduos Químicos. Rotulagem. Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <http://www.ccsc.usp.br/residuos/atividades/index.html>

VIEIRA, Maria Emília. Manual de descarte de produto químico. Escola estadual de educação profissional – EEEP, ensino médio integrado à educação profissional. Governo estadual do Ceará. SEDUD, 2008. Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2008/12/manual_descarte_de_produtos_quimicos.pdf

FICHA DE SEGURANÇA. Alphatec, química fina: reagente analítico. Control lab com. de prod. p/lab. Ltda. FISPQ nº 2330, zinco. 2013. Disponível em: https://controllabpr.com.br/files/fispq/15241662162FISPQ_ZINCO_EM_PO.pdf

FICHA DE SEGURANÇA. Alphatec, química fina: reagente analítico. Control lab com. de prod. p/lab. Ltda. FISPQ nº 2299, cobre metálico. 2013. Disponível em: https://controllabpr.com.br/files/fispq/15097068500FISPQ_COBRE_EM_APARAS.pdf

FICHA DE SEGURANÇA. Alphatec, química fina: reagente analítico. Control lab com. de prod. p/lab. Ltda. FISPQ n° 2344, cloreto de cobre II dihidratado. 2013. Disponível em:

https://controllabpr.com.br/files/fispq/15235529457FISPQ_CLORETO_DE_COBRE_I_I_DIHIDRATADO.pdf

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA. Roth, n° 9864, versão 2. Hidróxido de cobre (II). 2017. Disponível em: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-9864-PT-PT.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZGIvaGNiLzkwNDYyMTkwOTYwOTQucGRmfDI5NDdmZDRlZjgwYzMxMjUyYWRlZmVjMGZjMTRjNjc1ZGNkMGM2YzdiZWVmYzlmMmI1MzNINzE2MzY0YjA5MDk>