

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS NA DISCIPLINA DE QUÍMICA EXPERIMENTAL LABORATÓRIO DA UFC CAMPUS CRATEÚS

Jordana Maria Silva Martins¹
Janaina Lopes Leitinho²

RESUMO

Os resíduos químicos são gerados diariamente nas atividades de ensino, pesquisa e extensão nas universidades, sendo negligenciados e por vezes descartados de forma incorreta na rede de esgoto sem nenhum planejamento ou consentimento dos riscos químicos e ambientais. O presente trabalho tem como objetivo propor um plano de gestão para a disciplina de química experimental executada no laboratório didático de química do campus da UFC Crateús. A gestão dos resíduos iniciou com o cadastramento das práticas e o reconhecimento da logística laboratorial. Em seguida foram elaborados os procedimentos de operação padrão (POP) para cada prática, prevendo a quantidade de reagentes, soluções e materiais necessários e etapas de gestão do resíduo. Foi usada a matriz GUT para definir prioridades de tratamento por procedimento experimental, a primeira ordem de priorização foi para o procedimento de Sistemas de Reações Químicas com maior IP (Índice de Prioridade) 14, a segunda ordem de priorização foram os procedimentos de Identificação de Substâncias, Separação de Substâncias e Estequiometria e Rendimento com IP 10, a terceira ordem de priorização foi a de Propriedades periódicas com IP 9, e a quarta ordem de priorização foi a de Padronização e padronização de Substâncias e de Medidas de Massa e Volume com IP 8. O gerenciamento dos resíduos realizado por prática foi iniciado pela segregação, identificação e quantificação de resíduos reutilizáveis em outras práticas da mesma disciplina ou de outras ministradas no laboratório. Os resíduos passíveis de serem neutralizados foram tratados e descartados. Etapas de separação de sólidos e líquidos por recristalização também foram realizadas tornando possível recuperar o sólido. Resíduos líquidos não reutilizáveis e estáveis passaram por processo de redução de volume antes de serem armazenados. Resíduos sólidos e líquidos cujo tratamento foge do escopo do laboratório da UFC em Crateús, são acondicionados e enviados à PEGA (Prefeitura de Gestão Ambiental). Após a gestão verificou-se que, 12% da geração de resíduos são reutilizáveis e 34% são neutralizados e descartados na pia e 54,0% são destinados à PEGA. A gestão dos resíduos da disciplina de química experimental proporcionou o controle dos resíduos através do manejo, economia de custos de reagentes e transporte, reduziu os danos ambientais pelo descarte inadequado.

Palavras-chaves: Gerenciamento; laboratório didático, gestão dos resíduos, química experimental, matriz GUT.

¹ Discente do Curso Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará - Campus Crateús -E-mail: Jordana.msm10@alu.ufc.br.

² Química Industrial, Dr^a e Professora de Magistério Superior da a Universidade Federal do Ceará - Campus Crateús -E-mail: janaina@crateus.ufc.br.

ABSTRACT

Chemical waste is generated daily in teaching, research and extension activities at universities, being neglected and sometimes incorrectly disposed of in the sewage system without any planning or consent to chemical and environmental risks. The present work aims to propose a management plan for the experimental chemistry discipline carried out in the chemistry laboratory didactic on the UFC Crateús campus. Waste management began with the registration of practices and the recognition of laboratory logistics. Standard operating procedures (SOP) were then developed for each practice, predicting the quantity of reagents, solutions and materials needed and waste management steps. The GUT matrix was used to define treatment priorities per experimental procedure, the first order of prioritization was for the procedure of Chemical Systems and Reactions with the highest PI (Priority Index) 14, the second order of prioritization was the procedures of Identification of Substances, Separation of Substances and Stoichiometry and Yield with IP 10, the third order of prioritization was Periodic properties with IP 9, and the fourth order of prioritization was the Standardization and standardization of Substances and Mass and Volume Measurements with IP 8. Waste management carried out by practice was initiated by the segregation, identification and quantification of reusable waste in other practices of the same discipline or others taught in the laboratory. Waste that could be neutralized was treated and discarded. Solid and liquid separation steps by recrystallization were also carried out, making it possible to recover the solid. Non-reusable and stable liquid waste went through a volume reduction process before being stored. Solid and liquid waste whose treatment is outside the scope of the UFC laboratory in Crateús, is packaged and sent to PEGA (Environmental Management City Hall). After management, it was found that 12% of waste generation is reusable and 34% is neutralized and discarded in the sink and 54.0% is destined for PEGA. Waste management in the experimental chemistry discipline provided waste control through handling, savings in reagent and transportation costs, and reduced environmental damage due to inappropriate disposal.

Keywords: Management; Didactic Laboratory, Waste Management, Experimental Chemistry, GUT matrix.

DATA DE SUBMISSÃO: 20/12/2023

DATA DE APROVAÇÃO: 20/12/2023

1. INTRODUÇÃO

A temática da geração de resíduos sólidos no Brasil, se tornou mais evidente com a implementação da Lei de nº 12.305/2010- Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), na qual descreve os resíduos como sendo materiais e/ou objetos que após serem usados podem ser descartados, e cuja destinação depende do tipo de resíduo e do seu estado. O lançamento desses resíduos na rede pública de esgotos ou em corpos hídricos são inapropriados (BRASIL, 2010).

A PNRS voltada para o gerenciamento de resíduos sólidos, constitui um conjunto de processos de planejamento, execução, implementação e gestão. Uma das formas de alcançar o correto gerenciamento é praticando a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, como é retratado a estratégia pelo o 9º artigo da lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

Diante da responsabilidade com o meio ambiente entender que as instituições públicas possuem um importante papel na promoção da sustentabilidade é uma etapa importante na proteção da natureza. Diversas instituições iniciaram suas ações com a implantação PNRS o que induziu a criação de estratégia e desenvolvimento de novas práticas institucionais que passaram a compor princípios importantes na gestão dos resíduos (SAIONARA da *et al*, 2017). Nesta perspectiva os 5R's surgem como uma ferramenta sustentável que envolve cooperação e responsabilidade ambiental voltada para repensar, reduzir, reutilizar, reparar e reciclar favorecendo adoção de métodos e estratégias em prol da educação ambiental (SAIONARA da *et al*, 2017).

Segundo Figuerêdo (2006), a preocupação dos resíduos gerados no laboratório nas atividades de pesquisa e extensão só apareceram na década de 1990, mediante a carência de gerenciamento no manuseio de alguns produtos. A partir desse momento, foi possível levantar métodos que visem a recuperação e tratamento dos resíduos nas atividades laboratoriais. De acordo com Nolasco *et al.*, 2006, as universidades estão criando modelos de gerenciamento dos resíduos específicos, respeitando os tipos de resíduos gerados, volumes, adequação do ambiente levando em consideração as normas e restrições impostas pelos órgãos de fiscalização ambiental.

Apoiados pelo PNRS, a Universidade Federal do Ceará (UFC) iniciou suas atividades de gestão de resíduos através do Programa de Gerenciamento de Resíduos criado em setembro de 2005. O programa reunia um conjunto de procedimentos e ações para a implantação de um sistema integrado de redução, reutilização e reciclagem dos diversos tipos de resíduos gerados nas unidades da UFC (UFC, 2014).

Com foco na gestão de resíduos perigosos, a UFC criou, em 2010, um Banco de Gerenciamento de Resíduos e Utensílios Laboratoriais (BRUL) que possibilitou manejar, separar, organizar e catalogar os resíduos perigosos. Este banco, atualmente gerenciado pela Prefeitura de Gestão Ambiental (PEGA), ampliou as ações de remanejamento de reagentes químicos e utensílios dentro e fora da instituição. Deve-se ressaltar que a manutenção do banco é um quebra-cabeça que envolve vários laboratórios e iniciativas de gestão destes reagentes no próprio laboratório ou local gerador do resíduo perigoso.

O desafio da gestão torna-se maior quando se tira o foco dos laboratórios localizados nos Campi da capital e direciona para o interior, o processo de expansão da UFC iniciou-se em meados de 2014.

Por volta do ano de 2017, a UFC Crateús, concretiza a instalação do laboratório de química destinado aos cursos de engenharia Civil, Ambiental e de Minas e inicia as atividades didáticas. Juntamente com as atividades surge a problemática da geração de resíduos e as dificuldades de destinação e tratamento.

No laboratório de química da UFC em Crateús, são desenvolvidas atividades experimentais de 4 disciplinas diferentes: Química Experimental, Qualidade da água e Controle da Poluição, Química Analítica Aplicada e Química Geral, o que torna um pouco mais difícil a gestão de todos os resíduos gerados no laboratório. Os resíduos gerados nas atividades de ensino no laboratório, possuem características físico-químicas distintas e que precisam ser analisados conforme suas características para que sejam descartados de forma correta sem prejuízos ambientais.

Há de se considerar o fato que o sistema de esgotamento da UFC Crateús é do tipo fossa séptica, e recebe todos os resíduos líquidos do Campus. A mistura de resíduos perigosos neste ambiente podem causar reações diversas com a matéria orgânica provocando gases tóxicos e/ou explosivos. Infiltração no solo e contaminação de lençóis freáticos são possibilidades a serem consideradas no processo de acúmulo destes resíduos na fossa séptica. Os riscos iminentes desses resíduos misturados às águas negras podem ser potencializados devido às altas temperaturas da região do Sertão de Crateús e ao poder acumulativo de metais pesados no solo. A presença de metais pode prejudicar a degradação da matéria orgânica por intoxicação e possível morte das bactérias responsáveis por este processo.

A variedade de resíduos gerados em um mesmo ambiente impulsiona o manejo considerando a particularidade de cada disciplina como: o volume de práticas e a quantidade de alunos por semestre. Além disso, as dificuldades de infraestrutura do laboratório, o fator tempo e a característica dos resíduos perigosos são fatores determinantes para definição de ações de gestão.

Diante das peculiaridades descritas anteriormente, iniciou-se a gestão pela disciplina de Química Experimental com auxílio da ferramenta GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), em que corresponde a uma matriz utilizada na gestão de empresas para priorização de problemas e ações. O sistema de gestão da matriz deste estudo foi baseado em Teixeira (2013), na qual foi feito um diagnóstico dos resíduos laboratoriais no Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) de São Paulo. Dessa forma, a matriz auxiliará na tomada de decisão para o tratamento dos resíduos gerados na disciplina executada no laboratório de química da UFC Crateús.

O planejamento das práticas a serem executadas é uma tomada de decisão importante pois proporciona a redução de resíduos gerados, favorece ainda, estratégias de recuperação, tratamento e descartes apropriados. O manejo adequado beneficia ainda, a redução nos custos com aquisição de novos reagentes, transporte de produtos e resíduos perigosos, destinação para incineradores e aterros especiais, e a redução de contaminação do meio ambiente.

Assim, este trabalho tem como objetivo realizar o gerenciamento de resíduos produzidos na disciplina de química experimental no laboratório de química da UFC Crateús, através da recuperação, tratamento e destinação final dos resíduos, minimizando, ao máximo, os riscos ambientais pelo descarte incorreto de resíduos no sistema de esgotamento sanitário.

2. METODOLOGIA

O estudo metodológico para elaboração do plano de gestão ambiental da disciplina será dividido em duas etapas: logística laboratorial e gerenciamento dos resíduos.

2.1 Logística laboratorial

a) Cadastro procedimentos experimentais

Para organização das atividades e práticas realizadas na disciplina de química experimental foi realizado o cadastro de práticas através de formulário eletrônico com link (<https://forms.gle/cnKPLsYfk2UPfoAv8>) a ser disponibilizado aos professores da disciplina. O cadastro de práticas deve ser realizado uma vez por ano, enviado um semestre antes da realização da disciplina e deve ser aprovado pela coordenação do laboratório. Ao preencher o formulário o professor receberá um comprovante em seu e-mail o qual deverá ser enviado para o e-mail do laboratório multidisciplinar (lab_multidisciplinar@crateus.ufc.br).

De posse do formulário preenchido o coordenador designará data, horário para teste da prática e técnico responsável. As etapas do cadastro de responsabilidade do laboratório são apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Etapas do cadastramento de responsabilidade do laboratório.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com a anuência do professor, o técnico irá preparar o Procedimento de Operação Padrão (POP) ou, em caso de adaptações, realizar as possíveis alterações. É importante lembrar que, no POP, deverá constar o gerenciamento dos resíduos de forma detalhada. Posteriormente a construção do POP deve ser enviado para o e-mail do laboratório para finalizar o cadastro.

O modelo padrão do POP é padronizado e unificação para viabilizar um melhor controle das etapas de montagem, desmontagem e tratamento de resíduos. O POP apresenta os seguintes campos: título do procedimento experimental, profissionais responsáveis, objetivo do experimento, vidrarias, equipamentos, reagentes e/ou soluções necessárias, descrição do procedimento, precauções para o desenvolvimento do procedimento, rejeitos e procedimentos para o manejo do mesmo e referências usadas para fundamentar os ensaios (Figura 2).

Figura 2: Modelo padronizado do POP.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	Código	1
	GRUPO	Edição	Primeira
	LABORATÓRIO DE QUÍMICA GERAL	Data	25/07/2018
		Página	1

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)

Elaborado por:	Revisado por:	Aprovado por:
Edilany Oliveira de Aguiar	Prof.ª Dr.ª Aparecida Lopes Ladeira	Prof.ª Dr.ª Aparecida Lopes Ladeira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	Código	1
	GRUPO	Edição	Primeira
	LABORATÓRIO DE QUÍMICA GERAL	Data	25/07/2018
		Página	1

ATIVIDADE:
EXPERIMENTO 1: Medida sem Quilograma, Massa e Volume

PROFISSIONAIS RESPONSÁVEIS:

OBJETIVOS:

SOLUÇÕES NECESSÁRIAS:

VIGILÂNCIAS NECESSÁRIAS:

DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO 1:

PRECAUÇÕES PARA O PROCEDIMENTO 1:

REJEITOS GERADOS PELO PROCEDIMENTO 1:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprovado por:
Edilany Oliveira de Aguiar	Prof.ª Dr.ª Aparecida Lopes Ladeira	Prof.ª Dr.ª Aparecida Lopes Ladeira

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

b) Preparo e execução dos procedimentos experimentais.

A gestão dos resíduos é diretamente afetada pela logística laboratorial, já que etapas sequenciais de preparo e execução dos procedimentos devem ser executadas antes da coleta dos resíduos. A montagem do procedimento é realizada no mínimo vinte quatro horas antes da aula experimental.

O dimensionamento do experimento é projetado considerando o quantitativo de 8 turmas por semestre, cada turma com quatorze discentes os quais se subdivide em sete duplas para a execução das atividades na disciplina. As bancadas foram instrumentadas considerando sete apoios experimentais (kits) os quais ficam expostos até a última turma da semana.

Os recipientes para a segregação foram dispostos em bancadas coletivas e previsto pelo POP do procedimento experimental. Os resíduos coletados durante as aulas experimentais da semana são tratados, em geral, no intervalo de vinte e quatro horas após as atividades da última turma, no entanto, dependendo da quantidade de resíduos gerados e da composição dos resíduos são tratados ao final da semana.

2.2 Gerenciamento dos resíduos químicos

As etapas executadas na gestão dos resíduos gerados pela disciplina de química experimental estão descritas a seguir:

a) Listagem quali-quantitativa

A identificação dos resíduos foi realizada através de previsões reacionais dos roteiros das práticas e posteriormente registrada no POP.

Os resíduos foram analisados quanto a sua toxicidade, periculosidade, inflamabilidade, condições de manuseio e armazenagem e incompatibilidades químicas, por meio das fichas de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ) referente ABNT NBR 14725/2023. A Tabela quali-quantitativa encontra-se disponível no **ANEXO A**.

b) Segregação

A identificação dos resíduos possibilita traçar estratégias de segregação evitando reações indesejadas, liberação de gases tóxicos e/ou. Misturas de resíduos ocasionadas por uma segregação incorreta prejudicam o tratamento.

Para uma segregação eficiente, o POP, deve prever recipientes apropriados para a coleta em cada etapa dos procedimentos. Em consonância com o POP, o roteiro da prática, deve conter dicas de como separar e destinar os resíduos por etapas. Assim a separação inicial depende do treinamento do discente nas primeiras aulas da disciplina, desenvolvendo uma relação de responsabilidade compartilhada entre professores, discentes e técnicos. O quantitativo de resíduos deve ser realizado semanalmente, e foram devidamente registrados na planilha de controle de resíduos.

Verificado a impossibilidade de tratamento e/ou reutilização de resíduos em outras práticas, os resíduos são segregados e armazenados em grupos de características semelhantes, exemplos: grupos de halogenados, não halogenados, soluções contendo acetonitrila, soluções contendo fenol entre outras. Nesse caso, a incompatibilidade química também é analisada, tendo em vista, que existem compostos incompatíveis capazes de gerar situações de perigo e comprometer a segurança do laboratório de química.

c) Rotulagem dos resíduos

Os rótulos dos resíduos foram produzidos com as seguintes informações:

1. Nome do resíduo: nesta categoria deve conter o nome químico, seja comercial ou pela IUPAC. Em caso de misturas de componentes é importante descrever primeiro o componente em maior quantidade seguido dos demais.
2. Resíduo reutilizável: esta informação é importante para o manejo dentro da própria disciplina ou no campus. No espaço aplicabilidade deve-se colocar a prática onde poderá ser utilizado, disciplina ou qualquer outra aplicação no campus.
3. Data da coleta do resíduo: a data norteia o tempo de armazenamento que, junto com a matriz GUT orienta a prioridade do tratamento ou envio para disposição final.
4. Local de produção/disciplina: informa em qual disciplina o resíduo foi gerado.
5. Responsável: nome do gerador do resíduo ou técnico responsável pela segregação. Ajuda no controle da geração de resíduos uma vez que cada um é responsável pelo resíduo que produz.
6. Pictogramas: Adicionar pictogramas de acordo com o sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, também conhecido como GHS (Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos).

A Figura 3 apresenta o modelo de rótulo usualmente aplicado aos resíduos gerados no laboratório multidisciplinar.

Figura 3: Rotulagem dos resíduos - GHS.

REAGENTES QUÍMICOS E RESÍDUOS	RESÍDUO QUÍMICO	
LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS UFC  Adicionar pictograma	Nome do resíduo:	
	Resíduo Reutilizável () SIM () NÃO	Aplicabilidade
	Local de produção	
	Data da coleta	
	Responsável	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

d) Acondicionamento

Os resíduos devem ser acondicionados em embalagens específicas e padronizadas, para melhor organização e controle da gestão dos resíduos gerados. A escolha do recipiente depende das características químicas dos resíduos.

A compatibilidade dos resíduos com as embalagens foi realizada de acordo com a Secretaria Geral de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (SGAS) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sendo respeitadas as adequações aos resíduos e volumes de resíduos gerados na disciplina de química experimental.

As embalagens para acondicionamento foram cedidas pela Prefeitura Especial de Gestão Ambiental (PEGA). As Tabela 1 e 2 apresentam os tipos de embalagens armazenadoras de acordo com as características químicas.

Tabela 1. Tipos de embalagens apropriadas para resíduos inorgânicos.

Resíduo inorgânico	Embalagem
Ácidos inorgânicos	Utilizar recipiente de vidro
Sais inorgânicos (exceto sais de metais pesados)	Utilizar recipiente de plástico*
Soluções contendo sais inorgânicos	Utilizar recipiente de vidro ou plástico*
Soluções e sólidos que contenham metais pesados	Utilizar recipiente de plástico*
Resíduos de halogênios inorgânicos líquidos e reativos, sensíveis à hidrólise	Utilizar recipiente de plástico*
Metais alcalinos e amidos de metais alcalinos	Utilizar recipiente de vidro ou plástico*
Sais inorgânicos e suas soluções de compostos de metais pesados tóxicos ou precioso	Utilizar recipiente de vidro ou plástico*

* Plástico: polietileno de alta densidade (PEAD)

Fonte: Adaptada pelo SGAS/UFSCar (2005).

Tabela 2. Tipos de embalagens apropriadas para resíduos orgânicos.

Resíduos Orgânicos	Embalagem
Solventes orgânicos isentos	Utilizar recipientes de vidro
Sólidos de produtos orgânicos	Utilizar recipientes de plástico*
Líquidos de produtos orgânicos	Utilizar recipiente de vidro ou plástico*
Bases orgânicas e aminas na forma associada	Utilizar recipientes de plástico*
Produtos carcinogênicos e compostos combustíveis classificados como: muito tóxicos ou tóxicos	Utilizar recipientes de vidro
Peróxidos orgânicos em soluções aquosas	Utilizar recipientes de plásticos*
Compostos combustível	Utilizar recipientes de plásticos*

* Plástico: polietileno de alta densidade (PEAD)

Fonte: Adaptada pelo SGAS/UFSCar (2005).

Segundo Machado *et al* (2005) o volume de resíduo nunca deve ultrapassar três quartos da capacidade do recipiente. Visto que, representa uma margem de segurança para possíveis voláteis gerados pelos produtos acondicionados evitando colapso de embalagem ou rompimento de tampa.

e) Armazenamento

Os resíduos em suas respectivas embalagens, foram armazenados em prateleiras abertas ao ambiente laboratorial de acordo com a incompatibilidade química, protegidos de fontes de luz, calor e água. Para garantir a segurança do armazenamento também foi feito, de forma periódica, a verificação das condições das etiquetas e do estado dos resíduos para evitar vazamentos e reações indesejadas.

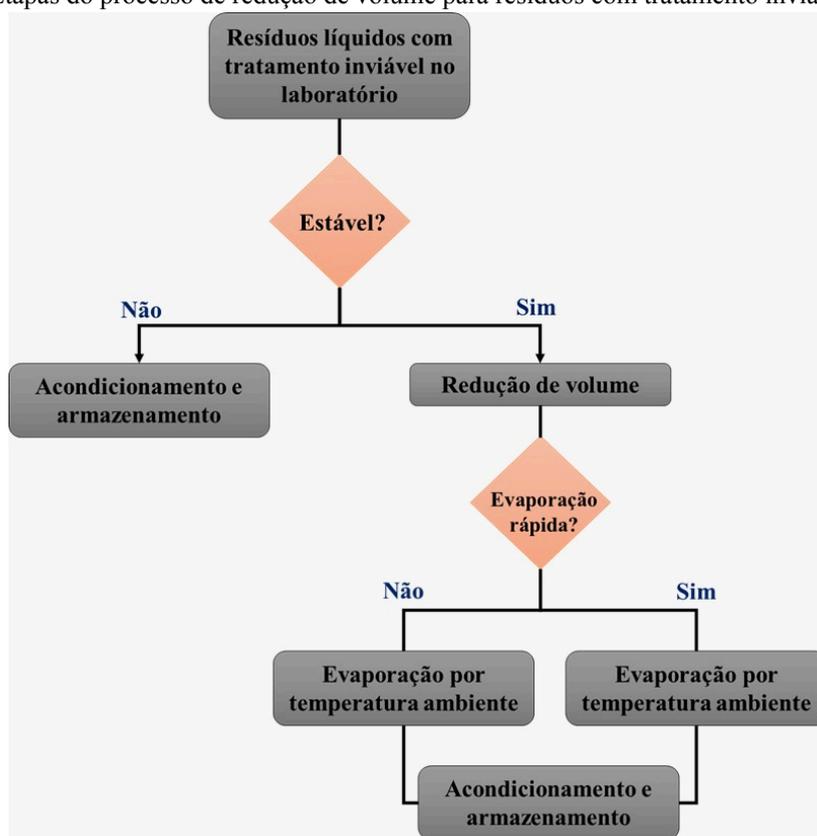
f) Tratamento

Os tratamentos realizados no laboratório são de baixa complexidade e de alta importância para a gestão dos resíduos da disciplina.

i) Redução de volume

Os resíduos com tratamento complexos ou inviáveis de serem realizados no laboratório tiveram, após avaliação de estabilidade, os volumes reduzidos para facilitar a destinação final. A Figura 4 apresenta as etapas deste processo.

Figura 4. Etapas do processo de redução de volume para resíduos com tratamento inviável no laboratório.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

ii) Correção do pH

Resíduos passíveis de descarte na pia após o ajuste de pH entre 6 e 9 manipulados de acordo com as seguintes etapas da Figura 5.

Figura 5. Etapas de ajuste de pH para resíduos líquidos não perigosos.

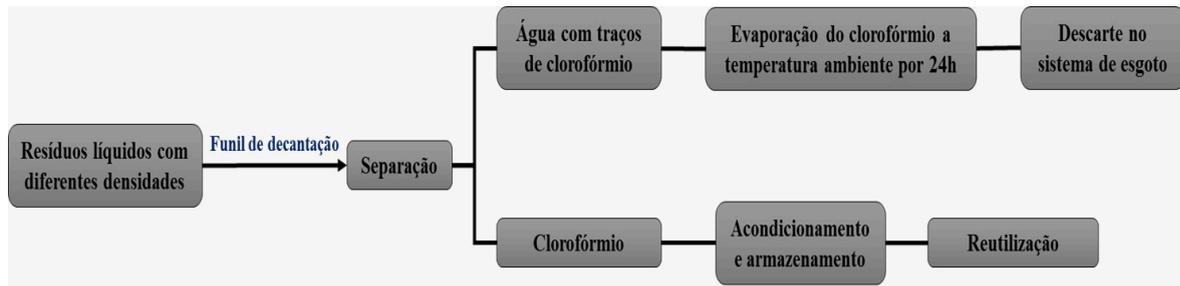


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

iii) Separação e purificação de substâncias

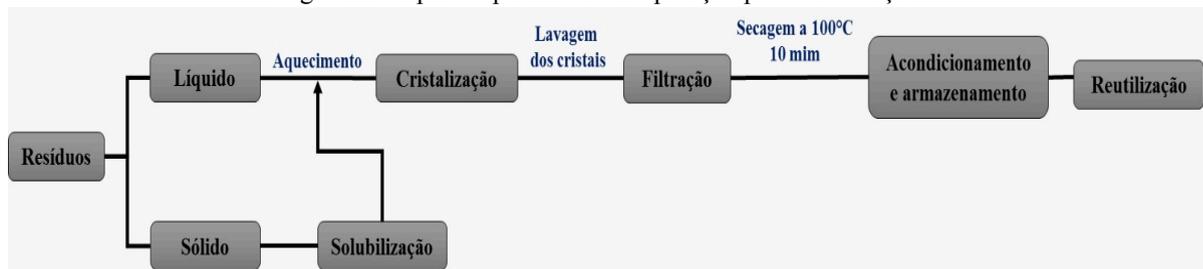
Dois processos de separação e purificação são realizados no tratamento de resíduos no laboratório: separação por decantação e recristalização. As Figuras 6 e 7 apresentam as etapas dos processos

Figura 6. Etapas do processo de separação por decantação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 7. Etapas do processo de separação por cristalização.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

g) Cálculo do Índice de Prioridade para o tratamento pela matriz GUT.

A matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) foi construída usando como referência as características dos resíduos na Listagem quali-quantitativa (ANEXO A). Os critérios G, U e T relacionam-se entre si através do índice de prioridade (IP), cujo cálculo é mostrado na Equação 1. Quanto maior o índice maior a prioridade no tratamento.

$$\mathbf{IP = G \times U \times T} \quad \text{(Equação 1)}$$

A definição de cada critério da matriz é definida a seguir:

- Gravidade (G): representa a intensidade da periculosidade e a profundidade dos riscos causados devido às condições de manejo.
- Urgência (U): relaciona-se com o tempo de tomada de decisão para iniciar um tratamento.
- Tendência (T): considera as consequências futuras de uma etapa não executada ou seja o potencial de crescimento do problema em questão.

A Figura 8 mostra a classificação dos critérios adotados para construção da matriz GUT.

Figura 8: Critérios adotados para construção da matriz GUT.

Gravidade	Urgência	Tendência
1 Periculosidade nula	1 Tratamento inviável	1 Não geração de resíduos
2 Periculosidade baixa	2 Redução de volume	2 Geração de resíduos em longo prazo (até 6 meses)
3 Periculosidade alta	3 Resíduos com possibilidade de reutilização sem tratamento	3 Geração de resíduos em médio prazo (até 3 meses)
4 Periculosidade muito alta	4 Tratamento por correção de pH e/ou descarte na pia	4 Geração de resíduos em curto prazo (até um mês)
5 Periculosidade extremamente alta	5 Tratamento com etapas de Separação e/ou purificação, com possibilidade de reutilização	5 Geração de resíduos em um dia (diária)

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

h) Disposição final

A destinação final dos resíduos foi realizada de duas maneiras: os resíduos possíveis de serem reutilizados no laboratório são armazenados até a sua usabilidade e os resíduos, não passíveis de tratamento, são acondicionados, armazenados e enviados para a Prefeitura de Gestão Ambiental (PEGA) em Fortaleza em, no máximo, um ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Coleta dos resíduos

A gestão de resíduos foi realizada para disciplina de química experimental. As práticas foram realizadas no período de outubro a novembro de 2023. Foram realizados 7 procedimentos experimentais, tais como separação de substâncias, identificação de substâncias, estequiometria e rendimento, sistemas de reações químicas, propriedades periódicas, preparação e padronização de substâncias e medidas de massa e volume. As práticas foram ministradas para 7 turmas, cada uma com 14 alunos.

O início da gestão de resíduos inicia com a disponibilização e identificação de recipientes coletores nos quais os cursistas são orientados a segregar por etapas do roteiro experimental. Esta etapa é sem dúvida uma das mais importantes, pois a separação correta norteia as etapas seguintes da gestão de resíduos seja pela redução de volume, tratamento, descarte e até envio para incineradores ou aterros industriais apropriados. A não separação correta é, no entanto, uma etapa sensível da gestão, pois a mistura de resíduos é algo corriqueiro, uma vez que esta disciplina é o primeiro contato dos discentes com a instrumentação laboratorial.

3.2 Listagem quali-quantitativa

Em virtude da grande quantidade de resíduos gerados nas práticas, os mesmos foram listados em uma tabela do ANEXO A. A Tabela está dividida em 5 colunas que trazem informações dos resíduos gerados por procedimento experimental e suas subdivisões, quantidade geradas, característica dos resíduos gerados e periculosidade.

3.3 Gerenciamento dos resíduos por procedimento experimental

Os resíduos gerados e estudados por esta pesquisa correspondem às etapas experimentais de um conjunto de práticas realizadas na UFC para discentes do segundo semestre dos cursos de engenharia. (Manual de práticas da UFC, 2019)

A descrição de como os resíduos foram gerados e tratados serão descritos nos tópicos posteriores.

a) Medidas de volume e massa

O procedimento experimental tem como objetivo a identificação dos equipamentos volumétricos e análise de sua exatidão, determinação dos volumes de vidrarias e conhecimento da titulometria. Além disso, a prática proporciona o acesso aos equipamentos como balança analítica e procedimentos de calibração.

Por se tratar de um experimento de adaptação da conduta laboratorial, o discente manipula 90% da prática usando água destilada e 10% soluções diluídas de ácido e bases.

i) Etapa A: Medidas de massa e volume

Nesta etapa, não há geração de resíduos, pois durante o procedimento experimental somente há o uso de água destilada para verificação da precisão das vidrarias.

ii) Etapa B: Verificação de precisão e exatidão

Nesta etapa da prática o aluno usa soluções HCl 0,01 mol/L e NaOH 0,01 mol/L no processo titulométrico. O principal objetivo é desenvolvimento de habilidades com a vidraria e a verificação do ponto de viragem através da mudança de cor de rosa para transparente usando fenolftaleína em pequenas quantidades. No processo espera-se que a neutralização aconteça por completo, no entanto, como o aluno ainda não possui habilidades com o procedimento titulométrico é possível que ultrapassem o ponto de viragem, podendo ocasionar em quantidades de ácidos e bases diferentes. O resíduo coletado tem seu pH verificado e, se necessário, corrigido para o pH entre 5 a 9 (CONAMA de N°430/201).

b) Preparação e Padronização de Substâncias

Este procedimento experimental proporciona ao aluno as noções básicas de preparo de soluções, diluição e padronização das mesmas.

i) Etapa A: Preparação de hidróxido de sódio (NaOH 1mol/L e 0,1mol/L).

Nesta etapa gera-se aproximadamente 630 mL por semestre de NaOH 1 mol/L, a qual pode ser usada para a prática de medidas e massas no ano seguinte, após diluição para 0,1 mol/L. Não há geração de resíduos, pois se trata de preparação de solução.

ii) Etapa B: Padronização do hidróxido de sódio (NaOH 0,1mol/L)

Para a padronização NaOH 0,1 mol/L é usado biftalato de potássio na presença de água e fenolftaleína. E a reação de neutralização é descrita na equação 2.



Após a titulação, o discente segrega o conteúdo do erlenmeyer em coletor de vidro coletivo, ao final da aula, o técnico ou o monitor faz a verificação do pH e se necessário proceder com a correção para o enquadramento do mesmo entre 5 a 9. Após a correção, o resíduo segue para evaporação a quente (100°C) até redução de aproximadamente 10mL. A esta solução adiciona-se vermiculita em quantidade suficiente para embeber todo o líquido e estabilizar o resíduo. E segue para o acondicionamento, armazenamento e destinação para a PEGA em Fortaleza.

iii) Etapa C: Padronização de ácido clorídrico (HCl 0,1mol/L)

A padronização de HCl 0,1 mol/L com NaOH 0,1 mol/L é realizada na presença de fenolftaleína. A reação de neutralização está apresentada na equação 3.



O procedimento do tratamento do resíduo desta etapa corresponde à verificação do pH e se necessário adequação para a faixa entre 5 e 9 seguida de descarte na pia sob água corrente.

c) Sistema e Reações Químicas

O procedimento experimental de sistema de reações químicas aplicada a engenharia tem como principal objetivo a introdução em conceitos de reações, e conhecimento de processos oxidativos importantes no decorrer do curso. A logística de separação deste procedimento, consagra-se como a mais complexa, pois cada reação gera um resíduo diferente. Para não prejudicar o andamento ou confundir o discente no momento da separação, a seguinte logística foi adotada:

1. As bancadas foram organizadas por etapas, de forma a identificar cada sistema (ex.: bancada de verificação de mudança de cor, bancada de verificação de liberação de gás, etc.);
2. Para cada reação, dentro da etapa executada, foi colocada um recipiente para a coleta do produto da referida reação. O recipiente foi então etiquetado com as letras da reação a ser executada pelo discente;
3. Para o sucesso da coleta nesta prática é necessário que técnicos, professores e monitores sejam treinados para acompanhar e orientar o descarte em cada etapa, distribuindo-se um responsável por bancada;
4. Ao fim da semana a equipe de monitores e técnicos tratam os resíduos ou dão destinação correta.

i) Etapa A: Verificação da mudança de cor

As reações desta etapa estão apresentadas na Tabela 4. Os produtos gerados na etapa A são todos tóxicos e, em geral, fogem do escopo do laboratório, restando apenas, reduzir o volume, acondicionar, armazenar e enviar a PEGA em Fortaleza.

A subetapa A1 gera CuSO_4 e a redução pode ser a quente (100°C). Os resíduos gerados nas subetapas A2 ($\text{Cr}_2\text{O}_2^{-7}$) e A3 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{+2}$ tem seu volume reduzido a

temperatura ambiente. O resíduo com cromato deve, antes de passar por redução, ter seu pH ajustado entre 5 e 9.

ii) Etapa B: Verificação da formação de precipitado

Os resíduos gerados pelas reações desta etapa B podem ser vistos na Tabela 3. Os produtos gerados na etapa B são tóxicos, com exceção da B3, em que há formação de NaCl e base MgOH. O resíduo tem pH ajustado entre 5 e 9 e após tem seu volume reduzido a quente (100°C) até sólido seco.

Na subetapa B1 o AgCl gerado é separado do ácido nítrico e direcionado para projeto de pesquisa para tratamento eletroquímico. O líquido é então neutralizado e descartado na pia.

Em B2 há a formação de BaSO₄, precipitado branco que deve ser separado por filtração simples. O sólido seco a 70°C é acondicionado e enviado para o PEGA. Em B4, a reação forma S₂ sendo este filtrado acondicionado e enviado para o laboratório de geologia e o líquido descartado na pia.

iii) Etapa C: Verificação da formação de gás

As reações correspondentes a esta etapa podem ser conferidas na Tabela 3. Os produtos da parte C, correspondem a compostos não tóxicos. Os resíduos gerados em C1 (NaCl), e C2 (MgCl₂) podem ser descartados na pia. O resíduo C3 (2Al(OH)₃) pode ser descartado na pia após neutralização necessariamente com HCl para não formar Al₂(SO₄)₃, que é um acidificante do solo.

iv) Etapa D: Verificações de Reações oxirredução

As reações geradoras dos resíduos desta etapa D são dispostas na Tabela 3. O produto gerado na parte D1, KHSO₄, pode ser descartado na pia pois não é tóxico. No entanto, em D2, o resíduo deve ser armazenado, já que é formado composto tóxico de Al₂(SO₄)₃.

Tabela 3. Reações e seus respectivos produtos para cada etapa.

Idn	Reagente	Produto
Etapa A		
A1	$\text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{FeSO}_4(\text{aq})$	Não Ocorre
A2	$2\text{CrO}_2^{-4}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq})$	$\text{Cr}_2\text{O}_2^{-7}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
A3	$\text{CuSO}_4(\text{l}) + \text{NH}_4\text{OH}(\text{l})$	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{+2}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$
Etapa B		
B1	$\text{HCl}(\text{aq}) + \text{AgNO}_3(\text{aq})$	$\text{AgCl}(\text{s}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
B2	$\text{BaCl}_2(\text{l}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	$\text{BaSO}_4(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq})$
B3	$\text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{l})$	$\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{NaCl}(\text{aq})$
B4	$3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	$4\text{S}(\text{s}) + 3\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Etapa C		
C1	$\text{HCl}(\text{aq}) + \text{NaHCO}_3(\text{aq})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NaCl}(\text{aq})$
C2	$\text{HCl}(\text{aq}) + \text{Mg}(\text{s})$	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{MgCl}_2(\text{aq})$
C3	$3\text{Al}(\text{s}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{NaOH}(\text{catalisador})$	$2\text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
Etapa D		
D1	$5\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{KMnO}_4(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	$2\text{KHSO}_4(\text{aq}) + 2\text{MnSO}_4(\text{aq}) + 5\text{O}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
D2	$3\text{CuSO}_4(\text{aq}) + 2\text{Al}(\text{s})$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) + 3\text{Cu}(\text{s})$

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

d) Identificação de substâncias

Este procedimento tem como objetivo a identificação de substâncias, através da análise de propriedades químicas e físicas. As propriedades abordadas no processo para o reconhecimento das substâncias foram: ponto de fusão, ponto de ebulição, solubilidade, densidade, cor da chama emitida, capacidade de conduzir calor ou eletricidade e miscibilidade. A segregação e o tratamento dos resíduos desta prática como descritos nos itens abaixo:

i) Etapa A e B: Determinação indireta e direta da densidade de sólidos

A separação dos resíduos das etapas A e B foi realizada considerando a reutilização dos metais sólidos os quais não reagem com água destilada no processo de determinação da densidade. São disponibilizadas placas de petris para coletar o material sólido e ao final da prática é separado, acondicionado e armazenado para uso na mesma prática no ano seguinte.

ii) Etapa C: Determinação da densidade de líquidos

O único resíduo gerado nesta etapa foi a glicerina. Após a prática, a mesma foi coletada em um béquer e posteriormente, acondicionada em frasco de plástico ou vidro e armazenada para reutilização.

iii) Etapa D: Identificação dos cátions metálicos pelo teste da chama

Na referida prática foram gerados 5 resíduos sólidos: KCl, NaCl, CaCl₂, CuCl e BaCl₂. As variações dos cátions com os ânions também podem ser usados.

Ao final do procedimento experimental obtém-se os sólidos dos referidos sais misturados com seus respectivos traços de óxidos gerados pelo superaquecimento.

Os resíduos não perigosos como NaCl, CaCl₂ e KCl foram descartados no lixo comum, e os resíduos perigosos, tais como CuCl₂ e BaCl₂ foram acondicionados, armazenados e destinados à PEGA em Fortaleza.

iv) Etapa E: Teste de solubilidade

Nesta etapa foram realizados testes de solubilidade do clorofórmio com água e do etanol (98%). Na mistura bifásica de H₂O e CHCl₃, o clorofórmio é separado da água com auxílio do funil de separação. A água deixada à temperatura ambiente para evaporação de possíveis traços de clorofórmio ainda presentes e depois de 24h é descartada na pia. O Clorofórmio é então acondicionado, armazenado e usado na mesma prática no ano seguinte.

A mistura homogênea de CHCl₃ e C₂H₆O é acondicionada e enviada para a PEGA.

f) Separação de substâncias

A prática de separação de substâncias tem como objetivo identificar os processos de separação de acordo com as características das substâncias em uma mistura. Os processos de segregação e tratamento para esta prática podem ser verificados nas etapas a seguir:

i) Etapa A: Separação de sais por dissolução seletiva (fracionada), decantação e Filtração.

Nesta etapa o discente executa o processo de separação de sais por dissolução fracionada seguida de decantação e filtração.

Os resíduos sólidos gerados são produto de uma mistura de NaHCO₃ com NaCl devendo ser, o mesmo, cristalizado para garantir uma pureza adequada. O sólido coletado (NaHCO₃) é então solubilizado, recristalizado, filtrado, seco, acondicionado e armazenado para uso posterior. O resíduo líquido derivado do sobrenadante tem ainda quantidades de bicarbonato de sódio consideráveis e deve ser aquecido para iniciar o processo de recristalização. Após separação do bicarbonato o mesmo é seco em estufa, acondicionado e armazenado com e o líquido pode ser descartado na pia.

ii) Etapa B: Cristalização de sais a partir de uma mistura de Cloreto de Potássio (KCl) e Cloreto de Magnésio (MgCl₂).

A separação por cristalização é realizada quando tem-se uma mistura líquida de sais com coeficiente de solubilidade (K_{ps}) diferente. Assim o sal de menor K_{ps} é o primeiro a precipitar. A separação realizada é feita com uma mistura de KCl e MgCl que possuem solubilidades de 347 g/L e 1670 g/L respectivamente, segundo as Fichas de Informações de Segurança dos Produtos Químicos (FISPQ). A segregação é realizada usando frascos de plástico para sólido seco e para o líquido sobrenadante.

Em geral, após as etapas realizadas pelos discentes há ainda quantidades expressivas de misturas nas duas fases separadas, necessitando de tratamento para a purificação.

A parte sólida rica em cloreto de potássio foi então solubilizada em água e o processo de recristalização iniciou-se sob aquecimento. Após a filtração, lavagem com etanol e secagem, o KCl foi acondicionado, armazenado e usado posteriormente. O sobrenadante coletado no decorrer na prática é aquecido para iniciar novamente o processo de cristalização, e tratado de acordo com as etapas do referido processo. Os resíduos líquidos gerados nas etapas de separação da cristalização é rico em cloreto de magnésio e pode ser descartados na pia.

iii) Etapa C: Determinação do teor de álcool na gasolina por extração líquido-líquido.

Esta etapa consiste em extrair o etanol da gasolina através de adição de água. A mistura de água e gasolina dentro do funil de separação, proporciona o arraste etanol devido suas ligações de hidrogênio com o etanol. Os resíduos gerados foram segregados pelos alunos em frascos plásticos.

A gasolina foi acondicionada e reservada para uso na mesma prática. No entanto, é importante destacar que a gasolina envelhece com o tempo, e libera substâncias voláteis indesejáveis, portanto, aconselha-se o reuso apenas por três anos, após esses períodos o resíduo foi armazenado e enviado para a PEGA.

A fase aquosa possui traços de gasolina insolúveis, sendo indicado fazer outra separação para, então, descartar na pia.

g) Propriedades periódicas

O procedimento experimental de propriedades periódicas refere-se ao estudo das propriedades e características dos compostos metálicos, tais como: maleabilidade, condutância térmica e elétrica e ionização. A tendência desses compostos em formar cátions junto com ácidos liberando hidrogênios, é avaliada através das modificações ocorridas nos processos de reação.

A prática foi realizada em 3 etapas as quais o sistema de tratamento é descrito a seguir.

i) Etapa A: Caráter metálico

O teste para análise do caráter metálico foi realizado para os seguintes sólidos: Al, Fe, Cu e Mg. Este procedimento não gera resíduos, pois os metais expostos podem ser acondicionados e armazenados para uso no ano seguinte.

A reatividade dos metais foi verificada com adição HCl 1 mol/L e as reações apresentadas na Tabela 4. Os resíduos dessa nas subetapas T2 ($MgCl_2$) e T4 ($AlCl_3$) podem ser descartados na pia. A reação da subetapa T2 não ocorre e, desta forma, o cobre é recuperado e reutilizado e o líquido ácido é neutralizado e jogado na pia. O resíduo gerado pela reação da subetapa T1 ($FeCl_3$) é tóxico e seu volume foi reduzido, acondicionado e enviado para à PEGA.

Tabela 4. Reação de metais na presença de ácido clorídrico

Tubos	Substâncias
T1	$\text{Fe}_{(s)} + \text{HCl}_{(l)} \rightarrow 2\text{FeCl}_{3(aq)} + 3\text{H}_{2(g)}$
T2	$\text{Mg}_{(s)} + \text{HCl}_{(l)} \rightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$
T3	Não ocorre reação
T4	$\text{Al}_{(s)} + \text{HCl}_{(l)} \rightarrow \text{AlCl}_{3(aq)} + \text{H}_{2(g)}$

Fonte: Elaborada pelo autor(2023)

ii) Etapa B: Sequência dos metais alcalinos terrosos

A Tabela 5 apresenta as reações dos compostos nitrogenados com o carbonato de sódio e com o ácido sulfúrico, respectivamente. A etapa B foi subdividida em 7 partes sendo as subetapas de 1 a 4 correspondente aos resíduos gerados pelas reações dos sais de nitrato com o carbonato de sódio e as subetapas de 5 a 7 referem-se os resíduos gerados pelas reações dos sais de nitrato com o ácido sulfúrico.

Os resíduos gerados em B1, B2, B3, são descartados na pia, pois ambos não são classificados como perigosos. O resíduo formado em B4 (BaCO_3), é tóxico e teve seu volume reduzido, acondicionado e enviado para a PEGA.

Os resíduos gerados em B5, B6 e B7 tiveram seus volumes reduzidos, acondicionados e enviados à PEGA. O resíduo gerado na subetapa B6 deve ser descartado na pia após neutralização e verificação do pH entre 5 e 9.

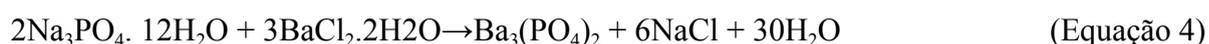
Tabela 5. Reações de nitratos com carbonato de cálcio e ácido sulfúrico

Idn	Reação
Reações sais nitrato com $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)}$	
B1	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightarrow \text{MgCO}_{3(aq)} + 2\text{NaNO}_{3(aq)}$
B2	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightarrow 2\text{NaNO}_{3(aq)} + \text{SrCO}_{3(aq)}$
B3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)} + 2\text{NaNO}_3$
B4	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightarrow \text{BaCO}_{3(s)} + 2\text{NaNO}_{3(aq)}$
Reações sais nitrato com $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$	
B5	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{MgSO}_{4(aq)} + 2\text{HNO}_{3(aq)}$
B6	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{HNO}_{3(aq)} + \text{SrSO}_{4(aq)}$
B7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{CaSO}_{4(aq)} + 2\text{HNO}_{3(aq)}$
B8	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(aq)} + \text{HNO}_{3(aq)}$

Fonte : Elaborada pelo autor (2023).

h) Estequiometria e Rendimento

O procedimento de estequiometria e rendimento lança mão da reação entre $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ e $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Equação 4) que gera um precipitado para estudar proporções estequiométricas e rendimento reacional. A identificação do reagente limitante é realizada através de reações no sobrenadante.



Na reação acima, há formação do composto tóxico $Ba_3(PO_4)_2$, o mesmo é filtrado e armazenado. O sobrenadante foi evaporado, acondicionado e enviado para PEGA.

3.3 Matriz GUT e prioridade dos tratamentos

Através dos índices da matriz GUT descritos na Figura 8 foi possível determinar os índices de prioridades (IP) e classificar a ordem de priorização para o tratamento de resíduos por procedimento experimental (Tabela 6). Esta avaliação é importante em casos de resíduos acumulados no laboratório ou que, por alguma razão de logística, não pode ser realizado o tratamento na semana da referida prática. Ressalta-se que, o tratamento realizado em tempos posteriores, não exclui a segregação durante a execução das práticas.

A Tabela 7 apresenta uma correlação entre a prioridade do tratamento e o tempo máximo para a realização do mesmo, considerando o aumento da tendência do agravamento de problemas no armazenamento provocada produção de vapores tóxicos, vazamento e/ou entufamento de frascos coletores, reações indesejadas e explosão.

Analisando os valores apresentados na Tabela 6 verifica-se que o procedimento com maior índice de prioridade para o tratamento é o de Sistemas de Reações Químicas, certamente, por ter uma maior quantidade de resíduos com periculosidade diferente. Este procedimento experimental também exige uma força tarefa maior na etapa de segregação pois, é comum os discentes confundirem os frascos coletores. A Grande variedade de resíduos gerados também detém de um tempo maior para o tratamento e de espaço laboratorial. A tendência de ocorrer agravamento por uma estocagem prolongada dos resíduos desta prática aumenta rapidamente. O tempo de ação para o tratamento desta prática é de no máximo 1 semana.

Os procedimentos de Identificação de Substância, Separação de Substâncias e Estequiometria e Rendimento possuem IP 10 e ocupam a segunda ordem de prioridade em relação ao tratamento de seus resíduos (Tabela 6). Apesar da prioridade ser a mesma, é importante salientar que os experimentos de Identificação e Separação de Substâncias possuem dois resíduos que devem ter uma maior atenção e celeridade no tratamento pois, tanto clorofórmio como a gasolina são voláteis e inflamáveis. De acordo com a Tabela 7, os resíduos devem ser tratados antes do fim de um período de 1 mês sobre a prerrogativa de consequências na estocagem e da elevação de atmosfera tóxica no laboratório.

O tratamento dos resíduos gerados pelo procedimento de Propriedades Periódicas possuem IP igual a 9 (Tabela 6) ocupando ordem de priorização igual a 3. O tratamento para esta prática se divide entre os que possuem tratamento inviável no laboratório e aqueles que passam por etapas de tratamento de manipulações simples, como correção de pH e descarte na pia. É importante lembrar que, os de tratamento inviável nas instalações do laboratório, nem sempre são menos perigosos e devem ser enviados para a PEGA o mais rápido possível. O tempo para tratamento ou destinação para estes resíduos deve ser, no máximo, de 3 meses, tempo correspondente ao fim das atividades laboratoriais da disciplina de química experimental.

A ordem de prioridade 4 (Tabela 7) foi observada para os procedimentos de Preparação e Padronização de Substâncias e Medidas de Massa e Volume. O Valor de IP baixo refere-se ao fato de que as práticas geram poucos resíduos, sendo o tratamento dos mesmos, simples e rápido. No entanto, deve-se destacar a necessidade de um cuidado maior com os resíduos com biftalato de potássio que precisam ser estabilizados com vermiculita. O tempo máximo de ação destinada para os resíduos tratáveis é de, no máximo, 6 meses (Tabela 7).

Tabela 6. Ordem de priorização dos resíduos de acordo com as devidas pontuações.

Índice de Prioridade dos Resíduos (IP)- Resíduos de práticas de Química Experimental			
Procedimentos experimentais	Pontuação	Situação	Ordem de Priorização
Sistemas e Reações Químicas	14		1
Identificação de Substâncias	10		2
Separação de Substâncias	10		2
Estequiometria e Rendimento	10		2
Propriedades periódicas	9		3
Preparação e padronização de substâncias	8		4
Medidas de Massa e Volume	8		4

Situação de Pontuações	
$4 \leq P \leq 8$	
$9 \leq P \leq 13$	
$P \geq 14$	

Fonte : Elaborado pelo autor (2023)

Tabela 7. Ordem de priorização versus tempo de máximo para uma ação de tratamento.

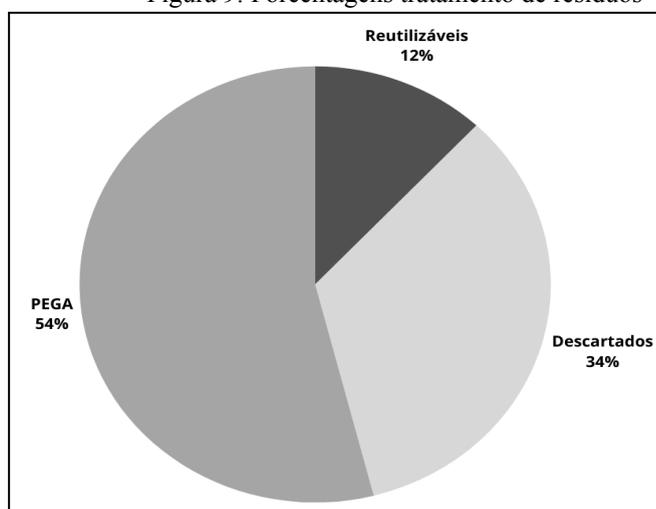
Procedimentos Experimentais	Ordem de prioridade	Tempo máximo para ação
Sistemas e Reações Químicas	1	1 semana
Identificação de Substâncias	2	1 mês
Separação de Substâncias	2	1 mês
Estequiometria e Rendimento	2	1 mês
Propriedades periódicas	3	3 meses
Preparação e padronização de substâncias	4	6 meses
Medidas de Massa e Volume	4	6 meses

Fonte : Elaborado pelo autor (2023)

A Figura 9 apresenta a percentagem dos resíduos reutilizados, descartados na pia após tratamento e os enviados para a PEGA.

As informações da Figura 9 nos possibilita verificar que 54% dos resíduos gerados pela disciplina de química experimental não são tratáveis na unidade ou não possuem técnicas de inativação sendo enviados para à PEGA. Os resíduos passíveis de tratamento com possibilidade de serem descartados na pia ou no lixo comum correspondem a 34% e os possíveis de serem reutilizados na unidade somam um valor de 12%. Somando os valores das percentagens de reutilizáveis e dos tratados com descarte encontra-se percentagem igual a 46% indicando um valor expressivo de resíduos não enviados para aterros industriais. Este valor reflete nos custos de compra de novos reagentes e nos valores destinados ao transporte e destinação de resíduos perigosos. O transporte destes resíduos são específicos para garantir a segurança até o final do trajeto e possui um custo elevado para a UFC.

Figura 9: Porcentagens tratamento de resíduos



Fonte: Elaborada pelo autor(2023)

4. CONCLUSÃO

A gestão dos resíduos realizada para a química experimental no laboratório de química da UFC em Crateús, proporcionou redução dos resíduos estocados, diminuição dos riscos dentro do laboratório de química e otimização dos custos quanto à compra de reagentes químicos.

A padronização de etapas de tratamento, descritas nos POPs, para a disciplina de química experimental, são de extrema importância pois, instruirão o processo de segregação no ato das práticas evitando misturas de resíduos e os custos de tempo e dinheiro com etapas desnecessárias com o tratamento. Além disso, foi possível incluir nos POPs os procedimentos de tratamento e tempo máximo de realização da atividade norteando o trabalho dos técnicos no gerenciamento dos resíduos.

As aulas práticas da disciplina preparam os discentes no processo da segregação desenvolvendo responsabilidade compartilhada com o corpo técnico, professores e instituição, o que favorece uma segregação mais eficiente.

A matriz GUT foi implementada para definição de ordens de prioridades para o tratamento dos procedimentos experimentais. O procedimento com primeira e maior ordem de prioridade foi o de Sistemas e Reações Químicas com IP (índice de prioridade) 14. Os procedimentos de segunda ordem de prioridade foram: Identificação de substâncias,

Separação de Substâncias e Estequiometria e Rendimento, com IP 10. A terceira ordem de prioridade de tratamento foi o procedimento de Propriedades Periódicas com IP 9. Já a quarta e última ordem foi para os experimentos de: Preparação e padronização de Substâncias e de Medidas de Massa e Volume com IP 8.

Em decorrência da grande diversidade de resíduos gerados na disciplina, a matriz facilita a gestão quando a logística de trabalho no laboratório não permite o tratamento imediato dos resíduos sendo a mesma obedecida na tomada de decisão pelo corpo técnico.

A análise dos resíduos gerados na disciplina mostrou que 12% são reutilizáveis e que 34% são tratados e descartados na pia ou no lixo comum e 54% são enviados à PEGA. A gestão de resíduos mostrou que quase a metade (46%) dos resíduos gerados na disciplina podem ter uma destinação, o que ajuda reduções dos custos com compra de reagentes e transportes especiais e aterros industriais.

A gestão adequada dos resíduos possibilitou a padronização do acondicionamento e da rotulagem facilitando o envio mais rápido para à PEGA e a redução de resíduos no interior do laboratório. A diminuição de resíduos no laboratório promoveu redução dos vapores tóxicos no ambiente laboratorial, reduziu riscos com a incompatibilidade de resíduos, minimizou perigos de explosões, contendo contaminação de solo e de águas subterrâneas.

O manejo dos resíduos laboratoriais na Universidade Federal do Ceará em Crateús representa uma ação de sustentabilidade ambiental e, sobretudo, responsabilidade social para com os discentes, funcionários e sociedade crateuense.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725**: Produtos químicos: Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ), 2023.

BRASIL. **Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010**: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010.

CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº430**, 2011.

DA SILVA, J. M.; RODRIGUES A. B; SAMPAIO, F. D. DE O.; OLIVEIRA, É.M. da S.; TORRES, G. R.; BORGES, S. DA S. S. **Gerenciamento de resíduos laboratoriais: a experiência do progere-ufc**. Extensão em Ação, 2015.

FIGUERÊDO, D. V. **Manual para Gestão de Resíduos Químicos Perigosos de Instituições de Ensino e Pesquisa**, Conselho Regional de Química de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

GHS, Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos, LATU. Disponível em: < Sistema Globalmente Harmonizado (ghs-sga.com)>. Acesso em: 12/09/2023.

MARTA, R.M; NEVES, N.B. **Normas elaboradas pela unidade de gestão de resíduos UFR/CEMA/UFScar**. Universidade Federal de São Carlos, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. A política dos 5 R's. Disponível em <http://www.mma.gov.br/comunicacao/item/9410>,. Acesso em 2023.

NOLASCO, F.R; TAVARES, G.A; BENDASSOLI, J.A. **Implantação de Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos em Universidades: Análise crítica e recomendações**, 2006.

SILVA, Saionara da *et al.* **Os 5 R's da sustentabilidade**. Anais do V Seminário de Jovens Pesquisadores em Economia & Desenvolvimento, 2017.

TEIXEIRA, C.E.; MORAES, S. L. DE.; MOTTA, F. G.; SHIBATA, A. P. **Concepção de um Sistema de Gestão de Resíduos de Laboratório: Estudo de Caso de um Instituto de Pesquisa**. *Sistemas & Gestão*, v. 7, nº 4, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCAR), **Embalagens Apropriadas**. Disponível em: <Embalagens Apropriadas — Secretaria Geral de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - SGAS (ufscar.br)>. Acesso em: 16 dez.2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Pró-Reitoria de Planejamento/Divisão de Gestão Ambiental/Progere. **Relatório de Gestão Ambiental**, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Manual de Práticas Laboratoriais da UFC Campus Crateús**,2019.

ANEXO A-

LISTAGEM QUALI-QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS

Resíduos gerados nas práticas da disciplina					
Etapas	Resíduos	Quantidades/ Semestre		Propriedades dos compostos	Grau de Periculosidade
		2023.2			
		g	mL		
Prática: Identificação de Substâncias					
D	BaCl _{2(s)} – Reagente	459,01		<ul style="list-style-type: none"> • Higroscópico • Solúvel em água e Etanol. • Nocivo • Tóxico 	Perigoso
D	CuCl _{2(s)} - Reagente	231,63		<ul style="list-style-type: none"> • Insolúvel em etanol e acetona. • Não explosivo • Toxicidade aguda 	Perigoso
D	NaCl _(s) - Reagente	185,30		<ul style="list-style-type: none"> • Não inflamável • Não reativo 	Não perigoso
D	KCl _(s) - Reagente	167,45		<ul style="list-style-type: none"> • Não inflamável • Não combustível • Não explosivo 	Não perigoso
D	CaCl _{2(s)} - Reagente	322,76		<ul style="list-style-type: none"> • Não combustível • Reativo • Não explosivo • Tóxico por via dérmica 	Não Perigoso
E	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})} + \text{CHCl}_3_{(\text{aq})} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3 + \text{ClO}_3_{(\text{aq})}$		138,6	Trióxido de Cloro- ClO_{3(aq)} <ul style="list-style-type: none"> • Corrosivo • Incompatível Materiais orgânicos, Agentes redutores, Oxidantes, Ácidos, Bases, Compostos contendo nitrogênio.	Perigoso
E	$\text{CHCl}_3_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{CO}_{(\text{g})} + 3\text{HCl}_{(\text{aq})}$		168,0	Monóxido de Carbono- CO_(g): <ul style="list-style-type: none"> • Inflamável • Explosivo • Estável Ácido Clorídrico- HCl_(aq)	Perigoso

				<ul style="list-style-type: none"> • Corrosivo para metais • Incompatíveis: Álcalis fortes, metais alcalinos e alcalinos terrosos. • Estável em condições normais de temperatura e pressão 	
	$\text{CHCl}_3(\text{aq})$ - Extraído separação de fases		54,6	Clorofórmio- $\text{CHCl}_3(\text{aq})$ <ul style="list-style-type: none"> • Pouco biodegradável • Altamente tóxico • Volátil • Corrosivo • Fácil oxidação no ar 	Perigoso
Prática: Separação de Substâncias					
A	$\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{NaCl}(\text{s})$ \rightarrow $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	167,7		Carbonato de Sódio-$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$ <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis: Ácidos, Amônia e Flúor • Reagir violentamente com compostos de amônio, flúor, ácidos. • Não é reativo em condições normais de temperatura e pressão 	Não perigoso
B	$\text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{KCl}(\text{aq})$ $\rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{KCl}(\text{s})$	134,67		Cloreto de Magnésio-$\text{MgCl}_2(\text{l})$: <ul style="list-style-type: none"> • Efeitos biológicos • Solúvel • Não combustível • Incompatíveis: Não disponível Cloreto de Potássio $\text{KCl}(\text{s})$ <ul style="list-style-type: none"> • Não inflamável • Não combustível • Não explosivo • Incompatíveis: Ácido sulfúrico, nitrato de amônio, Permanganato 	Não perigoso Não perigoso

				de potássio e Trifluoreto de bromo	
C	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow 2\text{CO}_{(\text{g})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$		882	Etanol- (C₂H₆O)_(l): <ul style="list-style-type: none"> • Inflamável • Solúvel na água • Riscos de incêndios e explosões com oxidantes fortes como ácido nítrico • Volátil • Baixa degradação e alta persistência • Incompatível: Exemplos: Ácido nítrico, ácido perclórico, ácido permangânico, anidrido crômico, cloreto de acetila, hipoclorito de cálcio e oxidantes em geral. 	Perigoso
	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})}$ Extraído da separação de fases		483	-	Perigoso

Prática: Estequiometria e Rendimento

A	$2\text{NaPO}_{4(s)} + \text{BaCl}_{2(s)} \rightarrow \text{Ba}(\text{PO}_4)_2 + 2\text{NaCl}_{(s)}$		8274	Fosfato de Bário <ul style="list-style-type: none"> • Não combustível • Estável • Incompatíveis: Ácidos fortes 	Perigoso
	(Produto) $\text{NaCl}_{(s)}$	65,36		Cloreto de Sódio-$\text{NaCl}_{(s)}$: <ul style="list-style-type: none"> • Não reativo • Solúvel • Incompatível com agentes oxidantes forte 	Não perigoso
Prática: Preparação e padronização de Substâncias					
A	NaOH 1 mol/L		630	Hidróxido de Sódio-$\text{NaOH}_{(aq)}$ <ul style="list-style-type: none"> • Corrosivo • Em meio aquoso libera hidroxilas • Não combustível • Pouco solúvel em águas • Efeito ecotoxicológicos • Incompatibilidade: água e álcool e metais. • Muito exotérmica com ácidos 	Perigoso
B	0,1 mol/L		1680		
D	$\text{NaOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{NaCl}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$		1230,6	Cloreto de Sódio-$\text{NaCl}_{(s)}$ <ul style="list-style-type: none"> • Não reativo • Solúvel 	Não perigoso

A3				Hidróxido de Sódio- NaOH_(aq) <ul style="list-style-type: none"> • Corrosivo • Não combustível • Pouco solúvel em águas • Efeito ecotoxicológicos • Incompatibilidade: água e álcool e metais 	Perigoso
B1	$\text{HCl}_{(aq)} + \text{AgNO}_3_{(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)} + \text{HNO}_3_{(aq)}$		525,0	Cloreto de prata- AgCl_(aq) <ul style="list-style-type: none"> • Não combustível • No ar pode sofrer explosões se formar cloreto de hidrogênio gasoso. • Não possui propriedades oxidantes Ácido Nítrico- HNO_{3(aq)} <ul style="list-style-type: none"> • Não é inflamável • Não é corrosivo • Reage violentamente com bases fortes anidras e em solução 	Perigoso Perigoso
B2	$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)}$		508,2	Ácido Clorídrico- HCl_(aq) <ul style="list-style-type: none"> • Corrosivo para metais. • Toxicidade aguda • Combustão há a volatilização e liberação de compostos tóxicos. • Incompatível com álcalis fortes, metais alcalinos. 	Perigoso
	BaSO _{4(s)}	20,79		Sulfato de Bário- BaSO_{4(s)} <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis: Alumínio em pó. 	Perigoso

				<ul style="list-style-type: none"> • Não combustível e inflamável. 	
B3	$\text{MgCl}_{2(aq)} + \text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{Mg(OH)}_{2(s)} + \text{NaCl}_{(aq)}$		504,0	<p>Cloreto de Magnésio- MgCl_{2(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não combustível • Efeitos biológicos à organismos aquáticos <p>Cloreto de Sódio- NaCl_(aq)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solúveis • Incompatibilidades: Agentes oxidantes fortes. 	<p>Não perigoso</p> <p>Não-perigoso</p>
B4	$3 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{H}_2\text{SO}_4(aq) \rightarrow 4\text{S}(s) + 3 \text{Na}_2\text{SO}_4(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$		562,8	<p>Sulfato de Sódio- Na₂SO_{4(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiais incompatíveis: Ácidos Fortes, Agentes Oxidantes Fortes, Alumínio e Magnésio. • Produto higroscópico. 	Não perigoso
B4		19,19g		<p>Enxofre- S_(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inflamável, principalmente com cloreto de bário inflama-se à 108-111°C. • Corrosivo ao cobre e ligas de cobre • Extremamente tóxico em altas temperaturas. • Incompatíveis: materiais oxidantes fortes, Alumínio (alguns desses) 	Perigoso
	$\text{HCl}_{(aq)} + \text{NaHCO}_3(aq) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l) + \text{CO}_2(g) + \text{NaCl}_{(aq)}$		814,8	<p>Cloreto de Sódio- NaCl_(aq)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solúveis 	Não perigoso

C1				<ul style="list-style-type: none"> Incompatibilidades: Agentes oxidantes fortes. Gás carbônico CO_{2(g)} <ul style="list-style-type: none"> Não inflamável; 	Não perigoso
C2	$\text{HCl}_{(\text{aq})} + \text{Magnésio}$ $\text{Mg}_{(\text{s})} \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + \text{MgCl}_{2(\text{aq})}$		562,8	Cloreto de Magnésio-MgCl_{2(aq)}: <ul style="list-style-type: none"> Não combustível Casa de incêndio pode liberar cloreto de hidrogênio. Gás Hidrogênio-(H₂): <ul style="list-style-type: none"> Gás dissolvido Extremamente Inflável Incompatíveis: Substâncias oxidantes, Halogênios, Lítio. 	Não perigoso nas condições normais
C3	$3\text{Al}_{(\text{s})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + \text{NaOH (catalisador)}$ $\rightarrow 2\text{Al(OH)}_{3(\text{aq})} + 3\text{H}_{2(\text{g})}$		504	Hidróxido de Alumínio-Al(OH)_{3(aq)}: <ul style="list-style-type: none"> Não combustível Estável Incompatíveis: Ácidos fortes. Gás Hidrogênio-(H₂): <ul style="list-style-type: none"> Gás dissolvido Extremamente Inflável Incompatíveis: Substâncias oxidantes, Halogênios, Lítio 	Não Perigoso
D1	$5 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2 \text{KMnO}_{4(\text{aq})} + 4 \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{KHSO}_{4(\text{aq})} + 2 \text{MnSO}_{4(\text{aq})} + 5 \text{O}_{2(\text{g})} + 8 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$		466,2	Bissulfato de Potássio-KHSO_{4(aq)} <ul style="list-style-type: none"> Não inflamável Incompatíveis: Ácidos fortes, álcalis ou bases fortes. Sulfato de Manganês-MnSO_{4(aq)} <ul style="list-style-type: none"> Evitar umidade 	Não Perigoso

				<ul style="list-style-type: none"> Perigos especiais se mistura: Óxidos de enxofre, Óxidos de magnésio/manganês 	
D2	$3\text{CuSO}_{4(l)} + 2\text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)} + 3\text{Cu}_{(s)}$		470,4	Sulfato de Alumínio- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)}$ <ul style="list-style-type: none"> Corrosivo. Não inflamável. Não é explosivo. Incompatíveis: produtos explosivos, de combustão espontânea, peróxidos orgânicos, agentes oxidantes e alcalinos, metais. 	Perigoso
			21	Cobre- $\text{Cu}^{3+}_{(s)}$ <ul style="list-style-type: none"> Combustível Incompatibilidade: Óxido de etileno, flúor, sulfureto de hidrogênio 	Não perigoso
Prática: Propriedades periódicas					
A	$\text{Al}_{(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{AlCl}_{3(aq)} + \text{H}_{2(g)}$		1	Cloreto de Alumínio Anidro- $\text{AlCl}_{3(aq)}$ <ul style="list-style-type: none"> Não combustível Não deve ser posto em altas temperaturas pois pode liberar cloreto de hidrogênio Gás Hidrogênio- (H₂): <ul style="list-style-type: none"> Gás dissolvido Extremamente Inflável Incompatíveis: Substâncias oxidantes, Halogênios, Lítio 	Não perigoso
				Cloreto de Ferro- $\text{FeCl}_{3(aq)}$	Perigoso
	$\text{Fe}_{(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow 2\text{FeCl}_{3(aq)} + 3\text{H}_{2(g)}$		1,5		

A				<ul style="list-style-type: none"> • Não inflamável • Não explosivo • Incompatível com produtos explosivos, peróxidos orgânicos, agentes oxidantes e alcalinos. <p>Gás Hidrogênio-(H₂):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gás dissolvido • Extremamente Inflável • Incompatíveis: Substâncias oxidantes, Halogênios, Lítio. 	Não Perigoso
	$\text{Cu}_{(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CuCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$		1	<p>Cloreto de Cobre-CuCl_{2(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não inflamável • Não combustível <p>Gás Hidrogênio-(H₂):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gás dissolvido • Extremamente Inflável • Incompatíveis: Substâncias oxidantes, Halogênios, Lítio. 	Não perigoso Não Perigoso
	$\text{Mg}_{(s)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$		1	<p>MgCl_{2(aq)}:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não combustível • Casa de incêndio pode liberar cloreto de hidrogênio. <p>Gás Hidrogênio-(H₂):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gás dissolvido • Extremamente Inflável • Incompatíveis: Substâncias oxidantes, Halogênios, Lítio 	Não perigoso Não Perigoso

B1	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})} \rightarrow \text{MgCO}_{3(\text{aq})} + 2\text{NaNO}_{3(\text{aq})}$		525	<p>Carbonato de Magnésio- MgCO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis: Agentes oxidantes fortes, Ácidos, Magnésio, Alumínio. • Higroscópico <p>Nitrato de Sódio- NaNO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis Ácidos fortes, Agentes redutores fortes, Metais em pó, Materiais orgânicos, Metais alcalinos, Metais alcalinos terrosos, Cianetos metálicos, Tiocianatos de bário. • Perigoso exposto a materiais combustíveis, inflamáveis ou explosivos 	<p>Não perigoso</p> <p>Não perigoso</p>
B2	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})} \rightarrow 2\text{NaNO}_{3(\text{aq})} + \text{SrCO}_{3(\text{aq})}$		554,4	<p>Nitrato de Sódio- NaNO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis Ácidos fortes, Agentes redutores fortes, Metais em pó, Materiais orgânicos, Metais alcalinos, Metais alcalinos terrosos, Cianetos metálicos, tiocianatos de bário. • Perigoso quando exposto a materiais combustíveis, inflamáveis ou explosivos. <p>Carbonato de Estrôncio- SrCO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não combustível 	<p>Não perigoso</p> <p>Não perigoso</p>

				<ul style="list-style-type: none"> • Incompatibilidade: Ácidos fortes Bases fortes • Não reativo 	
B3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})} \rightarrow \text{CaCO}_{3(\text{aq})} + 2\text{NaNO}_3$		596,4	<p>Nitrato de Sódio- $\text{NaNO}_{3(\text{aq})}$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis Ácidos fortes, Agentes redutores fortes, Metais em pó, Materiais orgânicos, Metais alcalinos, Metais alcalinos terrosos, Cianetos metálicos, tiocianatos de bário. • Perigoso quando exposto a materiais combustíveis, inflamáveis ou explosivos <p>Carbonato de Cálcio- $\text{CaCO}_{3(\text{aq})}$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiais incompatíveis: Ácidos, Amônia e Flúor. • Reação violenta com compostos de amônio, flúor, ácidos. • Degradável 	<p>Não perigoso</p> <p>Não perigoso</p>
B4	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})} \rightarrow \text{BaCO}_{3(\text{aq})} + 2\text{NaNO}_{3(\text{aq})}$		533,4	<p>Nitrato de Sódio- $\text{NaNO}_{3(\text{aq})}$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incompatíveis Ácidos fortes, Agentes redutores fortes, Metais em pó, Materiais orgânicos, Metais alcalinos, Metais alcalinos terrosos, Cianetos metálicos, tiocianatos de bário. • Perigoso quando exposto a materiais combustíveis, 	Não perigoso

				<p>inflamáveis ou explosivos</p> <p>Carbonato de Bário- BaCO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em aquecimento pode formar óxido de bário • Não explosivo • Incompatíveis: Ácidos 	Perigoso
B5	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} \rightarrow \text{MgSO}_{4(\text{aq})} + 2\text{HNO}_{3(\text{aq})}$		533,4	<p>Sulfato de Magnésio- MgSO_{4(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não combustível • Evitar fortes aquecimentos • Estável <p>Ácido Nítrico- HNO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pode ser corrosivo em metais (caso) • Comburente • Incompatíveis Celulose, Metais. 	<p>Não Perigoso</p> <p>Perigoso</p>
B6	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} \rightarrow \text{HNO}_{3(\text{aq})} + \text{SrSO}_{4(\text{aq})}$		512,4	<p>Sulfato de Estrôncio- SrSO_{4(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perigos se misturados com óxido de estrôncio. <p>Ácido Nítrico- HNO_{3(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pode ser corrosivo em metais (caso) • Comburente • Incompatíveis Celulose, Metais. 	<p>Não perigoso</p> <p>Perigoso</p>
B7	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} \rightarrow \text{CaSO}_{4(\text{aq})} + 2\text{HNO}_{3(\text{aq})}$		554,4	<p>Sulfato de Cálcio- CaSO_{4(aq)}</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiais incompatíveis: Agentes Oxidantes Fortes. 	Não perigoso

				<ul style="list-style-type: none"> • Corrosivo Ácido Nítrico- HNO_{3(aq)} <ul style="list-style-type: none"> • Pode ser corrosivo em metais (caso) • Comburente • Incompatíveis Celulose, Metais. 	Perigoso
B8	$\text{Ba(NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$		567	Sulfato de Bário- BaSO_{4(aq)} <ul style="list-style-type: none"> • Materiais incompatíveis: alumínio, fósforo • Insolúvel em água • Aquecidos até combustão liberam Óxidos sulfúricos Ácido Nítrico- HNO_{3(aq)} <ul style="list-style-type: none"> • Pode ser corrosivo em metais (caso) • Comburente • Incompatíveis Celulose, Metais. 	<p>Não perigoso</p> <p>Perigoso</p>

■ Não possui quantidade resíduos em g ou mL.