

**Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Química e Biotecnologia**

TIAGO ANTONIO DE SOUZA

**IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS QUÍMICOS PROVENIENTES DOS LABORATÓRIOS DE
ENSINO DO INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA DA UFAL**

Maceió

2022

Tiago Antonio de Souza

**IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS QUÍMICOS PROVENIENTES DOS LABORATÓRIOS DE
ENSINO DO INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA DA UFAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do título de
bacharel em Química Tecnológica e
Industrial.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniela Santos
Anunciação

Maceió

2022

**Catálogo na Fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S729i Souza, Tiago Antonio de.

Implementação de sistema de gerenciamento de resíduos químicos provenientes dos laboratórios de ensino do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL / Tiago Antonio de Souza. – Maceió, 2022.
54 f. : il.

Orientadora: Daniela Santos Anunciação.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Química Tecnológica e Industrial) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 44-50.

Anexos: f. 51-54.

1. Resíduos químicos - Identificação. 2. Instituições de ensino superior. 3. Resíduos químicos - Geração. I. Título.

CDU: 542.1

RESUMO

Ações para preservação ambiental têm sido frequentes, embora ainda se verifique uma inércia das instituições de ensino em relação ao tratamento dispensado aos resíduos gerados nas aulas experimentais dos cursos de graduação, a exemplo dos cursos de Química da UFAL. O presente trabalho visou a implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos químicos oriundos das aulas experimentais que têm lugar nos laboratórios de ensino do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL (IQB/UFAL). Inicialmente, foi feito um levantamento bibliográfico acerca do tema, com o foco em programas de gerenciamento já estabelecidos com êxito em outras instituições de ensino superior. Em seguida, foram elaborados fluxogramas direcionados aos resíduos identificados/rotulados. Para os resíduos passivos sem identificação, foi necessário fazer uso de estratégias de marcha analítica com intuito de identificá-los inequivocamente para recolhimento pela empresa responsável pela coleta na universidade. Foram encontrados 142 resíduos (sólidos e líquidos) no local de armazenagem, dos quais 56 estavam sem identificação/rotulagem e foram submetidos aos testes analíticos clássicos para identificação. A caracterização dos resíduos indicou que mais de 60% dos resíduos eram orgânicos (45% halogênios e 24% peróxidos) e os demais eram aquosos. Dos resíduos solúveis em água, 79% possuíam características ácidas e menos de 5% apresentaram sulfetos em sua composição. Esses resíduos foram acondicionados em bombonas plásticas de acordo com a classificação estabelecida pelo sistema de gerenciamento proposto por esse trabalho. Um fluxograma contendo todas as etapas de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos (SIGERE) foi elaborado para contemplar também os resíduos ativos. Além disso, houve a elaboração de modelos de segregação, modelo de roteiro de aulas experimentais, rótulos padronizados, mapas de riscos e registros de controle quantitativo dos resíduos. Diante do exposto, foi possível sugerir um SIGERE direcionando algumas estratégias a serem adotadas pelos docentes, discentes e técnicos de laboratório, se adequando, portanto, à legislação brasileira e contribuindo para o cumprimento do objetivo do desenvolvimento sustentável nº 12 da Organização das Nações Unidas (ODS nº 12/ONU).

Palavras chaves: resíduos químicos, identificação, unidades geradoras, Instituições de Ensino Superior.

ABSTRACT

Actions for environmental preservation have been frequent, although there is still an inertia of educational institutions in relation to the treatment given to waste generated in experimental classes of undergraduate courses, such as the Chemistry courses at UFAL. The present work aimed at the implementation of a system for managing chemical wastes from experimental classes that take place in the teaching laboratories of the Institute of Chemistry and Biotechnology of UFAL (IQB/UFAL). Initially, a bibliographic survey was carried out on the subject, focusing on management programs already successfully established in other higher education institutions. Then, flowcharts directed to the identified/labeled waste were elaborated. For unidentified passive waste, it was necessary to use analytical march strategies in order to unequivocally identify them for collection by the company responsible for collection at the university. A total of 142 wastes (solid and liquid) were found at the storage location, of which 56 were without identification/labeling and were submitted to the classic analytical tests for identification. The characterization of the wastes indicated that more than 60% of the wastes were organic (45% halogens and 24% peroxides) and the rest were aqueous. Of the water-soluble residues, 79% had acid characteristics and less than 5% had sulfides in their composition. These wastes were placed in plastic drums according to the classification established by the management system proposed by this work. A flowchart containing all the stages of a Waste Management System (WAMASY) was prepared to also include active waste. In addition, there was the elaboration of segregation models, model of script for experimental classes, standardized labels, risk maps and records of quantitative control of wastes. Given the above, it was possible to suggest a WAMASY directing some strategies to be adopted by professors, students and laboratory technicians, adapting, therefore, to Brazilian legislation and contributing to the fulfillment of the objective of sustainable development nº 12 of the United Nations Organization (SDG nº 12/UNO).

Palavras chaves: chemical waste, identification, generating units, Higher Education Institutions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Política dos 5R's.....	18
Figura 2 - Diagrama de Hommel	21
Figura 3 - Abrigo de resíduos químico, Universidade de São Paulo (USP).....	23
Figura 4 – Evolução de implantação de PGRQ em Universidades públicas	26
Figura 5 – Sala de armazenagem dos resíduos passivos oriundos dos laboratórios de ensino do IQB/UFAL	33
Figura 6 – Condições de acondicionamentos dos resíduos passivos encontrados na sala de armazenagem anterior do IQB.....	34
Figura 7 – Disposição temporária dos resíduos químicos do IQB/UFAL identificados no âmbito do presente trabalho.....	34
Figura 8 – Percentual positivo dos testes realizados nos resíduos	35
Figura 9 – Resíduos passivos do IQB/UFAL identificados neste trabalho.....	37
Figura 10 – Modelo de rótulo proposto para resíduos gerados nas aulas experimentais do IQB/UFAL.....	38
Figura 11 – Modelo de roteiro para aulas experimentais do IQB/UFAL	39
Figura 12 – Modelo de registro quantitativo dos resíduos gerados em cada aula experimental por disciplina no IQB/UFAL.....	40
Figura 13 – Modelo de registro quantitativo de resíduos gerados semestralmente nas aulas experimentais por área da Química no IQB/UFAL.....	40
Figura 14 – Mapas de risco dos laboratórios de ensino 1 e 3 (A) e 2 (B) do IQB/UFAL.....	41
Figura 15 – Fluxograma do processo de geração e destinação dos resíduos que são gerados continuamente nos laboratórios de ensino do IQB/UFAL.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de resíduos químicos quanto ao grau de periculosidade .	14
Quadro 2 - Principais características que distinguem a gestão e o gerenciamento de resíduos	16
Quadro 3 - Segregação dos resíduos gerados nos laboratórios do CENA/USP em classes de compatibilidade.....	19
Quadro 4 – Universidades Brasileiras com PGRQ	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTT	Agência Nacional de Transporte Terrestre
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
IES	Instituição de Ensino Superior
IFB	Instituto Federal da Bahia
IQB	Instituto de Química e Biotecnologia
MPR	Matéria-prima para Reciclagem
NBR	Norma Brasileira
<i>NFPA</i>	<i>National Fire Protection Association</i>
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PGR	Programa de Gerenciamento de Resíduos
PGRQ	Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos
PGRS	Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
POA	Processo Oxidativo Avançado
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
SIGERE	Sistema de Gerenciamento de Resíduos
SOH	Solvente Orgânico Halogenado
SOñH	Solvente Orgânico Não Halogenado
SOPP	Solvente Orgânico Passível de Purificação

UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFFS	Universidade Federal da Fronteira do Sul
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFGRS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFTPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UG	Unidade Geradora
UnB	Universidade de Brasília
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNIFAL	Universidade Federal de Alfenas
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1	RESÍDUOS QUÍMICOS: CONCEITO, CLASSIFICAÇÃO E LEGISLAÇÃO	12
2.2	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS.....	15
2.3	ETAPAS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS.....	17
2.3.1	Realização do Inventário	17
2.3.2	Medidas de minimização	18
2.3.3	Segregação	19
2.3.4	Acondicionamento	20
2.3.5	Rotulagem	20
2.3.6	Tratamento	21
2.3.7	Armazenamento	22
2.3.8	Transporte	23
2.3.9	Disposição Final	23
2.4	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR.....	24
3	OBJETIVOS	27
3.1.1	Objetivo Geral:.....	27
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	27
4	METODOLOGIA.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	LEVANTAMENTO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM LABORATÓRIOS DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR	31
5.2	DIAGNÓSTICO E INVENTÁRIO DOS PASSIVOS.....	32
5.3	SEGREGAÇÃO	35
5.4	ACONDICIONAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL	37
5.5	ROTULAGEM	37
6.	CONCLUSÃO	43
7	REFERÊNCIAS	45
	ANEXO A – LISTA DE SUBSTÂNCIAS INCOMPATÍVEIS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A contaminação relacionada aos resíduos químicos oriundos de fontes diversas tem sido uma preocupação global no tocante à qualidade do ambiente (LENARDÃO et al., 2003). A presença de contaminantes nos diferentes compartimentos ambientais, seja de fonte natural ou antrópica, tem sido alvo de estudos que abordam os impactos ambientais e riscos à saúde do homem (GOMES; BARIZON, 2014; JACOBÉ et al. 2014; SILVA, 2018; KERBER, 2020; HELENE, 2016; DALTRO, 2017).

Os institutos e departamentos de Química em universidades brasileiras, além dos demais ambientes de trabalho onde há uso diário de produtos químicos, enfrentam constantemente um problema relacionado ao tratamento e gerenciamento dos resíduos gerados nos laboratórios químicos dispostos em suas instalações.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs uma agenda sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169n metas. O ODS 12 denominado “Consumo e Produções Sustentáveis” se relaciona diretamente com o presente trabalho e dentre as metas que contempla, pode-se evidenciar o propósito de reduzir significativamente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso até 2030 e tinha como meta também alcançar o manejo saudável e ambientalmente correto dos produtos químicos e todos os resíduos até 2020 (ONU, 2015).

O gerenciamento de resíduos contribui também positivamente para o alcance da ODS 6, “Água Potável e Saneamento”, visto que, ações como tratamento e descarte adequado de efluentes, com parâmetros dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA, favorece a manutenção dos recursos hídricos, melhorando a qualidade da água e aumentando a eficiência e seu uso. Além disso, o ODS 14, “Vida na Água”, também é favorecido pelas ações supracitadas, pois um simples tratamento ácido-base colabora para o alcance da meta 3, que visa enfrentar e minimizar os impactos da acidificação dos oceanos (ONU, 2015).

Conseguir alcançar essas metas dentro dos objetivos citados é, por conseguinte, alcançar o ODS 11, “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, que possui como uma das metas a redução do impacto ambiental, com atenção especial à gestão de resíduos (ONU, 2015). Dessa forma, gerenciar resíduos, sobretudo os perigos decorrentes de sua presença no ambiente, é cooperar para o alcance de um país mais

desenvolvido, um ambiente protegido e preservado colaborando assim para a melhoria da qualidade de vida de todos.

Neste cenário, os Institutos de Química nas universidades brasileiras vêm tentando consolidar a Lei 12.305/10, que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e se colocando na posição de gerador de resíduos (MATOS et al., 2020). Essa consolidação é alcançada por meio da implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos, o qual envolve grandes desafios desde a concepção do projeto até sua manutenção diária. Portanto, um dos fatores mais importantes para realização desse programa é a motivação, pois a instituição deve estar de fato disposta a implementar e manter de forma sustentável, sempre que possível, o sistema de gerenciamento de resíduos químicos (JARDIM, 1998).

Tratando-se do Instituto de Química e Biotecnologia (IQB/UFAL), há uma grande problemática com práticas não sustentáveis que divergem dos Princípios da Química Verde. Dessa forma, o presente trabalho visou a implementação de um sistema de gerenciamento dos resíduos químicos armazenados desde 1994 nos laboratórios de ensino do IQB/UFAL de forma que atenda à legislação, bem como ao bem estar e à segurança da comunidade acadêmica que lida diretamente com resíduos químicos nos laboratórios de ensino e pesquisa do instituto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos Químicos: conceito, classificação e legislação

Os produtos químicos apresentam inúmeros benefícios para a sociedade, não obstante, eles têm efeitos desastrosos na saúde humana e no ambiente natural (HALPAAP; DITTKRIST, 2018). Os impactos decorrentes da inserção desses produtos em um ecossistema têm fomentado o desenvolvimento de diversos estudos de diagnóstico, monitoramento e remediação de ambientes contaminados (SANTOS; GONÇALVES; MOL, 2019; SHEN; TRAN; LY, 2018).

A contaminação ambiental por resíduos químicos está diretamente associada aos aspectos quantitativos da produção e às inadequadas políticas de gerenciamento destes resíduos (GIL; MATHIAS, 2005). Os problemas relacionados à geração de resíduos eram vinculados quase que exclusivamente às indústrias, tendo sido consideradas as maiores responsáveis por eventos de contaminação e elevados teores de espécies químicas potencialmente ou comprovadamente tóxicas em diferentes ecossistemas (DE SOUZA GIL et al., 2007). Destarte, a geração pontual de resíduos, em especial de natureza industrial, vem se configurando como um dos focos de interesse em estudos ambientais (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006).

Entretanto, resíduos provenientes de pequenos geradores, em especial aqueles que são frutos das instituições de ensino e de pesquisa, vêm gerando grande preocupação e discussão, há pelo menos duas décadas, em razão do seu inerente potencial risco ambiental e ocupacional (DE SOUZA NASCIMENTO; FILHO, 2010). Desde a década de 90, há uma preocupação em diversos países do mundo em tentar diminuir esses impactos ambientais causados preponderantemente pelo descarte incorreto de resíduos (LIMA; GOMES; BARROS, 2020).

Do ponto de vista etimológico, a palavra resíduo se origina do termo em latim "*residuum*", que significa resto ou sobra (BUENO, 1988; NASCENTE, 1966) e, de acordo com esse contexto, resíduos estão sempre associados a ações naturais e/ou antrópicas. Sua origem é majoritariamente antrópica e suas proporções e ocorrências no ambiente corroboram com uma demanda de atenção especial por parte da população e setores de legislação vigente, bem como órgãos de fiscalização no sentido de minimizar os impactos decorrentes da presença e reatividade de resíduos no ambiente natural (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Em razão do conceito de resíduo ser de origem antrópica, este pode ser definido, não somente sob o ponto de vista etimológico, mas também econômico, jurídico, sociológico e ambiental. Assim, o conceito de resíduo deve ser considerado relativo ao tempo, tal como o espaço. A condição de resíduo é provisória, sobretudo transitória, tornando-se dependente da tecnologia de geração e tratamento, da informação acerca de sua composição e das características sócio-econômicas da fonte antrópica geradora. Portanto, o conceito, qualidade e quantidade de resíduos gerados por uma população tem relação com sua condição social e acesso a políticas de assistência básica ofertadas a essa população (BIDONE, 2001).

No âmbito legal, a definição de resíduo sólido é dada pela Lei nº 12.305/10 que constitui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), *ipsis litteris*:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Além disso, a lei supracitada distingue resíduo de rejeito, definindo este como sendo todo resíduo sólido que, após esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, utilizando as tecnologias disponíveis e viáveis economicamente, apresente unicamente como solução, a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). Nesse sentido, todo rejeito é um resíduo, não obstante, nem todo resíduo é um rejeito, atenuando, dessa forma, a noção negativa inerente ao conceito comum de resíduo.

Dessa forma, considerando os conceitos apresentados, os resíduos provenientes de laboratórios químicos se enquadram na definição de resíduos sólidos, independentemente do seu estado físico (sólido, líquido ou gasoso), e podem ser perigosos ou não perigosos, uma vez que estes pequenos geradores de resíduos apresentam uma variabilidade na composição de seus resíduos e rejeitos (ASHBROOK, 2015).

De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos são classificados em dois grandes segmentos: quanto à origem e quanto à periculosidade. Quanto à origem podem ser: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico,

industriais, de serviço de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e, por fim, de mineração. Quanto à periculosidade, são subdivididos em não perigosos e perigosos sendo estes definidos em função das suas características apresentarem risco à saúde do homem e ao ambiente (BRASIL, 2010). Apesar do marco legal de 2010, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mesmo não tendo caráter de lei, também estabelece diretrizes como importantes instrumentos de consulta no aspecto ambiental. De acordo com a norma técnica brasileira NBR 10004/2004, os resíduos sólidos são classificados conforme detalhado no Quadro 1. Além disso, para essa classificação de resíduos é extremamente importante a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Quadro 1 – Classificação de resíduos químicos quanto ao grau de periculosidade

Classe I – Perigosos	Classe II – Não Perigosos	
	Classe II A – Não Inertes	Classe II B – Inertes
Apresentam periculosidade ou reatividade, toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e patogenicidade.	Não se enquadram nas outras definições e podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.	Após serem adicionados à água destilada, à temperatura ambiente, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados, a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto cor, turbidez, dureza e sabor

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (2004)

É importante ressaltar que apesar de resíduos radioativos serem perigosos, eles não se enquadram na classificação da norma técnica supracitada, pois apresentam legislação específica e seu gerenciamento é de responsabilidade restrita da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Sendo mais específica, a ABNT NBR 14725/2009 dispõe sobre o sistema de classificação de perigo de produtos químicos (substâncias puras ou misturas) a fim de fornecer aos usuários desses produtos informações referentes à segurança, à saúde humana e ao ambiente. Além disso, define produto químico perigoso como qualquer substância ou mistura que apresente risco para a segurança da saúde e/ou do

ambiente, consoante ao critério de classificação adotado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

No que se refere à legislação, somente na década de 80 foi implementada uma lei voltada para políticas ambientais: Lei nº 6.938 promulgada em 1981. Ela dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) estabelecendo orientações e instrumentos para empresas e órgãos cujas atividades interferem de alguma forma no ambiente. Com a diminuição de recursos naturais e o aumento na geração de resíduos devido ao crescimento industrial, esta lei se tornou a referência mais importante de proteção ambiental (BRASIL, 1981). Após 19 anos, foi implementada a Lei nº 10.165 de 2000 que altera a Lei 6.938/81 e lista, em seu anexo VIII, as atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais com ênfase nos grandes geradores de resíduos. Dessa lista, destaca-se a Indústria Química, classificada com alto potencial de poluição e alto grau de utilização de recursos naturais (BRASIL, 2000).

Ainda nesse contexto de política de preservação ambiental, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 357 de 17 março de 2005, estabeleceu limites máximos de substâncias químicas em efluentes para o seu lançamento em corpos hídricos (CONAMA, 2005). Portanto, esta resolução deve ser levada em consideração no que tange ao descarte de resíduos químicos.

2.2 Gerenciamento de Resíduos Químicos

O artigo 225 da Constituição Federal de 1998 relata que todos têm o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado e impõe ao Poder Público e à coletividade a obrigatoriedade de defendê-lo e preservá-lo (BRASIL, 1998). Além disso, a Lei 9.605/98 impõe sanções penais e administrativas às pessoas físicas e jurídicas que adotem condutas e/ou atividades danosas ao ambiente. Vale ressaltar que essa é primeira legislação a criminalizar, de forma efetiva, condutas ambientais nocivas (BRASIL, 1998).

Diante do exposto, o gerenciamento de resíduos e sua destinação final correta vêm recebendo atenção crescente como objetivo de minimizar os impactos ambientais que determinadas atividades, principalmente industriais, causam ao ambiente e à saúde humana (ALBERIGI; JÚNIOR; CAVALCANTE, 2020). Neste seguimento, gerenciar resíduos consiste em controlar os potenciais impactos ambientais dos resíduos gerados a partir de uma atividade (ROCCA, et al, 1993). Além disso, é

considerada uma prática de Produção Mais Limpa (P+L) uma vez que esse gerenciamento firma formas de conter ou minimizar a geração excessiva de resíduos e, sobretudo, busca formas para as destinações finais ambientalmente corretas (PENATTI; GUIMARÃES; DA SILVA, 2008).

O inciso X, do artigo 3º, da Lei 12.305/10 define gerenciamento de resíduos sólidos como:

conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei.

Salienta-se que o artigo 69º do Decreto nº 10.936 de 2022 que regulamenta a Lei nº 12.305/10 menciona que o plano de gerenciamento de resíduos perigosos poderá constar do plano de gerenciamento de resíduos sólidos dessa lei.

Dado o conceito de gerenciamento de resíduo, cabe diferenciar este de gestão de resíduo. A gestão sugere “o que fazer”, dentro de uma visão ampla, abrangendo atividades referentes à tomada de decisões estratégicas. O gerenciamento sugere “como fazer” e se refere aos aspectos tecnológicos e operacionais das atividades (AZAMBUJA, 2002). Não obstante, tanto a gestão quanto o gerenciamento querem o compromisso das pessoas responsáveis por cada um dos setores numa espécie de treinamento para que haja a capacitação adequada de todos os envolvidos desde a geração até a destinação final dos resíduos. O Quadro 2 estabelece as principais diferenças entres os dois termos mencionados.

Quadro 2 – Principais características que distinguem a gestão e o gerenciamento de resíduos

Gestão	Gerenciamento
O que fazer	Como fazer
Visão ampla	Implementação desta visão
Decisões estratégicas	Aspectos operacionais
Planejamento, definição de diretrizes e estabelecimento de metas	Ações que visam implementar e operacionalizar as diretrizes estabelecidas pela gestão
Conceber, planejar, definir, organizar e treinar	Implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar, treinar

Fonte: Adaptado de MASSUKADO (2004)

Para a implementação, um programa de gerenciamento de resíduos deve contemplar dois tipos de resíduo: resíduo ativo, o qual é gerado de forma rotineira pela UG e corresponde ao principal alvo de qualquer programa de gerenciamento de resíduos químicos; e resíduo passivo, o qual é estocado, muitas vezes sem identificação (devido à perda ou deterioração de rótulos), aguardando a destinação final (JARDIM, 1998).

2.3 Etapas para o Gerenciamento de Resíduos Químicos

O gerenciamento de resíduos químicos envolve as seguintes etapas: i) realização do inventário; ii) medidas de minimização; iii) segregação; iv) acondicionamento; v) rotulagem dos resíduos; vi) tratamento; vii) armazenamento; viii) transporte; e ix) disposição final. É importante o registro de cada uma destas etapas para a comprovações de que o descarte dos resíduos químicos gerados em uma determinada atividade foi realizado de maneira legal e ambientalmente correta (VITTA, [201-?]).

2.3.1 Realização do Inventário

O inventário de resíduos químicos trata-se de um instrumento base para identificação de resíduos químicos de forma a viabilizar condições para a realização de diagnósticos sobre a evolução da natureza do que é gerado, quantidade e periculosidade de resíduos da Unidade Geradora (UG). A partir dele é possível intervir nos processos de geração de resíduos, produzir dados para a rotulagem e preparar a documentação obrigatória para o transporte de resíduos químicos para fins de tratamento e destinação final (FIGUERÊDO, 2015). Portanto, a partir do inventário do ativo e do passivo é possível avaliar e até inferir acerca da dimensão do problema (DE SOUZA GIL et al., 2007; FOSTER, 2005).

Conforme foi supramencionado, os resíduos passivos costumam ser de natureza desconhecida e o inventário não poderá conter resíduos cuja periculosidade é desconhecida. Nesse caso, os geradores deverão realizar análises prévias para determinar a corrosividade, inflamabilidade, reatividade e toxicidade desses resíduos para que eles possam ser incluídos no inventário (FIGUERÊDO, 2015). Em contrapartida, o inventário do ativo, pelo fato deste se encontrar devidamente

identificado, é facilitado, garantindo uma maior segurança a quem vai manipulá-lo e possibilitando o reaproveitamento parcial ou total de alguns desses resíduos (LIMA, 2012).

2.3.2 Medidas de minimização

Após a realização do inventário, é necessário tomar medidas de minimização que são compreendidas como uma série de atitudes que quando tomadas resultam na redução quantitativa dos resíduos e no seu grau de periculosidade, isto é, no seu potencial impacto negativo no ambiente (DE ARAUJO; BRANDÃO; VASCONELOS, 2019). Uma das formas de alcançar esses dois objetivos é através da adoção da política sustentável e educativa dos 5R's (Figura 1): Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar (DE SOUZA, 2018).

Figura 1 – Política dos 5R's



Fonte: adaptado de ALKMIN (2015) e BRASIL (2010)

Dado o exposto, para medidas de minimização de resíduos é necessário um processo de sensibilização ambiental que pode ser construído através de um programa educativo, colaborando também para a formação de indivíduos com pensamentos críticos sobre suas ações em ambientes laborais e particulares. Assim, adotando a política dos 5R's, é possível promover mudanças efetivas no comportamento diante do consumo, tratamento e descarte dos resíduos gerados (BORGES; FARIAS; SOUZA, 2021).

2.3.3 Segregação

Diante das informações do inventário, os resíduos devem ser segregados em diferentes grupos a fim de facilitar seu tratamento e disposição final (JARDIM, 1998). Entende-se por segregar resíduos, separá-los de acordo com suas propriedades químicas, físicas e biológicas, com seu estado físico e seus tratamentos (ROCCA, 1993). O Quadro 3 exemplifica uma forma de segregação feita em 11 (de A a K) classes pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP).

Quadro 3 - Segregação dos resíduos gerados nos laboratórios do CENA/USP em classes de compatibilidade

Classe	Discriminação
A	Mercúrio e resíduos de seus sais inorgânicos
B	Solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênios
C	Resíduos de sais metálicos regeneráveis
D	Solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênios
E	Resíduos inorgânicos tóxicos contendo metais potencialmente tóxicos
F	Resíduos sólidos e semi-sólidos, acondicionados em sacos plásticos ou barricas
G	Soluções salinas (pH 6 – 8)
H	Soluções que contenham cianetos, nitrilas ou geradoras de cianetos
I	Compostos explosivos ou combustíveis tóxicos
J	Resíduos inorgânicos tóxicos não contendo metais pesados
K	Outros compostos

Fonte: Adaptado de Tavares e Bendassolli (2005)

A prática de separar os resíduos químicos deve ser realizada diariamente nos laboratórios, preferencialmente após cada término de experimento, propiciando, dessa forma, um ambiente de trabalho mais seguro (NETA; PARACAMPO, 2012). A segregação de resíduos químicos deve levar em consideração alguns critérios a iniciar pela periculosidade. Sendo assim, um resíduo perigoso deve ser separado de um resíduo não perigoso, seguindo as definições estabelecidas pela norma brasileira NBR 10004/2004 supramencionada. O segundo critério, refere-se ao estado físico do

resíduo: resíduo no estado sólido deve ser separado de resíduos no estado líquido (VITTA, [201-?]).

Além disso, a incompatibilidade química entre os resíduos é extremamente importante na etapa de segregação, uma vez que resíduos incompatíveis podem gerar reações indesejáveis, liberando gases tóxicos, calor excessivo ou explosões (MACHADO, 2005; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992). A tabela de incompatibilidade química, presente no anexo A deste trabalho, consta no apêndice v da resolução RDC 306/04 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2004).

2.3.4 Acondicionamento

De acordo com a Resolução da ANVISA RDC 306/04, que trata sobre o gerenciamento de resíduos de serviço de saúde, o acondicionamento consiste em embalar os resíduos segregados em sacos ou recipientes que evitem vazamentos e que sejam resistentes às ações de punctura e ruptura (BRASIL, 2004). Além disso, segundo Figuerêdo (2014) as embalagens utilizadas para conter os resíduos químicos devem obedecer a alguns critérios:

- ser quimicamente compatível com o resíduo
- ser estanque;
- ter resistência física e durabilidade;
- estar em bom estado de conservação;
- ter compatibilidade em relação à forma, volume e peso com a quantidade de resíduo produzido e com o equipamento de transporte utilizado.

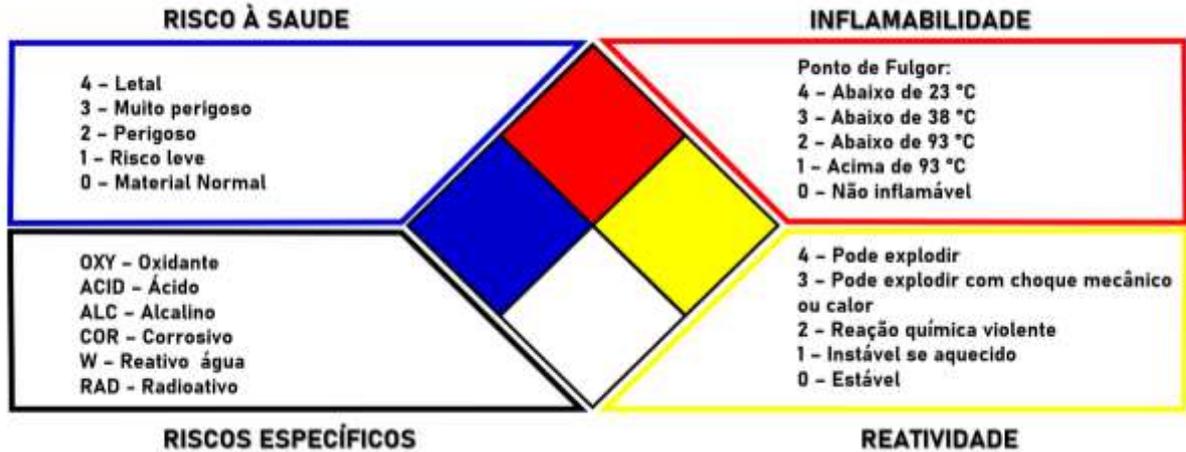
Além disso, nesse acondicionamento provisório, a quantidade de resíduos químicos nos recipientes não deve ultrapassar 80% de sua capacidade total (LASSALI, [20--?]).

2.3.5 Rotulagem

Cada resíduo químico deve ser identificado por meio de rótulo padronizado pela UG, o qual inclui a descrição detalhada, a composição e características dos resíduos a fim de propiciar uma melhor execução dos trabalhos de recuperação e disposição do descarte final. Dessa forma, um modelo de rótulo para identificação deverá ser fornecido pela UG (INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA, 2020).

Uma metodologia para identificação de resíduos químicos muito utilizada é a simbologia de risco fornecida pela *National Fire Protection Association* (NFPA), conhecida pelos nomes de “Diagrama de Hommel”, “Diamante do Perigo” ou “Código NFPA 704” (Figura 2). Esse diagrama corresponde a um sistema representado por um losango maior formado por 4 losangos menores de cor azul, vermelho, amarelo e branco, as quais indicam um tipo de risco. O losango azul indica a toxicidade, o vermelho indica a inflamabilidade, o amarelo indica a reatividade e o branco indica o risco específico por classe do produto químico. Além disso, para representar o grau da atividade da substância ou a intensidade do risco são utilizados números que variam de 0 a 4, sendo de menor e maior risco respectivamente (Figura 2) (ARANTES, 2017; DE PAULA; OTENIO, 2018). Os códigos recomendados pela NFPA se referem às substâncias puras mas, considerando resíduos de composição mista, na rotulagem a classificação do Diagrama de Hommel deve priorizar o produto mais perigoso do frasco, independentemente de sua concentração (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 2014).

Figura 2 - Diagrama de Hommel



Fonte: Adaptado de DE PAULA; OTENIO (2018)

2.3.6 Tratamento

O tratamento de resíduos químicos é uma das últimas práticas a ser realizada em um programa de gerenciamento, podendo ser químico, físico ou biológico. Independentemente do tipo adotado, o tratamento tem um único fim: tornar um resíduo perigoso em um não perigoso ou atenuar a sua periculosidade. O tratamento biológico é mais recomendado para grandes volumes de resíduos, o que não se aplica a

laboratórios de ensino e pesquisa das instituições de ensino. Os tratamentos mais promissores são os químicos e físicos (NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006)

Além disso, o tratamento adequado de resíduos químicos permite a recuperação de reagentes que podem ser reutilizados, diminuindo, dessa forma, a aquisição de novas substâncias, poupando, portanto, recursos financeiros do orçamento da instituição além do aspecto ambiental (BENTO; PAIM, 205DC). Abaixo estão listados principais tipos de tratamentos aplicáveis em laboratórios (AFONSO et al., 2003; DE SOUZA NASCIMENTO; FILHO, 2010; FIOREZE; SANTOS; SCHMACHTENBERG, 2014; SOUZA, 2020):

- a) Neutralização: Utilizado para resíduos aquosos com características básicas ou ácidas;
- b) Oxidação: Aplicado em resíduos redutores;
- c) Redução: Aplicado em resíduos oxidantes;
- d) Destilação: Aplicada para o reaproveitamento de solventes;
- e) Precipitação: Aplicado em resíduos contendo metais, fazendo uso da química clássica, como por exemplo, na remoção de prata pela adição de cloreto;
- f) Incineração: Oxidação do material por combustão controlada;
- g) Coprocessamento: Destruição térmica com posterior aproveitamento do resíduo como matéria prima ou destinação ambientalmente correta;
- h) Processos Oxidativos Avançados (POA): Degradação de poluentes a partir de reações com radicais livres, em especial o radical hidroxila. Este radical é altamente oxidante e pode promover a degradação de vários compostos poluentes.

É importante que o tratamento dos resíduos *in situ* seja adotado como prioridade, uma vez que o ideal é que apenas o mínimo possível seja enviado para fora da UG (disposição final) (JARDIM, [20--?]).

2.3.7 Armazenamento

Em situações em que os resíduos químicos não puderem ser tratados na UG, devem ser armazenados de forma temporária, até que sejam coletados por uma empresa especializada (VITTA, [201-?]). O armazenamento deve ser feito fora das dependências do laboratório, em um local específico para este fim, como por exemplo,

o abrigo de resíduos químicos, de alvenaria e com capacidade limite de 3000L, do Campus UPS – São Carlos representado na figura 3 (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003).

Figura 3 - Abrigo de resíduos químico, Universidade de São Paulo (USP)



Fonte: ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003

O abrigo de resíduos químicos deve atender alguns critérios com por exemplo, ser construído de alvenaria, fechado e contendo apenas aberturas com telas que se configure como uma área com ventilação adequada. Seu piso e paredes devem ser resistentes, impermeáveis e de cor clara (COSTA, 2017.).

2.3.8 Transporte

O transporte de resíduos químicos perigosos é necessário quando os resíduos não puderem ser tratados na unidade geradora, sendo necessário, portanto, removê-los do abrigo para uma unidade de tratamento ou de disposição final (VITTA, [201-?]). Para esse transporte devem ser observados o Decreto Federal nº 96.044, as Resoluções da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) nº 420 e a NBR 13221, que trata sobre o transporte terrestre de resíduos (BRASIL, 1988; BRASIL, 2004; BRASIL 2006; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

2.3.9 Disposição Final

Disposição final, dentro de um PGR, é o termo utilizado para se referir ao local e à forma escolhida para receber de maneira definitiva o resíduo descartado. Tratando-se de resíduos químicos de laboratório de ensino e pesquisa, o descarte

final adequado não é adotado na proporção devida por muitos geradores de resíduos que despejam seus resíduos em pias, ralos etc (LIMA, 2012).

O destino final adequado para resíduos químicos é aterro de classe 1, pois esse atende aos critérios técnicos de construção e operação, podendo receber resíduos sólidos e semi-sólidos, tais como metais potencialmente tóxicos (VITTA, [201-?]).

2.4 Gerenciamento de Resíduos Químicos nas Instituições de Ensino Superior

O mau gerenciamento dos resíduos ou a ausência dele, levaram muitas Universidades a dispor de forma incorreta os seus resíduos e promover o desperdício de materiais (AFONSO et al., 2003). No Brasil, somente a partir dos anos 90 começou-se a discutir, amplamente, a respeito do gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. No intuito de aumentar a visibilidade a respeito dessa temática, ações vêm sendo desenvolvidas por várias Instituições de Ensino Superior (IES) e pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ) (GILONI-LIMA, 2008).

Após a Conferência, conhecida como Eco-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, as IES passaram a se preocupar com os resíduos químicos que são frutos de suas atividades, pois essa conferência deixou clara a necessidade das IES introduzirem práticas ambientais e sustentáveis em suas atividades de rotina (GAUZA, 2018).

No entanto, diferentemente de outros países, como Estados Unidos da América (EUA) e Espanha por exemplo, o Brasil não dispõe de marcos legais específicos voltados a resíduos gerados em laboratórios universitários. Toda a gestão estabelecida nestes ambientes, pode estar embasada legalmente na Política Nacional de Resíduos Sólidos e demais marcos auxiliares e/ou complementares (TOSTA, 2014).

Dado o exposto, já é sabido que as IES são responsáveis pela geração de uma diversidade de resíduos químicos – geralmente de baixo volume, mas com uma heterogeneidade em sua composição química – e cada vez mais vem se colocando nessa posição de UG e tentando se adequar à legislação brasileira. (ARANTES, 2017; ASHBROOK, 2015).

Reis (2014) e Arantes (2017) realizaram um levantamento, através dos endereços eletrônicos, das Universidades públicas que possuem um Plano de

Gerenciamento de Resíduos Químicos (Quadro 4). No entanto, apenas Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFJR), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) criaram um órgão essencialmente para o gerenciamento de resíduos químicos. Além disso, uma empresa terceirizada realizou grande parte do gerenciamento dos resíduos, principalmente nas etapas de coleta, transporte e destinação final, nas seguintes universidades: Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Importante salientar que apesar do PGRQ ter sido criado em 2006 na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), apenas em 2013 se tornou efetivo (ARANTES, 2017; REIS, 2014).

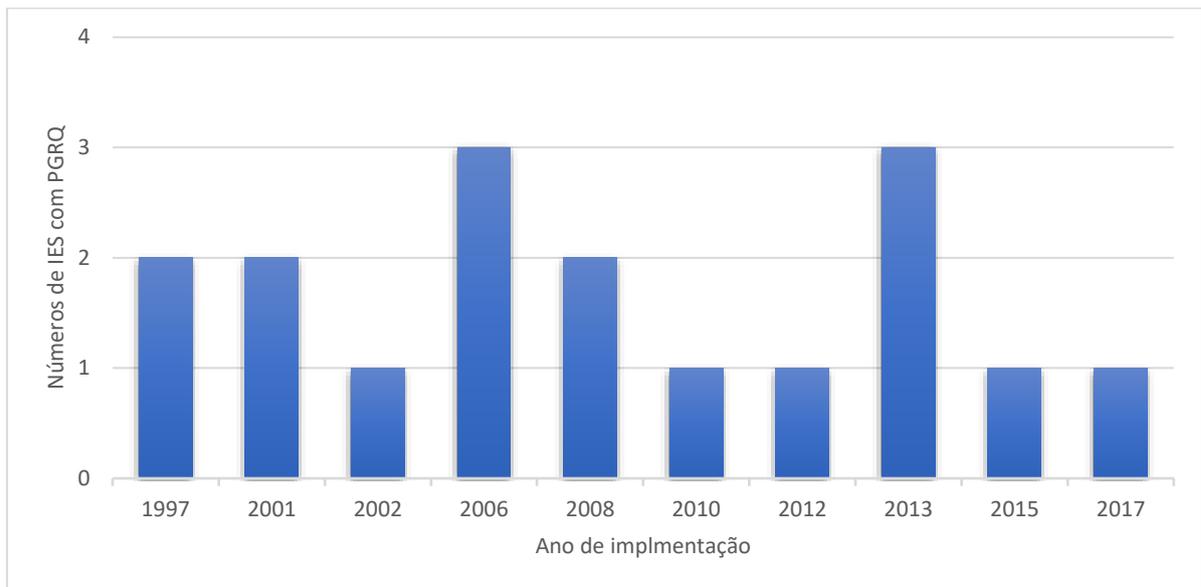
Quadro 4 – Universidades Brasileiras com PGRQ

Universidade	Ano de desenvolvimento do PGRQ
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS)	2001
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)	2013
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	2006
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	2006
Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL)	2006
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFJR)	2017
Universidade Federal de Lavras (UFLA)	2008
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)	2008
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	2012
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	2002
Universidade Federal da Fronteira do Sul (UFFS)	2015
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	1997
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	2010
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	2013
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)	2013
Universidade de São Paulo (USP)	2001
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	1997

Fonte: Adaptado de REIS (2014) e ARANTES (2017)

Ainda dentro desse levantamento, observa-se que apenas a UNICAMP e UFSC implementaram PGRQ antes do século 21 (figura 4). Vale frisar que no levantamento por REIS (2014) uma expressiva quantidade de Universidades não soube responder sobre a existência de um PGRQ.

Figura 4 – Evolução de implantação de PGRQ em Universidades públicas



Fonte: Adaptado de REIS (2014) e ARANTES (2017)

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Desenvolver um sistema de gerenciamento de resíduos químicos gerados nos laboratórios de ensino do Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da UFAL

3.2 Objetivos Específicos:

- Aplicar, dentro da viabilidade local, o SIGERE-IQB/UFAL ao passivo de resíduos ainda presente nos laboratórios de ensino do IQB por meio dos procedimentos adequados e viáveis para que seja possível estabelecer uma proposta de gestão apropriada;
- Realizar um levantamento de IES com iniciativas em PGRQ;
- Realizar um diagnóstico da situação atual dos resíduos;
- Caracterizar os resíduos passivos do IQB/UFAL, sem identificação, a fim de viabilizar sua segregação;
- Estabelecer um sistema de segregação dos resíduos previamente identificados e expandir aos resíduos a serem segregados nos laboratórios de ensino;
- Padronizar rotulagem e recipientes de acondicionamento adequados para os resíduos segregados;
- Sugerir alterações no modelo de roteiros das disciplinas experimentais dos cursos de Química da UFAL de modo a contemplar as ações previstas no gerenciamento de resíduos químicos;

4 METODOLOGIA

A metodologia estabelecida neste trabalho se referiu aos resíduos químicos oriundos de aulas experimentais realizadas nos laboratórios de ensino do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas (IQB/UFAL) localizado no Campus AC Simões na cidade Maceió.

Inicialmente, foi realizado um levantamento na base de dados de periódicos da CAPES sobre iniciativas de gerenciamento de resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino de Química em diferentes instituições brasileiras de ensino superior.

Diante disto, foi realizado um diagnóstico da situação em que se encontravam os resíduos passivo, bem como foi feito o levantamento dos resíduos passivos oriundos dos laboratórios de ensino através da identificação de onde estavam localizados e acondicionados.

A identificação dos resíduos líquidos foi pautada de acordo com o tipo de risco que este pode oferecer. Dessa forma, foram verificadas as informações a respeito da natureza do resíduo de acordo com Baird (2002), os quais seriam classificados em inflamáveis, corrosivos, tóxicos e/ou reativos.

Em seguida, foi dado início à marcha analítica para a caracterização dos passivos, com base na abordagem de Jardim e colaboradores (1998). Inicialmente, foi feito o teste de solubilidade em água para identificar se o resíduo era inorgânico ou orgânico. Resíduos supostamente ou identificados previamente como inorgânicos foram submetidos a cinco testes preliminares (1 a 5) e três testes de confirmação direta (6 a 8), conforme breve descrição a seguir:

1. Reatividade em água – Foi adicionada uma alíquota do resíduo (~ 0,5 mL) em 1,0 mL de água numa placa de Petri.
2. Teste de chama e inflamabilidade – Em um tubo de ensaio foi separada uma alíquota do resíduo suficiente para imergir um fio de platina que em seguida foi levado à chama. A mudança de coloração da chama indica a presença de alguma espécie metálica e ascensão da chama indica se tratar de material inflamável.
3. Verificação do pH – Uma alíquota do resíduo foi gotejada em um papel universal para medidas semi-quantitativas de pH.

4. Presença de agente oxidante – Adicionou-se uma alíquota do resíduo (~ 0,5 mL) em 1,0 mL de solução de sulfeto de manganês $3,72 \text{ mol L}^{-1}$. A mudança de uma coloração rosa claro, para uma cor mais escura indica teste positivo.
5. Presença de resíduo redutor – Imergiu-se um papel, previamente umedecido com uma solução de azul de metileno p.a. em uma alíquota do resíduo. A descoloração do papel umedecido confirma a presença de resíduo redutor.
6. Presença de sulfeto – Foi preparada uma solução acidulante com o resíduo e HCl $3,0 \text{ mol L}^{-1}$. E nesta solução, imergiu-se um papel previamente umedecido em solução de acetado de chumbo $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. O enegrecimento do papel indica teste positivo.
7. Presença de cianeto – Foi adicionada uma gota de solução de cloroamina-T $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e uma gota de solução ácida de piridina $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ a uma alíquota (3 gotas) do resíduo. O aparecimento da coloração vermelha indica teste positivo.
8. Presença de halogênios – Imergiu-se um fio de cobre, previamente aquecido até a coloração rubra, no resíduo e em seguida este foi levado à chama. A presença de halogênios é evidenciada pela coloração verde na chama.

Resíduos de baixa solubilidade em água foram submetidos a três testes analíticos simples para orgânicos: teste de inflamabilidade e presença de halogênio, os quais já foram descritos anteriormente, e teste de presença de peróxidos, conforme descrito a seguir.

1. Presença de peróxidos – Preparou-se o reagente, adicionando 100 mg de KI a 1,0 mL de ácido acético glacial. Adicionou-se 1,0 mL do resíduo ao mesmo volume do reagente. Alteração da cor do reagente para uma cor amarelada, indica baixa concentração de peróxido (~ 0,1%) e a mudança para uma cor marrom indica presença elevada de peróxido na amostra analisada.

Os resíduos empregados ao longo do desenvolvimento do trabalho foram manipulados de acordo com as normas de segurança com o uso de equipamentos de proteção individual e coletiva, realização dos testes em microescala e conhecimento prévio da equipe executora em termos de riscos e perigos associados aos procedimentos realizados.

Com base no levantamento dos resíduos passivos, foi estabelecido um sistema de segregação destes resíduos, o qual serviu de modelo para os resíduos a serem

gerados nos laboratórios de ensino do IQB. Essa segregação foi realizada no próprio laboratório de ensino (onde foi feita toda a manipulação dos resíduos) respeitando as normas de incompatibilidade.

Foi definido um padrão para rotulagem, bem como o padrão de recipientes para acondicionamento dos resíduos das aulas experimentais que foram dispostos para recolhimento e/ou tratamento. Neste caso, os rótulos foram elaborados com base na segregação efetuada.

Houve também o desenvolvimento de modelo de roteiro, em consonância com registros para controle e levantamento quantitativo dos resíduos gerados nas aulas experimentais do IQB/UFAL. Por fim, foram produzidos mapas de riscos para todos os laboratórios de ensino e um fluxograma que expõe todo o processo de geração até destinação final dos resíduos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Levantamento de Gerenciamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Instituições de Ensino Superior

O levantamento realizado na base de dados CAPES gerou poucos resultados. Apenas 10 IES com iniciativas publicadas a respeito de gerenciamento de resíduos químicos foram encontradas. No entanto, há instituições de ensino com programas de gerenciamento de resíduos químicos vigentes, cujos trabalhos não foram encontrados na base de dados utilizados, a exemplo da Universidade Federal de Goiás (UFG) que possui um programa de gerenciamento de resíduos divulgado em seu site, provavelmente em uma rotina incorporada, porém não publicada na forma de artigo científico na plataforma de periódicos da CAPES, tampouco o link de essas publicações, caso existam, em seu site.

Essa ausência de disseminação da informação revela uma falta de preocupação com outras IES, pois muitas universidades antes de implementar um sistema de gerenciamento de resíduos se baseiam em programas bem estabelecidos. Portanto, é extremamente necessário que os programas dessa natureza sejam divulgados para que se torne pública e disseminada a produção de conhecimento nessa área de estudo que é a Química Limpa, especialmente no que se refere a ações de rotina que impactam na conduta diária nas IES.

Neste levantamento pode-se verificar que universidades como UnB, UFGRS, USP e UFRJ possuem programas de gerenciamento de resíduos consolidados. De modo geral contemplam as etapas principais desse programa (Diagnóstico da situação, Levantamento Qualitativo e/ou Quantitativo, Caracterização do Passivo, Medidas de Minimização, Segregação, Acondicionamento, Rotulagem, Armazenamento e Tratamento) (MACHADO et al, 2006; AMARAL et al., 2001; ALBERGUINI; SILVA; REZENDE (2003); TAVARES; BENDASSOLLI, 2005; AFONSO et al., 2003). Além disso, questões dessa natureza já eram alvo de discussões nas universidades desde a década de 60 e começaram a ter uma participação mais efetiva a partir da década de 90 (OLIVEIRA et al., 2019).

Neste cenário de gerenciamento de resíduos químicos nas IES, verifica-se que em algumas universidades (UNICAMP, USP), resíduos orgânicos são gerados em maiores quantidades em relação aos inorgânicos. Nas demais universidades, resíduos inorgânicos que são preponderantes. Então, a diversidade dos resíduos ativos

depende da linha de pesquisa de cada instituição. Isso reflete muito na etapa de segregação dos resíduos. Por exemplo, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP) segrega os resíduos em 11 classes que variam de A à K, enquanto na UNICAMP e UFPR os resíduos são segregados em 6 classificações (BENDASSOLLI et al., 2003; NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006; CUNHA, 2001) .

As Instituições que tiveram ações sustentáveis incipientes, tais como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR) e a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), não contemplam a etapa de tratamento no programa, a qual é terceirizada (FORNAZZARI, STIIMER 2008; LIMA, 2016). Para incluir esta etapa no programa, é necessária uma estrutura laboratorial e técnica para realização eficiente do tratamento, o que é fator dificultoso para instituições jovens que ainda buscam a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos.

5.2 Diagnóstico e Inventário dos Passivos

Foi verificado que o Instituto de Química e Biotecnologia não dispõe de um sistema de gerenciamento de resíduos químicos e, conseqüentemente, não possui informações consistentes a respeito do histórico desses resíduos em termos de fonte geradora, perfil de composição e quantidade, bem como ações de manejo, dentre outros aspectos.

Os resíduos passivos estavam alocados em um almoxarifado dentro do IQB, oferecendo risco para servidores e estudantes cujas atividades laborais estão alocadas nestes espaços físicos. É sabido que a acumulação de resíduos, especialmente os de natureza desconhecida, na UG se constitui em ameaça à saúde e à segurança humana e ao ambiente. Além disso, reagentes íntegros foram encontrados, equivocadamente, nesse almoxarifado, de modo que reagentes estavam sendo descartados como resíduos havendo assim um descontrole e falta de vigilância a despeito desses materiais por parte do instituto.

De modo geral, resíduos perigosos devem ser estocados em locais com área bem ventilada, protegida de fontes de energia elétrica e por um curto período de tempo (COSTALONGA; FINAZZI; GONÇALVES, 2010). Foram identificados resíduos datados de 1994, no entanto, considerando que há aulas experimentais no IQB desde 1975, pode-se inferir que a ausência de resíduos anteriores indica que não havia

controle quanto à geração e armazenagem dos resíduos, especialmente por não haver àquela época um contrato com empresa que recolhe os resíduos como ocorre atualmente por parte da empresa SERQUIP Tratamento de Resíduos, que coleta, transporta e trata devidamente os resíduos gerados pelo IQB. A Figura 5 evidencia as condições, em total desacordo com a RDC 222/2018 da ANVISA e com a NBR 12235, em que se encontravam os resíduos, uma vez que o almoxarifado está localizado entre os laboratórios de ensino, em um corredor com grande fluxo de estudantes e servidores.

Figura 5 – Sala de armazenagem dos resíduos passivos oriundos dos laboratórios de ensino do IQB/UFAL



Fonte: Autor, 2022

O levantamento dos resíduos e a forma como estavam acondicionados gerou uma preocupação, pois dos 142 recipientes contendo resíduos sólidos e líquidos, 56 estavam sem identificação/rotulagem tendo sido submetidos aos testes preliminares de identificação no âmbito deste trabalho. No local, existiam frascos com tampas quebradas, sinais de vazamento de produtos e frascos plásticos estufados, o que indica a geração de pressão interna em virtude da formação de gases dentro do recipiente. A figura 6 representa as condições de armazenamento supramencionadas. Como pode ser visto nessa figura, os resíduos estavam dispostos aleatoriamente em caixas de papelão (material combustível) apresentando, assim, riscos de acidentes em virtude da incompatibilidade química entre eles, a exemplo de explosão, desprendimento de gases tóxicos ou inflamáveis, além de reações indesejadas e fora de controle que poderiam ter graves repercussões para a segurança e integridade física dos indivíduos que ali circulam.

FIGURA 6 – Condições de acondicionamentos dos resíduos passivos encontrados na sala de armazenagem anterior do IQB/UFAL



Fonte: Auto, 2022

Um aspecto importante e alarmante é que, de acordo com a data do resíduo mais antigo, deveria haver maior volume de resíduos passivos. Sendo assim, há uma grande preocupação quanto ao destino dos resíduos que deveriam estar alocados com os demais.

Por outro lado, a quantidade de resíduos presentes no almoxarifado, bem como aqueles que serão gerados em aulas experimentais, motivam a implementação de um programa de gerenciamento, especialmente no IQB e na UFAL como um todo. Na Figura 7 se verifica a disposição temporária, de modo ordenado, dos resíduos cuja manipulação e identificação preliminar foram realizadas no âmbito deste trabalho de forma a evitar imediatos problemas de incompatibilidade química até o tratamento e/ou disposição final adequada.

FIGURA 7 – Disposição temporária dos resíduos químicos do IQB/UFAL identificados no âmbito do presente trabalho

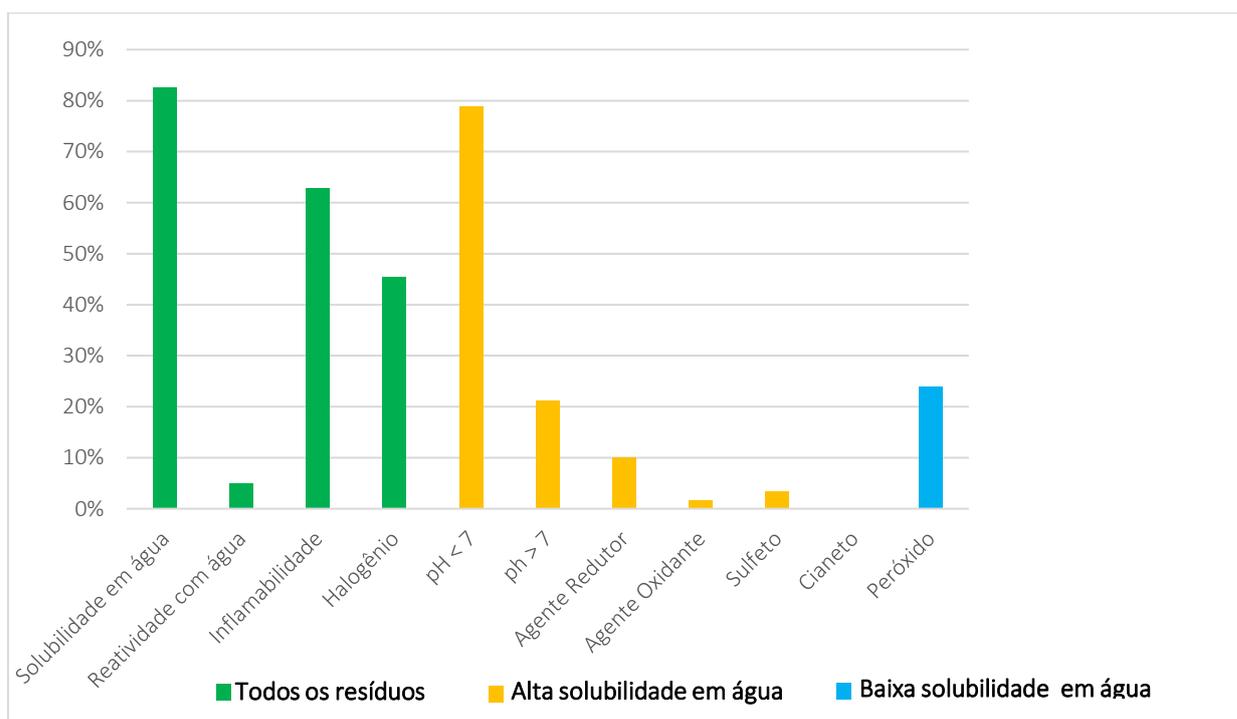


Fonte: Autor, 2022

A partir dos resultados obtidos nos experimentos de caracterização dos resíduos, demonstrados na figura 8, foi possível acondicioná-los CONDICIONÁ-LOS de acordo com suas respectivas naturezas químicas. A maioria dos resíduos apresentou solubilidade em água (83%), uma parcela de 63% positivou no teste de inflamabilidade, o que indica que se tratava de resíduos orgânicos e que poderiam, portanto, ser incinerados. Além disso, o fato da maioria dos resíduos estarem acondicionados em frascos âmbar está de acordo com os resultados obtidos nos testes preliminares de identificação no que tange aos resíduos orgânicos.

Em relação aos resíduos aquosos, obteve-se uma quantidade majoritária de resíduos ácidos, correspondente a 79%; 21% dos resíduos apresentaram propriedades eletroquímicas redutoras; e 3% positivou para sulfeto.

FIGURA 8 – Percentual positivo dos testes realizados nos 56 resíduos



Fonte: Autor, 2022

5.3 Segregação

A segregação proposta neste trabalho almeja a minimização, reutilização e correta destinação final dos resíduos. Para tanto, tomou-se como referência a segregação adotada pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IQ/UFRGS), o qual tomamos conhecimento a partir de um curso de capacitação realizado no IQB, ofertado pela técnica do instituto de química dessa

Universidade. Portanto, os resíduos foram separados seguindo a seguinte classificação:

- I) Matéria-prima para reciclagem (MPR):** Vidrarias danificadas, papéis, metais, plásticos e/ou materiais de laboratório sem impregnação de produtos químicos;
- II) Sólido:** Resíduo químico no estado sólido, semissólido, pastoso ou de lodo. Também estão incluídos materiais laboratoriais (tubos de ensaio, papel filtro, frascos, etc.) contaminados com produtos químicos;
- III) Elementos-traço:** Elementos químicos em baixa concentração (da ordem de mg L^{-1} ou inferior) que puros ou em solução são tóxicos ou potencialmente tóxicos ao indivíduo exposto, tais como: V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, W, Hg, Tl, Pb;
- IV) Solvente orgânico passível de purificação (SOPP):** Solvente único contaminado ou mistura de solventes separáveis por destilação fracionada;
- V) Solvente orgânico halogenado (SOH):** Mistura de solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênios;
- VI) Solvente orgânico não halogenado (SOñH):** Mistura de solventes orgânicos, óleos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênios;
- VII) Aquoso ácido (pH 1 – 5):** Soluções oxidantes, ácidos inorgânicos e carboxílicos;
- VIII) Aquoso neutro-básico (pH 6 – 14):** Soluções redutoras, bases e sais de cianeto.

Os resíduos que, eventualmente, não se enquadraram em nenhuma das categorias apresentadas acima, foram avaliados sobre a possibilidade de serem adicionados em uma das categorias, levando-se em consideração a compatibilidade química (Anexo A). Vale salientar que, sempre que factível, deve-se evitar a mistura complexa de resíduos, pois isso dificulta o tratamento posterior e a possibilidade de reutilização, bem como pode encarecer o processo de destinação final do resíduo.

Para que essa etapa seja alcançada com sucesso, o processo de segregação deve ser uma atividade diária nos laboratórios de ensino e ser realizada logo após cada experimento. Idealmente, deve ainda ser contemplada pelos roteiros de aulas experimentais. Não deixar essa atividade para uma outra ocasião, possibilita a eficiência nesta etapa e é imprescindível o envolvimento de todas as pessoas presentes na unidade geradora para que se tenha êxito.

5.4 Acondicionamento e Disposição Final

Após a identificação e segregação (Figura 9A), os resíduos foram acondicionados em bombonas de acordo com a classificação estabelecida (Figura 9 B) e de forma a não ultrapassar 80% da capacidade do recipiente para evitar eventuais acidentes durante o seu manuseio. As bombonas utilizadas foram de polipropileno com volumes de 10, 20 e 40L, e ficaram armazenadas no laboratório de ensino 3 até serem encaminhadas para a empresa especializada em seu recolhimento, de acordo com o convênio da UFAL.

FIGURA 9 – Resíduos passivos do IQB/UFAL identificados neste trabalho



Fonte: Autor, 2022

Os frascos vazios dos resíduos foram direcionados aos técnicos de laboratório para avaliarem a possibilidade de serem reutilizados para acondicionar os resíduos que fossem gerados em menores quantidades. Nesta etapa, é essencial também dar importância a compatibilidade química entre o resíduo e o recipiente no qual desejasse condicioná-lo para evitar reações indesejáveis.

5.5 Rotulagem

Resíduos em recipientes não rotulados são mais dispendiosos para descartar, em razão de envolver uma etapa a mais para a sua caracterização, e, além disso, apresentam riscos desconhecidos para as pessoas que os manipulam. Nesse sentido, houve o desenvolvimento de um modelo de rótulo para os resíduos, que traz a possibilidade de se catalogar a quantidade de resíduo gerado por área, bem como

sua classificação (Figura 10). Essa ação simples e exequível está de acordo com o cumprimento de uma das metas estabelecidas no SIGERE: minimização. Assim, a evolução do SIGERE pode ser acompanhada, cuidadosamente e se verifica uma rastreabilidade de qualquer resíduo gerado em uma aula experimental, desde que haja adesão dos docentes e técnicos e estímulo aos discentes para uma conduta adequada em relação aos resíduos químicos.

FIGURA 10 – Modelo de rótulo proposto para resíduos gerados nas aulas experimentais do IQB/UFAL

 RÓTULO DE RESÍDUO LABORATORIAL 			
Área	Docente/Responsável	Quantidade	Data
<input type="checkbox"/> Q.ORG <input type="checkbox"/> Q.INO <input type="checkbox"/> Q.ANA <input type="checkbox"/> BIOQUÍ <input type="checkbox"/> FÍS-QUÍ <input type="checkbox"/> Q.GERAL			
Identificação do Resíduo			
Classificação do Resíduo			
<input type="checkbox"/> Matéria-prima p/Reciclagem <input type="checkbox"/> Solvente Orgânico Passível de Purificação <input type="checkbox"/> Sólido <input type="checkbox"/> Aquoso Ácido <input type="checkbox"/> Aquoso Neutro-Básico <input type="checkbox"/> Elemento(s)-Traço: _____ <input type="checkbox"/> Solvente Orgânico Halogenado <input type="checkbox"/> Solvente Orgânico Não Halogenado			
Observações			
Reutilização: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Tratamento p/reutilização? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Destino final: <input type="checkbox"/> Pia <input type="checkbox"/> Bombona p/armazenamento → Almojarifado → SERQUIP			

Fonte: Autor, 2022

Ainda nesse contexto de padronização, foram elaborados modelos de roteiro (Figura 11) e atas para o controle dos resíduos provenientes nas aulas experimentais (Figuras 12 e 13) de forma que sejam facilmente manipuláveis tanto no meio digital quanto impresso. A seção “Gerenciamento de Resíduos”, presente no roteiro de prática proposto, busca estimular o educador a adotar ações que busquem a identificação/conhecimento, minimização e a correta rotulagem dos resíduos oriundos de sua aula. Além disso, esta seção busca integrar o gerenciamento de resíduos químicos nos experimentos de cada disciplina que é ofertada pelo IQB/UFAL. Esta ação visou a adoção de uma conduta com foco nos resíduos, facilitando o tratamento a ser adotado posteriormente ou mesmo nas aulas do semestre letivo. As atas de

controle, por sua vez, têm a função de auxiliar no acompanhamento da evolução do SIGERE em cada aula experimental (Figura 12) e semestralmente (Figura 13).

FIGURA 11 – Modelo de roteiro para aulas experimentais do IQB/UFAL

		UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – CAMPUS A.C. SIMÕES INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA <i>Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Maceió – AL, 57072-970, Brasil</i>			
Área:		Ano de revisão:		Código:	
Disciplinas (códigos):					
1 – ASSUNTO					
2 – TÍTULO DO EXPERIMENTO					
3 – INTRODUÇÃO					
3 – OBJETIVO(S)					
4 – MATERIAIS E REAGENTES					
ATENÇÃO: A tabela abaixo corresponde à quantidade necessária para compor 01 kit de experimento. O número de kits varia em função da turma e do tipo de experimento e precisa ser informado pelo docente ao corpo técnico antes da montagem do mesmo.					
		Item		Quantidade	
5 – PROCEDIMENTOS					
6 – DISCUSSÃO/QUESTIONÁRIO (opcional)					
7 – GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS					
		QUADRO DE RESÍDUOS DO EXPERIMENTO			
Experimento:					
Data:		Prof.(*) responsável:			
Identificação dos Resíduos					
Espécies presentes:					
Estado físico:		Quantidade (m ou V):			
Tratamento dos Resíduos da aula					
É tratável? () SIM () NÃO		Se SIM, como?			
É reutilizável? () SIM () NÃO		Se SIM, como?			
Condições para acondicionamento (recipiente e local)					
Classificação para disposição final		<input type="checkbox"/> Matéria-prima p/ reciclagem <input type="checkbox"/> Solvente orgânico passível de purificação <input type="checkbox"/> Sólido <input type="checkbox"/> Elemento(s)-traço: _____ <input type="checkbox"/> Solvente orgânico halogenado <input type="checkbox"/> Solvente orgânico não halogenado			
8 – REFERÊNCIAS					

Fonte: Autor, 2022

FIGURA 12 – Modelo de registro quantitativo dos resíduos gerados em cada aula experimental por disciplina no IQB/UFAL

NOME DA DISCIPLINA (CÓDIGO): _____

ÁREA: _____ CURSO: _____ SEMESTRE LETIVO: _____

EXPERIMENTO	DATA	PROFESSOR RESPONSÁVEL	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS E QUANTIDADE
1			Matéria-prima p/ Reciclagem _____ Sólido _____ Aquoso Ácido _____ Aquoso Neutro-Básico _____ Solvente Orgânico não Halogenado _____ Solvente Orgânico Halogenado _____ Elemento(s)-traço _____ Solvente Orgânico Passível de Purificação _____
2			Matéria-prima p/ Reciclagem _____ Sólido _____ Aquoso Ácido _____ Aquoso Neutro-Básico _____ Solvente Orgânico não Halogenado _____ Solvente Orgânico Halogenado _____ Elemento(s)-traço _____ Solvente Orgânico Passível de Purificação _____
3			Matéria-prima p/ Reciclagem _____ Sólido _____ Aquoso Ácido _____ Aquoso Neutro-Básico _____ Solvente Orgânico não Halogenado _____ Solvente Orgânico Halogenado _____ Elemento(s)-traço _____ Solvente Orgânico Passível de Purificação _____
4			Matéria-prima p/ Reciclagem _____ Sólido _____ Aquoso Ácido _____ Aquoso Neutro-Básico _____ Solvente Orgânico não Halogenado _____ Solvente Orgânico Halogenado _____ Elemento(s)-traço _____ Solvente Orgânico Passível de Purificação _____
5			Matéria-prima p/ Reciclagem _____ Sólido _____ Aquoso Ácido _____ Aquoso Neutro-Básico _____ Solvente Orgânico não Halogenado _____ Solvente Orgânico Halogenado _____ Elemento(s)-traço _____ Solvente Orgânico Passível de Purificação _____

Fonte: Autor, 2022

FIGURA 13 – Modelo de registro quantitativo de resíduos gerados semestralmente nas aulas experimentais por área da Química no IQB/UFAL

Data do Levantamento e semestre letivo: ____/____/____ (2020.1) Responsável pelo Levantamento: _____

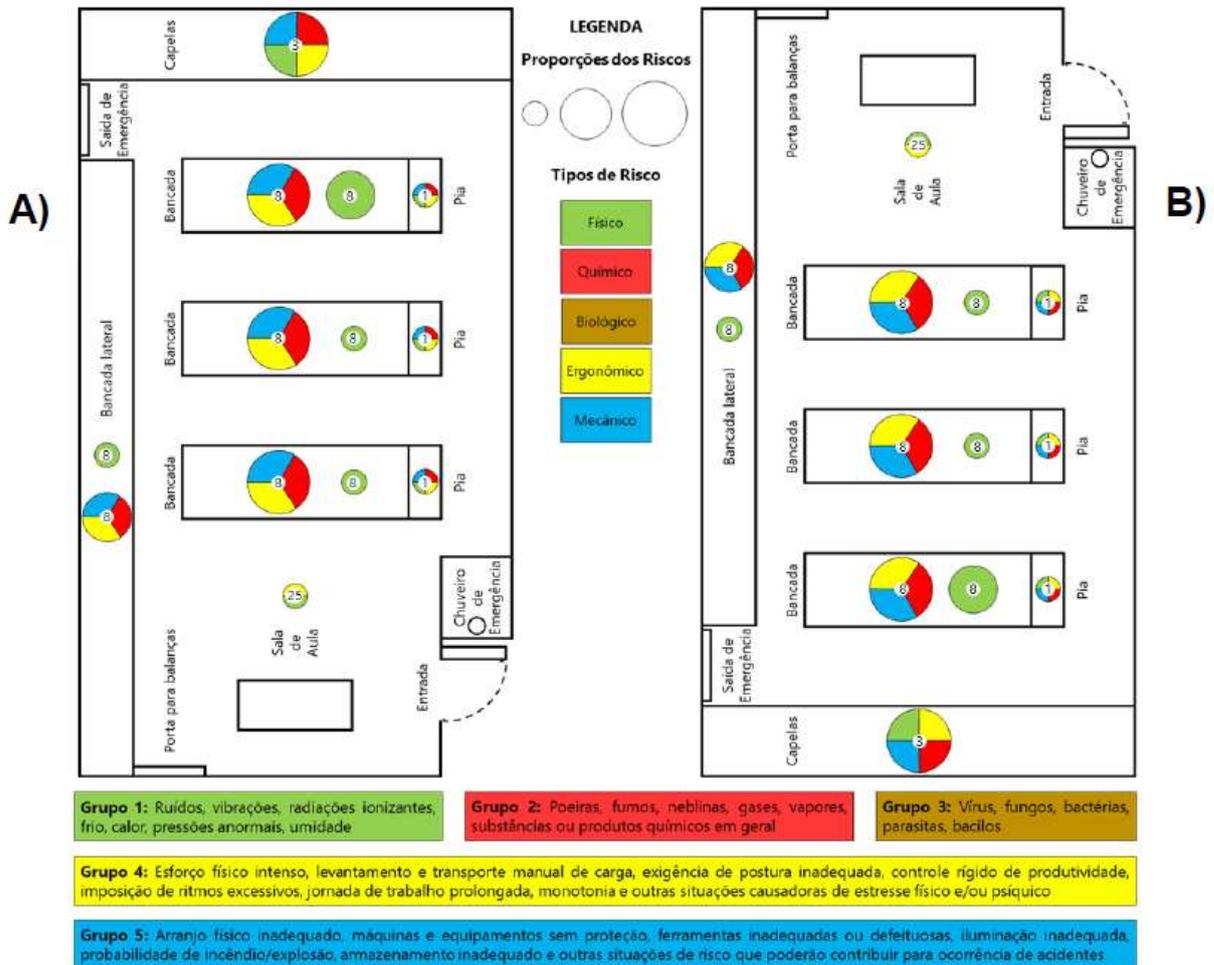
CLASSIFICAÇÃO	Q.ORG	Q.INO	Q.ANA	BIOQUÍ	FIS-QUÍ	Q.GERAL	TOTAL
Sólido							
Elementos-Traço							
Aquoso Ácido							
Aquoso Neutro-Básico							
Matéria-Prima p/Reciclagem							
Solvente Orgânico Halogenado							
Solvente Orgânico não Halogenado							
Solvente Orgânico Passível de Purificação							

Fonte: Autor, 2022

É sabido que o ambiente de laboratório químico oferece riscos intrínsecos, e por esta razão foram elaborados mapas de riscos para os laboratórios de ensino do IQB, visando alertar discentes, docentes, técnicos e serviços gerais sobre os riscos ali presentes e, principalmente, incentivar ações de prevenção de acidentes. Os mapas elaborados contêm círculos distribuídos nas regiões do espaço físico de acordo com cores e tamanhos representados pela tabela de riscos ambientais (Figura 14). Os tamanhos dos círculos e grau de risco dos mesmos são diretamente proporcionais. As cores representam os tipos de riscos que estão devidamente explanados nos quadros

da Figura 14. Com o auxílio do Suporte Técnico do Setor de Segurança do Trabalho da UFAL, eles foram analisados e aprovados e, assim que possível, serão impressos em formato banner para serem fixados nos respectivos laboratórios.

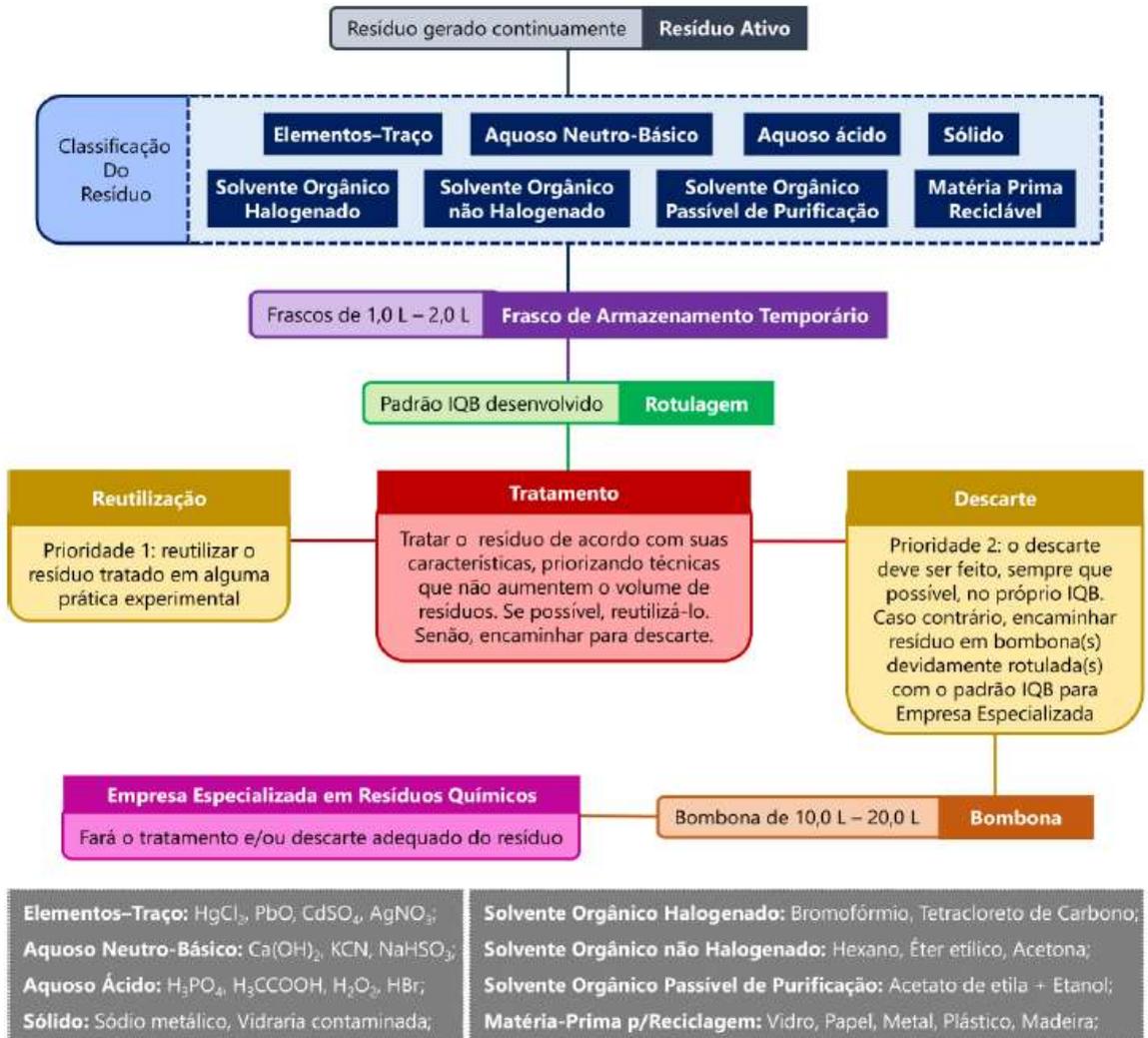
FIGURA 14 – Mapas de risco dos laboratórios de ensino 1 e 3 (A) e 2 (B) do IQB/UFAL



Fonte: Autor, 2022

Por fim, elaborou-se um fluxograma (Figura 15) que contempla todas as etapas do SIGERE, desde a geração do resíduo até sua destinação final. Vale ressaltar que esses processos foram adaptados para a realidade do IQB/UFAL e para referenciar quaisquer outros sistemas possa ser implantado em outras IES, é preciso atentar para os tipos de resíduos gerados na rotina da Instituição e o curso que atende, visto que as características dos resíduos está diretamente relacionada à área de ensino. Por isso, no momento da segregação é necessária atenção às definições das classificações dos resíduos para que não ocorram acidentes.

FIGURA 15 – Fluxograma do processo de geração e destinação dos resíduos que são gerados continuamente nos laboratórios de ensino do IQB/UFAL



Fonte: Autor, 2022

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível realizar um diagnóstico da situação dos resíduos nos laboratórios de ensino do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas que revelou a inexistência de um programa de gerenciamento dos resíduos químicos e de uma política de educação ambiental que deveriam ser adotados por servidores e estudantes da universidade.

Os resultados obtidos mostram uma grande falha na etapa de rotulagem, único procedimento realizado até então. E isto precisa ser divulgado, bem com os resultados obtidos na gestão dos resíduos para que a adesão a ela seja realizada mais facilmente e o programa de gerenciamento seja efetivamente implementado.

O gerenciamento de resíduos químicos pôde ser simplificado a partir de um bom planejamento que contempla inúmeras etapas de manipulação. No entanto, é importante saber que esse gerenciamento não deve contemplar apenas, identificação, segregação e tratamento. As estratégias devem ser tomadas antes da geração dos resíduos, pois a geração de resíduos químicos deve ser bem equacionada para que haja uma diminuição no volume gerado. Quando possível, substituir um experimento por outro com menos impacto ambiental é uma decisão que deve ser tomada conscientemente pelos docentes. A redução de proporções para experimentos em microescala também deve ser considerada.

Por ser um projeto inicial, ainda há muitas ações a serem realizadas para ampliação e a efetivação do sistema de gerenciamento de resíduos, como a construção de um abrigo de resíduos e um laboratório destinado ao tratamento desses resíduos. Enquanto não houver a construção dessa estrutura, esses resíduos continuarão alocados incorretamente elevando, assim, o risco de acidentes.

A ampliação do programa de gerenciamento se mostra promissora, pois caracteriza o IQB como unidade geradora de resíduo em regularidade e permite expandir o SIGERE para os laboratórios de pesquisa e para os laboratórios que geram resíduos biológicos. O programa possibilitará aos discentes, independentemente de sua formação, a aquisição de consciência ética e ambiental com relação ao uso e descarte de produtos, seja ele químico ou não, e isto é muito importante num cenário onde a omissão de geração de resíduos é muito comum.

Por fim, é fortemente recomendado que esse projeto tenha o auxílio institucional e humano necessário para sua aplicação e posterior aprimoramento

visando contemplar a educação e preservação ambiental como um compromisso da Instituição UFAL junto à sociedade e ao ambiente. Portanto, é necessário a atuação responsável de todos os alunos, professores e técnicos para que, assim, consigamos alcançar o sucesso na implementação do sistema de gerenciamento de resíduos químicos e contribuir, dessa forma, para ODS 12 da ONU que visa alcançar um planeta mais saudável no futuro.

7 REFERÊNCIAS

- AFONSO, J. C. et al. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 602–611, 2003.
- ALBERGUINI, L. A. B.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. Laboratório de resíduos químicos do campus usp-são carlos-resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Quim. Nova**, v. 26, n. 2, p. 291–295, 30 ago. 2003.
- ALBERIGI, V. T.; JÚNIOR, I. V. DA S.; CAVALCANTE, I. R. B. DE R. M. Gerenciamento do descarte de resíduos químicos radiológicos. **Revista Teccen**, v. 13, n. 2, p. 41–46, 2020.
- ALKMIN, E. B. DE. **Conscientização ambiental e a percepção da comunidade sobre a coleta seletiva na cidade universitária da UFRJ**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- ARANTES, M. V. C. **Avaliação Crítica e Comparativa do Gerenciamento de Resíduos Químicos em Laboratórios de Ensino e Pesquisa de Instituições de Ensino Superior (IES): Estudo de Caso do Campus Diadema da UNIFESP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental Integrada) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2017.
- ASHBROOK, P. C. Chemical waste management. **Journal of Chemical Health and Safety**, v. 22, n. 2, p. 40, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13221: Transporte terrestre de resíduos**. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-2: Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 2: Sistema de classificação de perigo**. Rio de Janeiro, 1992.
- AZAMBUJA, E. A. K. **Proposta de gestão de resíduos sólidos urbanos-análise do caso de Palhoça/SC**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BENDASSOLLI, J. A. et al. Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no laboratório de isótopos estáveis do CENA/USP. **Quim. Nova**, v. 26, n. 4, p. 612-617, 2003.

BENTO, W. DE A. S.; PAIM, A. P. S. Waste treatment of copper, silver, lead, chromium and potassium permanganate generated in the Chemistry lab of UFPE. **Ambiência**, v. 11, n. 1, 2015.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, 1999.

BIDONE, Francisco Antonio (Org.). **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Brasília: FINEP/PROSAB, 216 p, 2001.

BORGES, D. K. DE G.; FARIAS, S. A. DE; SOUZA, K. DO S. DE. Contribuições do enfoque ciência tecnologia e sociedade em um projeto de ensino: um caminho para o consumo sustentável. **Technology and Society (BRAJETS)**, v. 14, n. 2, p. 285–298, 2021.

BRASIL (Brasília). DECRETO Nº 10.936, DE 12 DE JANEIRO DE 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 21, 2 abr. 2020.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.

BRASIL. Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, v. 2, p. 630, 13 mar. 1998.

BRASIL. Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, v. 12, 28 dez. 2000.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 3, 3 ago. 2010

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, v. 5, 2 set. 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 7 de 24 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial República Federativa, 2004.

BUENO, F. S. **Grande Dicionário Etimológico-Prosódico da Língua Portuguesa**. São Paulo: Lisa S/A, v. 5, 1998.

CONAMA. Resolução nº 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

COSTA, Taiza Florencio et al. Planta física dos abrigos de resíduos químicos perigosos da atenção hospitalar. **Revista Enfermagem em Foco**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 30-34, 2017.

COSTALONGA, A. G. C.; FINAZZI, G. A.; GONÇALVES, M. A. **Normas de Armazenamento de Produtos Químicos**. Araraquara: Universidade Estadual Paulista, 2010.

CUNHA, Carlos Jorge. O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do depto de química da UFPR. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

DA SILVA, J.M. **Modelagem da dispersão de benzeno em rios e canais**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

DALTRO, R.R. **Impactos ambientais nos recursos hídricos por metais tóxicos: o caso do município de Boquira, no semiárido baiano**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

DE ARAUJO, D. S.; BRANDÃO, C. M.; VASCONCELOS, N. do S. L. S. Programa de gerenciamento de resíduos para laboratórios de ensino de química: uma proposta de educação ambiental no instituto federal do maranhão – campus AÇAILÂNDIA. **Acta Tecnológica**, v. 13, n. 2, p. 11–25, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifma.edu.br/actatecnologica/article/view/547>. Acesso em: 11 dez. 2022.

DE LIMA, Alzineide Maria Pereira *et al.* Levantamento quali-quantitativo dos resíduos químicos perigosos gerados nas aulas práticas de química orgânica da UERN. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 5, n. 2, p. 22-47, 2016.

DE PAULA, V. R.; OTENIO, M. H. **Manual de gerenciamento de resíduos químicos**. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/180405/1/Doc-215-Manual-Gerenc-Res-Quim.pdf>.

DE SOUZA GIL, E. et al. Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 1, p. 19–19, 2007.

DE SOUZA NASCIMENTO, E.; FILHO, A. T. Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 2, p. 187–198, 2010.

DE SOUZA, C. L. **Gestão de resíduos químicos em instituições de ensino superior: estudo na universidade federal de goiás**. 2018. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

DEMAMAN, Anelise Schwengber *et al.* Programa de gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da universidade regional integrada do Alto Uruguai e das missões – campus ERECHIM. **Química Nova**, [s. l.], ano 4, v. 27, p. 674-677, 2004.

FIGUERÊDO, D. V. **Acondicionamento de Resíduos Químicos das Unidades Geradoras**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. Disponível em: <https://www.ica.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/11/Procedimento-Acondicionamento-dos-Res%C3%ADduos.pdf>.

FIGUERÊDO, D. V. **Inventário de Resíduo Químicos Perigosos das Unidades Geradoras**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. Disponível em: <https://www.ica.ufmg.br/wp-content/uploads/2018/11/Procedimento-Invent%C3%A1rio-de-Res%C3%ADduos-Qu%C3%ADmicos-Perigosos.pdf>. Acesso em: 13 maio. 2022.

FIOREZE, M.; SANTOS, E. P. DOS; SCHMACHTENBERG, N. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, 2014.

FOSTER, B. L. The Chemical Inventory Management System in academia. **Chemical Health and Safety**, v. 12, n. 5, p. 21–25, set. 2005.

GAUZA, O. R. **Gerenciamento de resíduos sólidos em laboratórios de química: caso de uma instituição de ensino superior**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

GIL, E. D. S.; MATHIAS, R. O. Classificação e riscos associados aos resíduos químico-farmacêuticos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 2, n. 2, p. 87–93, 2005.

GILONI-LIMA, Patrícia Carla. Gestão integrada de resíduos químicos em instituições de ensino superior. **Quim. Nova**, vol. 31, n. 6, p. 1595-1598, 2008.

GOMES, M.A.F.; BARIZON, R.R.M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2014.

HALPAAP, A.; DITTKRIST, J. Sustainable chemistry in the global chemicals and waste management agenda. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 9, p. 25-29, 2018.

HELENE, L.P.I. **Diagnóstico ambiental de solo contaminado por cromo de curtume em Motuca (SP) por métodos geofísicos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA. **Manual de gerenciamento dos resíduos dos laboratórios do IF baiano**. [Guanambi, IFBA], 2020. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/guanambi/files/2021/02/MANUAL-DE-GERENCIAMENTO-DE-RESIDUOS-2020.pdf>.

JACOB-LOPES, E.; MARONEZE, M.M.; ZEPKA, L.Q.; VIEIRA, J.G.; QUEIROZ, M.I. A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. **Revista Ambiente e Água**, v.9, n.3, p.445-458, 2014.

JARDIM, W. DE F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 671–673, 1998.

JARDIM, W. DE F. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, [20--?].

KERBER, S.S. **Prospecção de bactérias com potencial na biorremediação de áreas contaminadas com BTX (benzeno, tolueno e xileno)**. 2020. Dissertação (Metres em Biotecnologia e Biociências) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

LASSALI, Tânia. A. F. **Gerenciamento de Resíduos Químicos: Normas e Procedimentos Gerais**. [20-?]. Disponível em: http://www.prefeiturarp.usp.br/pages/lrq/pdf/normas_gerenciamento.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

LENARDÃO, J. et al. “Green chemistry”- os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Quim. Nova**, vol 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

LIMA, F. C. B.; GOMES, M. P. G.; BARROS, R. T. DE V. Minimizing laboratory waste and improving material reuse through chemical waste exchange - Case of a Brazilian institution. **Waste Management and Research**, v. 38, n. 9, p. 1064-1072, 2020.

LIMA, I. C. DE. **Gerenciamento de resíduos químicos de laboratórios - estudo de caso do instituto de química da universidade do estado do Rio de Janeiro**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MACHADO, A. M. R. **Normas de procedimentos para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos - NR01/UGR**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~ugr/>

MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens *et al.* Gestão de resíduos químicos em universidades: universidade de Brasília em foco. **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 404-409, 2006.

MATOS, M. DE F. et al. Avanços no tratamento dos resíduos químicos gerados pela universidade federal de Itajubá (UNIFEI) e possíveis medidas mitigadoras. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. 1-16, 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASIL). ANVISA. Resolução Nº 222, DE 28 DE MARÇO DE 2018. Regulamenta as boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde e dá outras providências. **DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO**, [S. l.], 2018.

NASCENTE, A. **Dicionário etimológico resumido**. 1. ed. São Paulo: Instituto Nacional do Livro, 1966.

NETA, J. DE J. DA S.; PARACAMPO, N. E. N. P. **Orientações técnicas para a gestão de resíduos químicos nos laboratórios da embrapa amazônia oriental**. 1. ed. Belém: EMBRAPA, 2012.

NÓBREGA, Claudia Coutinho et al. Diagnóstico e proposição de gerenciamento de resíduos para o centro de tecnologia da universidade geral da Paraíba – João Pessoa. **Principia**, n. 15, p. 71-81, 2007

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. **Engenharia Sant. e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 118–124, 2006.

OLIVEIRA, A. C. R. DE et al. Gerenciamento de resíduos em laboratórios de uma universidade pública brasileira: um desafio para a saúde ambiental e a saúde do trabalhador. **Saúde em Debate**, v. 43, n. spe3, p. 63–77, dez. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 17 out. 2022.

PENATTI, F. E.; GUIMARÃES, S. T. L.; DA SILVA, P. M. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de análises e pesquisa: o desenvolvimento do sistema em laboratório da área química. **Workshop Internacional em Indicadores de Sustentabilidade–WIPIS II**, 2008.

REIS, P. M. **Gerenciamento de resíduos químicos nas universidades federais brasileiras**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2014.

ROCCA, A.C.C. *et. Al.* **Resíduos sólidos industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

SANTOS, E. DE S.; GONÇALVES, K. M. DOS S.; MOL, M. P. G. Healthcare waste management in a Brazilian university public hospital. **Waste Management and Research**, v. 37, n. 3, p. 278–286, 1 mar. 2019.

SHEN, C. W.; TRAN, P. P.; LY, P. T. M. Chemical waste management in the U.S. semiconductor industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 5, 13 maio 2018.

SOUZA, R. DE I. **Gerenciamento de resíduos químicos no instituto de química da UFF em Niterói-RJ**. 2020. Dissertação (Mestrado em Defesa e Segurança Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

STIIRMER, Júlio César; FORNAZZARI, Isis Mariane. Implantação do programa de gerenciamento de resíduos químicos nos laboratórios de química da UFTPR-PG. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 2, n. 2, p. 82-86, 2008.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. **Quim. Nova**, v. 28, n. 4, p. 732–738, 2005.

TOSTA, S. S. **Diagnóstico e proposta para o gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais no instituto de química da UFBA**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Gerenciamento de Resíduos**. 2017. Disponível em: <https://quimica.ufg.br/p/474-gerenciamento-de-residuos>. Acesso em: 12 out. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Manual para Gerenciamento de Resíduos Químicos**. Uberlândia, 2014.

VIANA, Gregory Lenon Leite; DOS REIS, Carine Flávia dos Reis; SILVA, Ana Maria Teodora Coelho Rios. Gerenciamento dos resíduos gerados no laboratório de química do instituto federal de Minas Gerais – Campus Formiga. **ForScience**, v. 6, n. 3, 2018.

VITTA, P. B. DI. **Gerenciamento de resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa: procedimentos gerais**. São Paulo, [201-?].

ANEXO A – LISTA DE SUBSTÂNCIAS INCOMPATÍVEIS

LISTA DE SUBSTÂNCIAS INCOMPATÍVEIS	
SUBSTÂNCIA	INCOMPATÍVEL COM:
Acetona	Ácido nítrico (concentrado); Ácido sulfúrico (concentrado); Peróxido de hidrogênio
Acetonitrila	Oxidantes, ácidos
Ácido Acético	Ácido crômico; Ácido nítrico; Ácido perclórico; Peróxido de hidrogênio; Permanganatos
Ácido clorídrico	Metais mais comuns; Aminas; Óxidos metálicos; Anidrido acético; Acetato de vinila; Sulfato de mercúrio; Fosfato de cálcio; Formaldeído; Carbonatos; Bases fortes; Ácido sulfúrico; Ácido clorossulfônico
Ácido clorossulfônico	Materiais orgânicos; Água; Metais na forma de pó
Ácido crômico	Ácido acético; Naftaleno; Cânfora; Glicerina; Alcoóis ; Papel
Ácido fluorídrico (anidro)	Amônia (anidra ou aquosa);
Ácido nítrico (concentrado)	Ácido acético; Acetona; Alcoóis; Anilina; Ácido crômico;
Ácido oxálico	Prata e seus sais; Mercúrio e seus sais; Peróxidos orgânicos;
Ácido perclórico	Anidrido acético; Alcoóis; Papel; Madeira;
Ácido sulfúrico	Cloratos; Percloratos; Permanganatos; Peróxidos orgânicos;
Metais alcalinos e alcalino-terrosos	Dióxido de carbono; Tetracloreto de carbono e outros hidrocarbonetos clorados; Quaisquer ácidos livres; Quaisquer halogênios; Aldeídos; Cetonas; NÃO USAR ÁGUA, ESPUMA, NEM EXTINTORES DE PÓ QUÍMICO EM INCÊNDIO QUE ENVOLVAM ESTES METAIS. USAR AREIA SECA.
Álcool amílico, etílico e metílico	Ácido clorídrico; Ácido fluorídrico; Ácido fosfórico;
Álquil alumínio	Hidrocarbonetos halogenados; Água;
Amideto de sódio	Ar; Água;
Amônia anidra	Mercúrio; Cloro; Hipoclorito de cálcio; odo, Bromo, Ácido fluorídrico, Prata;
Anidrido acético	Ácido crômico; Ácido nítrico; Ácido perclórico; Compostos hidroxilados; Etileno glicol; Peróxidos; Permanganatos; Soda cáustica; Potassa cáustica; Aminas;
Anidrido maleico	Hidróxido de sódio; Piridina e outras aminas terciárias;
Anilina	Ácido nítrico; Peróxido de hidrogênio;
Azidas	Ácidos;

Benzeno	Ácido clorídrico; Ácido fluorídrico; Ácido fosfórico; Ácido nítrico concentrado; Peróxidos;
Bromo	Amoníaco; Acetileno; Butadieno; Butano; Metano; Propano; Outros gases derivados do petróleo; Carbonato de sódio; Benzeno; Metais na forma de pó; Hidrogênio;
Carvão ativo	Hipoclorito de cálcio; Todos os agentes oxidantes;
Cianetos	Ácidos;
Cloratos	Sais de amônio; Ácidos; Metais na forma de pó; Enxofre; Materiais orgânicos combustíveis finamente -divididos;
Cloreto de mercúrio	Ácidos fortes; Amoníaco; Carbonatos; Sais metálicos; Álcalis fosfatados; Sulfitos; Sulfatos; Bromo; Antimônio;
Cloro	Amoníaco; Acetileno; Butadieno; Butano; Propano; Metano; Outros gases derivados do petróleo; Hidrogênio; Carbonato de sódio; Benzeno; Metais na forma de pó;
Clorofórmio	Bases fortes; Metais alcalinos; Alumínio; Magnésio; Agentes oxidantes fortes;
Cobre metálico	Acetileno; Peróxido de hidrogênio; Azidas
Éter etílico	Acido clorídrico; Ácido fluorídrico; Ácido sulfúrico; Ácido fosfórico;
Fenol	Hidróxido de sódio; Hidróxido de potássio; Compostos halogenados; Aldeídos;
Ferrocianeto de potássio	Ácidos fortes;
Flúor	Isolar de tudo;
Formaldeído	Ácidos inorgânicos;
Fósforo (branco)	Ar; Álcalis; Agentes redutores; Oxigênio;
Hidrazina	Peróxido de hidrogênio; Ácido nítrico; Qualquer outro oxidante;
Hidretos	Água; Ar; Dióxido de carbono; Hidrocarbonetos clorados;
Hidrocarbonetos (como o benzeno, butano, propano, gasolina, etc.)	Flúor; Cloro; Bromo; Ácido crômico; Peróxidos;
Hidróxido de amônio	Ácidos fortes; Metais alcalinos; Agentes oxidantes fortes; Bromo; Cloro; Alumínio; Cobre; Bronze; Latão; Mercúrio;
Hidroxilamina	Óxido de bário; Dióxido de chumbo; Pentacloro e tricloreto de fósforo; Zinco; Dicromato de potássio;
Hipocloritos	Ácidos; Carvão ativado

Hipoclorito de sódio	Fenol; Glicerina; Nitrometano; Óxido de ferro; Amoníaco; Carvão ativado
Iodo	Acetileno; Hidrogênio;
Líquidos Inflamáveis	Nitrato de amônio; Ácido crômico; Peróxido de hidrogênio; Ácido nítrico; Peróxido de sódio; Halogênios;
Mercúrio	Acetileno; Ácido fulmínico (produzido em misturas etanol--ácido nítrico); Amônia; Ácido oxálico;
Nitratos	Ácidos; Metais na forma de pó: Líquidos inflamáveis; Cloratos; Enxofre; Materiais orgânicos ou combustíveis finamente divididos; Ácido sulfúrico;
Oxalato de amônio	Ácidos fortes;
Óxido de etileno	Ácidos; Bases; Cobre; Perclorato de magnésio;
Óxido de sódio	Água; Qualquer ácido livre;
Pentóxido de fósforo	Alcoóis; Bases fortes; Água;
Percloratos	Ácidos;
Perclorato de potássio	Ácidos; Ver também em ácido perclórico e cloratos;
Permanganato de potássio	Glicerina; Etileno glicol; Benzaldeído; Qualquer ácido livre; Ácido sulfúrico;
Peróxidos (orgânicos)	Ácidos (orgânicos ou minerais); Evitar fricção; Armazenar a baixa temperatura;
Peróxido de benzoíla	Clorofórmio; Materiais orgânicos;
Peróxido de hidrogênio	Cobre; Crômio; Ferro; Maioria dos metais e seus sais; Materiais combustíveis; Materiais orgânicos; Qualquer líquido inflamável; Anilina; Nitrometano; Alcoóis; Acetona;
Peróxido de sódio	Qualquer substância oxidável, como etanol, metanol, ácido acético glacial, anidrido acético, benzaldeído, dissulfito de carbono, glicerina, etileno glicol, acetato de etila, acetato de metila, furfural, álcool etílico, álcool metílico;
Potássio	Tetracloroeto de carbono; Dióxido de carbono; Água;
Prata e seus sais	Acetileno; Ácido oxálico; Ácido tartárico; Ácido fulmínico; Compostos de amônio;
Sódio	Tetracloroeto de carbono; Dióxido de carbono; Água; Ver também em metais alcalinos;
Sulfetos	Ácidos;
Sulfeto de hidrogênio	Ácido nítrico fumegante; Gases oxidantes;
Teluretos	Agentes redutores;
Tetracloroeto de carbono	Sódio;
zinco	Enxofre;

Zircônio	Água; Tetracloreto de carbono; Não usar espuma ou extintor de pó químico em fogos que envolvam este elemento;
-----------------	---