Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia
PPGTEC – Mestrado

Silas Eduan Pompeu Amorim

Desenvolvimento de Estratégias Sustentáveis para o Gerenciamento de Resíduos do Laboratório de Química: Estudo de Caso no Campus XVIII da Universidade do Estado do Pará, em Cametá-Pa.

Belém
2026

Silas Eduan Pompeu Amorim

Desenvolvimento de Estratégias Sustentáveis para o Gerenciamento de Resíduos do Laboratório de Química: Estudo de Caso no Campus XVIII da Universidade do Estado do Pará, em Cametá-Pa.

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo José Raiol Souza
Coorientador: Prof. Dr. Diego Aires da Silva

Belém
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

A524d Amorim, Silas Eduan Pompeu

Desenvolvimento de estratégias sustentáveis para o gerenciamento de resíduos do laboratório de química: estudo de caso no Campus XVIII da Universidade do Estado do Pará, em Cametá-Pa. / Silas Eduan Pompeu Amorim; Orientador Marcelo José Raiol Souza; Coorientador Diego Aires da Silva. -- Belém, 2026.
74 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2026.

1. Produtos químicos - Eliminação - Cametá (PA). 2. Laboratórios químico - Sustentabilidade - Cametá (PA). 3. Resíduos sólidos - Gestão ambiental. 4. Impactos ambientais. I. Souza, Marcelo José Raiol. II. Silva, Diego Aires da. III. Título.

CDD 547.134

Silas Eduan Pompeu Amorim

Desenvolvimento de Estratégias Sustentáveis para o Gerenciamento de Resíduos do Laboratório de Química: Estudo de Caso no Campus XVIII da Universidade do Estado do Pará, em Cametá-Pa.

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de mestre em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 27 / 03 / 2026

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARCELO JOSE RAIOL SOUZA
Data: 22/04/2026 11:38:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ – Orientador
Prof. Dr. Marcelo José Raiol Souza
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
DIEGO AIRES DA SILVA
Data: 22/04/2026 12:42:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ – Coorientador
Prof. Dr. Diego Aires da Silva
Doutor (a) em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
ELIANE DE CASTRO COUTINHO
Data: 19/04/2026 12:55:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ – 1º Examinador (a)
Profa. Dra. Eliane de Castro Coutinho
Doutor (a) em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará

Documento assinado digitalmente
gov.br
CLAUDERINO DA SILVA BATISTA
Data: 22/04/2026 10:49:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____ – 2° Examinador
Prof. Dr. Clauderino da Silva Batista
Doutor(a) em Engenharia de Recursos Naturais
Universidade Federal do Pará

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional e incentivo durante toda a trajetória acadêmica. Meu compadre e amigo que me deu todo apoio necessário durante meu estudo em Belém. E a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Marcelo Jose Raiol Souza, pelo suporte e importantes orientações durante a pesquisa. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia (PPGTEC). Agradeço a todos os professores, técnicos e colegas de trabalho do Campus XVIII, Cametá, pelo apoio e colaboração. Por fim, agradeço à Universidade do Estado do Pará (UEPA) por proporcionar as condições para a realização deste trabalho.

EPÍGAFRE

("A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê."

Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Este trabalho apresenta proposições de ações que reduzam os impactos ambientais, promovam a segurança dos usuários e incentivem boas práticas laboratoriais alinhadas a sustentabilidade. A presente pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento de estratégias sustentáveis voltadas ao gerenciamento de resíduos químicos gerados no Laboratório de Química do Campus XVIII da Universidade do Estado do Pará (UEPA), localizado em Cametá-PA. Entre as estratégias adotadas, destaca-se o armazenamento temporário de resíduos químicos para reutilização ou descarte final adequado, contribuindo para redução do consumo de novos reagentes e para organização segura do descarte. O estudo envolveu o levantamento dos tipos de resíduos gerados, a categorização conforme os riscos associados, e a elaboração de protocolos de segregação, rotulagem e armazenamento seguro. Os resultados demonstram que a aplicação dessas estratégias promoveu maior conscientização ambiental entre os envolvidos e estabeleceu bases sólidas para a implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) institucional. A iniciativa reforça o compromisso da universidade com a responsabilidade socioambiental no contexto acadêmico e científico da região amazônica.

Palavras-chave: sustentabilidade, resíduos químicos, laboratório de química, gerenciamento de resíduos.

ABSTRACT

This paper presents proposals for actions that reduce environmental impacts, promote user safety, and encourage good laboratory practices aligned with sustainability. The main objective of this research was to develop sustainable strategies for managing chemical waste generated at the Chemistry Laboratory of Campus XVIII of the State University of Pará (UEPA), located in Cametá, Pará. Among the strategies adopted, temporary storage of chemical waste for reuse or proper final disposal stands out, contributing to reducing the consumption of new reagents and organizing their safe disposal. The study involved surveying the types of waste generated, categorizing them according to associated risks, and developing protocols for segregation, labeling, and safe storage. The results demonstrate that the application of these strategies promoted greater environmental awareness among those involved and established a solid foundation for the implementation of an institutional Chemical Waste Management Plan (PGRQ). This initiative reinforces the university's commitment to social and environmental responsibility in the academic and scientific context of the Amazon region.

Keywords: sustainability, chemical waste, chemistry laboratory, waste management.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Quadro Comparativa: Sustentabilidade no Gerenciamento de Resíduos – Laboratório de Química (Campus XVIII – Cametá/PA) 36

Quadro 2 Quantificação total dos resíduos gerados no período de análise.....38

Quadro 3 Principais resíduos identificados e sua classificação conforme a NBR 10004:2004.....49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma: Tipos de resíduos e seus parâmetros, volume e massa.....25
Figura 2 Coleta de soluções 29
Figura 3 Capela de exaustão.....29
Figura 4 Amostragem.....30
Figura 5 Identificação dos frascos de resíduos.....30
Figura 6 Armazenamento temporário.....31
Figura 7 Valor do potencial hidrogeniônico (PH) do resíduo de NaOH.....32
Figura 8 Separação de soluções para descarte.....42
Figura 9 Sala de reagentes químicos.....42
Figura 10 Lista de inventario.....43
Figura 11 Etiquetagem padronizada de substâncias químicas.....43
Figura 12 Etiquetagem de armários.....44
Figura 13 Armazenamento temporário para descarte.....44
Figura 14 Rotina de limpeza antes e após as práticas laboratoriais.....45
Figura 15 Descarte correto de resíduos.....45
Figura 16 Identificação de área de risco.....46
Figura 17 Padronização de reagentes controlados pela polícia federal.....47
Figura 18 Controle dos materiais emprestados do laboratório.....47
Figura 19 Conscientizar para risco de contaminação alimentar.....48
Figura 20 Treinamento para bolsistas, monitores e estagiários que trabalham no laboratório.....48
Figura 21 Fluxograma da Rota de Segregação de Resíduos Líquidos (Ácidos e Bases).....56
Figura 22 Fluxograma da Rota de Segregação de Solventes Orgânicos Inflamáveis.....59
Figura 23 Fluxograma da Rota de Segregação de Resíduos Sólidos e Materiais Recicláveis.....61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
IES – INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR
ODS – OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL
PGRS – PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
PNRS – POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
TCC – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
UEPA – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....13
2 OBJETIVOS.....17
2.1 OBJETIVO GERAL.....17
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....19
3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....19
3.2 Princípios da Química Verde.....20
3.3 Gerenciamento de Resíduos em Laboratórios Universitários.....22
3.4 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).....23
3.5 Sustentabilidade Universitária.....25
4 MATERIAL E MÉTODOS.....24
4.1 Materiais e Equipamentos Utilizados.....27
4.2 Diagnóstico Inicial das Atividades Laboratoriais.....27
4.3 Mapeamento dos Resíduos Gerados.....27
4.4 Coleta e Amostragem dos Resíduos.....28
4.4.1 Detalhamento das substâncias nos frascos de vidro.....28
4.5 Caracterização dos Resíduos.....31
4.6 Classificação dos Resíduos.....32
4.7 A utilização dos 5S como ferramenta sustentável.....32
4.8 Proposição de Estratégias Sustentáveis 33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 35
5.1 Frequência de uso do laboratório.....35
5.2 Comparativo sustentável no gerenciamento de resíduos do laboratório ...35
5.3 Identificação das Atividades e Experimentos Realizados 37
5.4 Mapeamento e Classificação dos Resíduos 40
5.5 Práticas Atuais de Armazenamento e Descarte 51
5.6 Propostas de Melhoria Sustentável 52
5.7 Desenvolvimento das Rotas de Segregação 53
6 CONCLUSÃO 63
REFERÊNCIAS 64
ANEXOS 69
APÊNDICE 72

1 - INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos é uma questão atualmente importante para as sociedades. Setores tão variados como as cidades, a indústria transformadora e as indústrias de serviços enfrentam desafios de gestão de resíduos, e a questão se intensificou devido ao crescimento populacional significativo, à urbanização e ao consumismo (Kannan *et al*. 2024).

Os resíduos estão presentes em diversos contextos da sociedade, devido ao consumo e crescimento populacional desordenado, seu descarte inadequado provoca uma série de problemas ao meio ambiente (Valencia; Zhang; Chang, 2022). Considerando-se a tendência de crescimento do problema, os resíduos sólidos vêm ganhando destaque como um grave problema ambiental contemporâneo (Giovanni; Marques; Gunther, 2021).

Assim como é necessário um bom gerenciamento de resíduos em geral, também devemos dar ênfase aos resíduos institucionais, embora sejam gerados em menores quantidades, estes podem prejudicar o ser humano e o meio ambiente, alguns desses resíduos prejudiciais estão presentes principalmente nos laboratórios de química das instituições de ensino. Observa-se, em muitos casos, falta de preparo técnico e institucional quanto ao gerenciamento desses resíduos do laboratório de química e até mesmo do campus em geral, isso pode levar a uma série de problemas que vão desde o descarte inicial até o final (Sousa *et al*. 2021).

Segundo Alvares *et al*. (2024), nas universidades não são raros os casos de alunos que utilizam o laboratório de química em suas práticas laboratoriais, sem os devidos esclarecimentos a respeito da geração de resíduos e do tratamento que se deve dar a estes, antes do descarte. Implantar medidas de gerenciamento seguro e sustentável ameniza bastante a situação-problema.

O gerenciamento de resíduos pode ser entendido como uma série de ações que envolvem as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação e disposição final ambientalmente adequadas (Machado, 2023). A criação de um gerenciamento de resíduos do laboratório de química é importante para auxiliar nas atividades educacionais e gerenciais, dando segurança no descarte, reciclagem ou reutilização de tais resíduos (Alvares *et al*. 2024).

O campus XVIII de Cametá da Universidade do Estado do Pará (UEPA), necessita de um bom gerenciamento de resíduos. O grande fluxo de pessoas com

diversas características socioculturais se mescla com a multiplicidade de resíduos produzidos, desta forma o gerenciamento dos resíduos deve ser entendido com um tema central no combate aos impactos ambientais e para que estes estabelecimentos se tornem referência no cumprimento das leis que regem este tema. (Ruback *et al*. 2020.)

Para Sousa *et al.* (2021), os cuidados necessários para o descarte correto de produtos e resíduos químicos originados de laboratórios são importantes para a preservação ambiental, uma vez que o contato dessas substâncias com o meio ambiente pode afetar drasticamente a natureza. Geralmente, os laboratoristas, acreditam que esses resíduos, por mais que não sejam emanados em volumes muito grande, não causam um transtorno ao meio ambiente, porém, essa prática está totalmente errada, pois os resíduos principalmente de laboratórios quando descartados de maneira incorreta, agridem tanto o meio ambiente como também a saúde (Meireles *et al*. 2022).

No campus XVIII, existem resíduos no laboratório de química, os quais não têm descarte ou reutilização adequado. Segundo Moreira (2013), essa adequação passa por diversas etapas fundamentais para garantir uma gestão eficiente e sustentável.

Para Jones *et al*. (2024), os princípios mais comumente usados para sustentar o gerenciamento de resíduos são reduzir, reutilizar e reciclar, importante ressaltar que esses exemplos fornecem uma maneira viável de modelar os princípios de práticas sustentáveis aos estudantes.

Segundo Vergani (2024), o desafio do desenvolvimento sustentável no século XXI envolve combater a escassez de recursos, a produção de resíduos e as alterações climáticas. O modelo linear de produção baseado em pegar, fabricar e descartar tem criado muitos problemas, principalmente relacionados ao aumento da quantidade diária de desperdício e poluição. Nesse ponto o uso linear prejudica o processo de sustentabilidade, quando não se cria um modelo de gerenciamento adequado (Cruz *et al*. 2024).

A informação é importante para a comunidade universitária tomar conhecimento de que forma lidar com esses resíduos existentes no laboratório de química para não descartá-los de forma inadequada. A conscientização e a sensibilização devem ser feitas para promover uma cultura eficiente de gestão de resíduos dentro da comunidade universitária (Ojuri *et al*. 2024).

O Campus XVIII, conta com um laboratório de química voltado ao ensino, à pesquisa e à extensão. No entanto, observa-se a ausência de um plano estruturado de gerenciamento de resíduos químicos, bem como a falta de práticas sustentáveis sistematizadas para o manejo desses resíduos. Tal situação pode comprometer a segurança dos usuários do laboratório, o meio ambiente e o cumprimento das normas vigentes.

Nesse contexto, é imprescindível o desenvolvimento de estratégias sustentáveis que promovam a melhoria contínua das práticas laboratoriais voltados a Química Verde, que visam minimizar o uso e a geração de substâncias perigosas ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos químicos (Anastas; Warner, 1998). O conhecimento detalhado do tipo, volume e destino dos resíduos gerados é o primeiro passo para a elaboração de ações corretivas e preventivas, contribuindo para a sustentabilidade institucional.

Uma abordagem relevante é a Química Verde, proposta por Anastas e Warner (1998), seus doze princípios buscam minimizar ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas nos processos químicos, promovendo práticas mais seguras, limpas e eficientes. A aplicação desses princípios em laboratórios universitários é uma estratégia promissora para aliar segurança, sustentabilidade e inovação pedagógica (Silva; Oliveira, 2020).

O gerenciamento correto de resíduos do laboratório de química, onde o uso de substâncias perigosas pode representar riscos é importante. Assim, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, oferecem diretrizes fundamentais para promover a sustentabilidade institucional.

Diante do exposto, verifica-se a importância de criar um correto gerenciamento de resíduos gerados dentro da universidade. Dessa forma o trabalho tem como objetivo desenvolver estratégias para o gerenciamento de resíduos do laboratório de química do campus XVIII, Cametá-PA da Universidade Estadual do Para.

O uso do laboratório de química vem sendo intensificado com atividades que geram um aumento na produção de resíduos, exigindo assim um cuidado especial. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece diretrizes importantes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, inclusive aqueles classificados como

perigosos. Essa legislação reforça a responsabilidade compartilhada entre geradores, instituições e poder público, incentivando a minimização da geração de resíduos, a reutilização e a destinação final segura.

O Laboratório de Química desempenha um papel essencial na formação científica de futuros profissionais. Portanto, justifica-se a necessidade de propor estratégias sustentáveis de gerenciamento dos resíduos existentes e se adequar conforme as metas do ODS 12, que preconiza a utilização eficiente de recursos e o manejo ambientalmente adequado de produtos químicos.

A conscientização é um passo muito importante para esse trabalho, pois todos que utilizam desse espaço devem ter conhecimento adequado sobre os resíduos presentes no laboratório para saber como separá-los adequadamente, buscando maneiras de diminuir os resíduos gerados.

Com as metodologias aplicadas haverá possibilidade de diminuir o consumo com os reagentes, diminuindo assim os custos da instituição, tanto com a compra, como também com o tratamento e disposição final.

Espera-se que este estudo possa servir como modelo replicável para a UEPA em geral. Dando assim, uma visibilidade à instituição sobre o tema da sustentabilidade ambiental.

Todos que frequentam, realizam trabalhos, dentre outras atividades, no laboratório, devem seguir os padrões de gerenciamento de resíduos, para garantir a efetividade das estratégias propostas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Desenvolver estratégias sustentáveis para o gerenciamento de resíduos do laboratório de química: estudo de caso no campus XVIII da Universidade do Estado do Pará, em Cametá-PA.

2.2 Objetivos específicos

Realizar um levantamento dos tipos de resíduos presentes no laboratório;

Mapear e caracterizar os resíduos gerados no laboratório;

Desenvolver rotas adequadas de segregação, promovendo a reciclagem e reutilização de materiais;

Propor e discutir soluções para tratamento e disposição segura;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios universitários deve ser baseado em princípios legais, técnicos e éticos. Nesse sentido, foi pensado em cinco eixos para sustentar o referencial teórico: a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os princípios da Química Verde, o Gerenciamento de Resíduos em Laboratórios Universitários, Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) e a sustentabilidade universitária.

3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Uma política Instituída pela Lei nº 12.305/2010, a PNRS estabelece a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos no Brasil, incluindo os resíduos perigosos. A lei introduz o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e prioriza ações como a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada (Brasil, 2010).

No âmbito das instituições de ensino, a PNRS impõe a necessidade de elaboração e implementação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), os quais devem considerar os riscos à saúde e ao meio ambiente, especialmente no caso de resíduos laboratoriais (Brasil, 2010).

Desse modo, para as instituições de ensino superior a aplicação da PNRS se torna especialmente relevante, pois geram resíduos potencialmente perigosos, incluindo reagentes químicos vencidos, soluções contaminadas, resíduos orgânicos e vidrarias quebradas. A esses ambientes, a PNRS determina a elaboração e a implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), conforme previsto no Art. 20 da referida lei (Brasil, 2010).

> “Art. 20. Estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos:
> I - Os geradores de resíduos sólidos previstos nas alíneas "e", "f", "g" e "k" do inciso I do art. 13;
> II - Os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:
> a) gerem resíduos perigosos;
> b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;
> III - as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama;

> IV - Os responsáveis pelos terminais e outras instalações referidas na alínea "j" do inciso I do art. 13 e, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e, se couber, do SNVS, as empresas de transporte;
> V - Os responsáveis por atividades agrossilvipastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, do SNVS ou do Suasa.
> Parágrafo único. Observado o disposto no Capítulo IV deste Título, serão estabelecidas por regulamento exigências específicas relativas ao plano de gerenciamento de resíduos perigosos."

O PGRS deve contemplar o diagnóstico dos resíduos gerados, estratégias para sua minimização, procedimentos de segregação, acondicionamento, armazenamento temporário, transporte e destinação final adequada (Dias, 2021). Além disso, deve incluir ações de capacitação e sensibilização dos usuários dos laboratórios, promovendo a adoção de práticas sustentáveis no cotidiano das atividades acadêmicas (Medeiros *et al.*, 2019).

Assim a pesquisa no Laboratório de Química, se propõe a ser feita à luz dos princípios e instrumentos da PNRS, com o objetivo de propor estratégias sustentáveis alinhadas à legislação vigente e aos compromissos socioambientais institucionais.

3.2 Princípios da Química Verde

A Química Verde propõe uma nova abordagem para as práticas laboratoriais e industriais, visando à prevenção da poluição na origem, à redução do uso de substâncias perigosas e à promoção de processos mais seguros e sustentáveis.

Seus doze princípios, formulados por Paul Anastas e John Warner (1998), orientam a substituição de reagentes tóxicos, o aumento da eficiência energética e a geração mínima de resíduos, sendo amplamente aplicáveis à realidade dos laboratórios universitários.

A Química Verde é uma abordagem que visa o desenvolvimento de processos e produtos químicos mais seguros, eficientes e ambientalmente corretos, buscando minimizar ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas em todas as etapas do ciclo de vida de um composto (Anastas; Warner, 1998).

Esses princípios estão ligados com os objetivos da PNRS (Brasil, 2010) e com o ODS 12 da Agenda 2030 da ONU, que trata da promoção de padrões sustentáveis de consumo e produção.

No contexto laboratorial, especialmente em instituições de ensino superior, a aplicação dos princípios da Química Verde permite não apenas a redução da geração

de resíduos perigosos, mas também o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais seguras e sustentáveis (Bianchini; Vieira, 2020).

Segundo Silva e Campos (2017), a adoção desses princípios em laboratórios universitários contribui diretamente para a formação de uma cultura ambientalmente responsável entre estudantes e profissionais da área. Práticas como a substituição de solventes tóxicos, o uso de técnicas de microescala, o reaproveitamento de reagentes e a escolha de rotas sintéticas menos impactantes são exemplos de como os princípios da Química Verde podem ser implementados na rotina acadêmica (Medeiros *et al.,* 2019).

Estudos como o de Oliveira e Lima (2024) destacam que a integração da Química Verde ao ensino superior ainda encontra desafios, como a ausência de infraestrutura adequada e a resistência à mudança de paradigmas experimentais. Contudo, evidências apontam que quando esses princípios são incorporados ao planejamento didático e à gestão dos laboratórios, há significativa redução no volume de resíduos perigosos gerados.

A aplicação prática dos princípios no Laboratório do campus, pode representar um avanço importante na gestão sustentável dos resíduos químicos. Além disso, essas ações contribuem para o cumprimento do disposto na PNRS e reforçam o compromisso da universidade com os ODS em especialmente o ODS 12 (ONU, 2015).

3.3 Gerenciamento de Resíduos em Laboratórios Universitários

O gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa exige um conjunto de ações que incluem a segregação correta dos resíduos, sua identificação, acondicionamento, armazenamento temporário, transporte interno e destinação final.

Segundo Gomes *et al*. (2021), muitas instituições de ensino superior enfrentam dificuldades relacionadas à ausência de protocolos padronizados, à carência de infraestrutura adequada e à falta de capacitação dos usuários dos laboratórios. A construção de uma cultura de boas práticas laboratoriais é, portanto, fundamental para a promoção de um ambiente seguro e ambientalmente responsável.

Além disso, o ensino de práticas sustentáveis nos laboratórios universitários configura-se como ferramenta essencial para a formação de profissionais conscientes. Estudos como o de Oliveira e Silva (2022) destacam que a inserção de princípios da Química Verde, como a economia de átomos, a substituição de solventes tóxicos e a aplicação de técnicas em microescala, contribui significativamente para a redução da quantidade e da periculosidade dos resíduos gerados.

Segundo Souza; Lopes, (2020), muitos laboratórios de instituições públicas de ensino superior no Brasil enfrentam dificuldades operacionais e orçamentárias para implementar um sistema de gerenciamento completo. Essas dificuldades incluem desde a ausência de espaços físicos adequados, até a falta de contratos com empresas especializadas.

3.4 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O gerenciamento sustentável de resíduos laboratoriais está relacionado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ao ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, proposto pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Esse objetivo visa assegurar padrões de produção e consumo que reduzam os impactos negativos sobre o meio ambiente, promovendo a eficiência no uso de recursos, a minimização da geração de resíduos e o manejo seguro de substâncias químicas ao longo de todo o seu ciclo de vida, (ONU, 2015).

No contexto dos laboratórios universitários, como os de ensino de química, essa abordagem é fundamental, considerando o uso intensivo de reagentes e a geração de resíduos potencialmente perigosos. As metas do ODS 12 destacam-se como diretrizes estratégicas.

A meta 12.4, trata da gestão ambientalmente adequada de produtos químicos e resíduos. Enquanto, a meta 12.5, incentiva a redução substancial da geração de resíduos por meio da prevenção, reciclagem e reuso.

A aplicação prática do ODS 12 em universidades públicas tem sido objeto de diversos estudos acadêmicos. Ferreira, Vieira e Martins (2021) destacam a contribuição das instituições de ensino superior na implementação da Agenda 2030, sobretudo quando integram os ODS em suas políticas institucionais, planos pedagógicos e práticas laboratoriais. Essa abordagem reforça a responsabilidade

social das universidades na formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade.

Do ponto de vista ambiental, Silva, Mendes e Costa (2023) evidenciam que a integração dos ODS na gestão universitária implica mudanças na cultura organizacional, exigindo políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, controle do uso de substâncias químicas perigosas e adoção de práticas sustentáveis, como a Química Verde.

Santos e Lima (2021) reforçam que o papel das universidades públicas brasileiras na Agenda 2030 ainda enfrenta desafios significativos, como a ausência de indicadores internos de sustentabilidade, a fragmentação de ações e a carência de planejamento estratégico para integrar os ODS às atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Essas diretrizes reforçam a importância de implementar políticas internas de gerenciamento de resíduos produzidos no laboratório de química. Autores como Silva *et al*. (2021), também destacam que ambientes laboratoriais, por lidarem com compostos químicos, devem adotar práticas que visem à sustentabilidade e à segurança, sendo fundamentais para a formação de uma cultura ambiental no meio acadêmico.

Dessa forma, implementar práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos do laboratório de química, pode representar um avanço significativo na concretização das metas globais de sustentabilidade.

3.5. Sustentabilidade Universitária

A sustentabilidade nas universidades vai além do ensino e da pesquisa, abrangendo também a gestão institucional e o compromisso com práticas socioambientais. De acordo com Leal Filho *et al*. (2019), universidades sustentáveis são aquelas que incorporam princípios ambientais em sua governança, planejamento e operação. O gerenciamento adequado de resíduos laboratoriais é parte essencial dessa visão, pois representa uma ação concreta em prol da proteção ambiental, da saúde pública e da responsabilidade social da instituição.

Essa sustentabilidade tem sido tema de crescente atenção na literatura científica. Estudo de Rohrich e Takahashi (2019), demonstram que as pesquisas brasileiras sobre o tema se intensificaram na última década, com destaque para

abordagens voltadas ao planejamento institucional, práticas pedagógicas sustentáveis, gestão de resíduos e avaliação de desempenho ambiental nas Instituições de Ensino Superior (IES).

Desta forma o tema Universidade sustentável tem grande importância e deve ser voltado a contextos locais. O estudo de MDPI (2021) apresenta um modelo voltado à realidade amazônica, que busca compatibilizar saberes tradicionais, proteção ambiental e gestão acadêmica sustentável. Uma abordagem pertinente ao contexto da UEPA, já que fica localizado na Amazônia Paraense.

Portanto, sustentabilidade universitária constitui uma estratégia essencial para consolidar práticas ambientais responsáveis em ambientes acadêmicos, especialmente em laboratórios de ensino, onde o consumo de recursos e a geração de resíduos exigem um gerenciamento adequado e alinhado aos princípios da Química Verde, da PNRS e dos ODS.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Universidade do Estado do Pará (UEPA), no campus XVIII, na cidade de Cametá-Pará, localizada a margem esquerda do rio Tocantins, bairro de São Benedito, Avenida Inácio Moura.

As atividades experimentais e a coleta de dados para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas no período de janeiro a setembro de 2025**,** no Laboratório de Química do Campus. Durante esse intervalo, foram conduzidos levantamentos sobre os tipos de resíduos gerados, suas quantidades, formas de descarte utilizadas e análise das práticas laboratoriais vigentes, com o objetivo de propor estratégias mais sustentáveis e adequadas para um bom gerenciamento de tais resíduos.

A metodologia de pesquisa escolhida foi de cunho misto qualitativa-quantitativa, pois houve a necessidade de abrangência do problema e das soluções propostas.

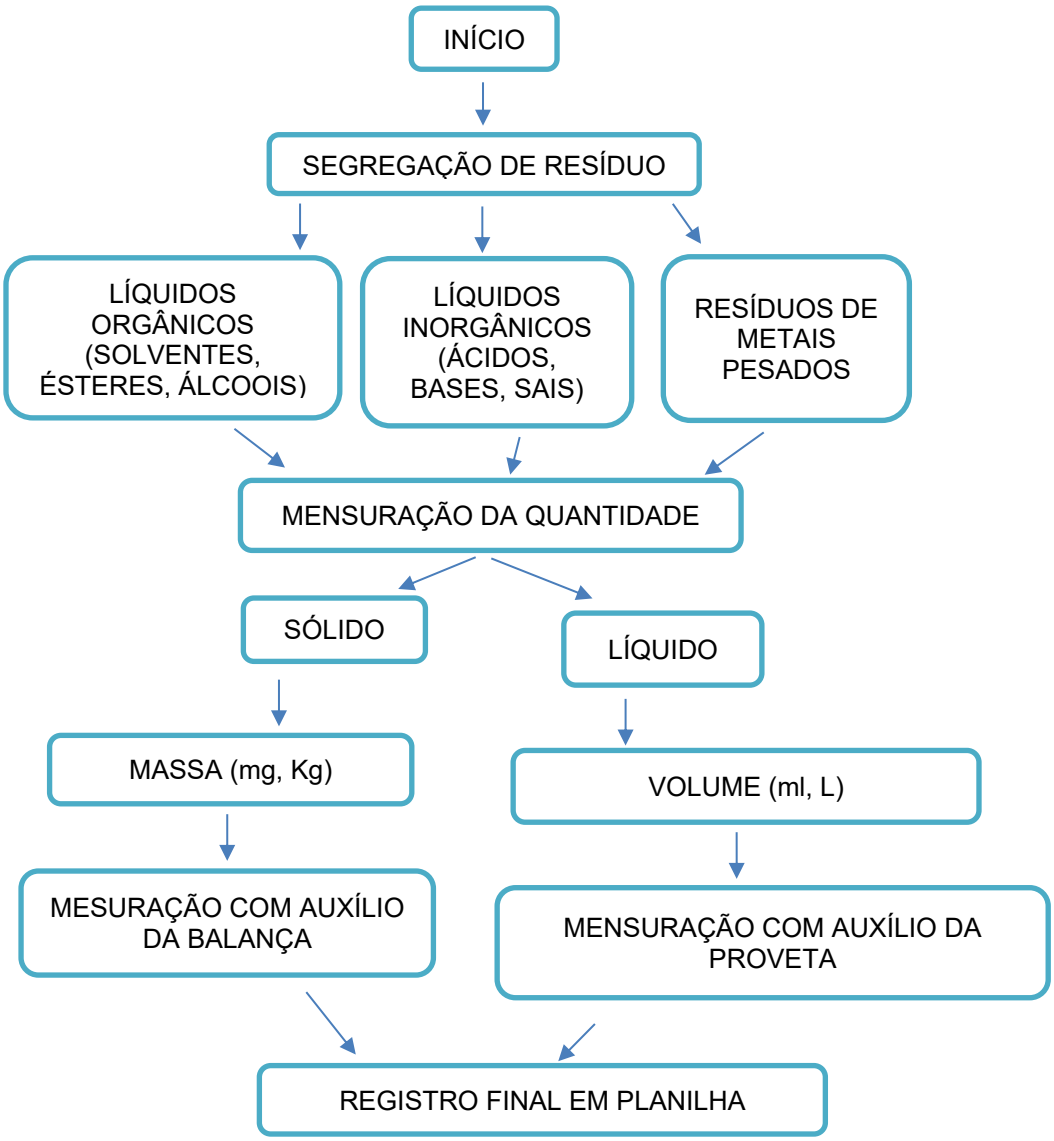
Por meio do método quantitativo apresentamos dados numéricos a respeito de diversos fatores relacionados aos resíduos: a quantidade de resíduos gerados no laboratório feita através da identificação, segregação, medição, registro e análise.

Inicialmente, a identificação foi feita por um mapeamento das atividades que geram resíduos (aulas práticas, pesquisas e projetos, limpeza de materiais e soluções, reagentes vencidos ou deteriorados), para cada atividade foi elaborado um inventario com o nome da prática ou experimento, reagentes utilizados, tipos de resíduos esperados, estado físico.

Na segregação, os resíduos foram separados em categorias especificas, tipo: líquidos orgânicos (solventes, ésteres, álcoois), líquidos inorgânicos (ácidos, bases, sais), metais pesados, cada grupo teve recipientes específicos, com rótulos contendo nome, origem, data de geração, responsável pelo descarte.

A medição ou mensuração da quantidade de resíduos foi realizada em dois parâmetros, volume e massa. O volume valeu para resíduos líquidos e foi feito com o auxílio da proveta e balança, unidade de medida será mililitros (ml) ou litro (l). Já a massa foi para resíduos sólidos, o qual foram mensurados com balança analítica digital em miligramas (mg) ou quilogramas (kg).

Figura 1: Fluxograma dos Tipos de resíduos e seus parâmetros, volume e massa.



Fonte: Autor (2026).

O registro foi feito em planilhas e fichas especificas, contendo data, tipo de resíduo, volume ou massa, quantidade total. A figura 1, mostra a rota para a mensuração dos resíduos.

A análise dos resíduos gerados serviu para identificar atividades com maior geração de resíduos, avaliar a utilização de medidas sustentáveis, auxiliar no planejamento de compra de reagente e dimensionar a infraestrutura necessária para os resíduos existentes no laboratório.

Já o método qualitativo visou entender a percepção, atitudes e práticas de todos envolvidos no gerenciamento de resíduos: a importância do gerenciamento de

resíduos na percepção de funcionários, estudantes dentre outros, investigar a dificuldade da instituição em implementar praticas com esse tema, analisar como os gestores tratam desse tema e das políticas implementadas.

A metodologia proposta buscou alinhar-se também às orientações do ODS 12, utilizando instrumentos como diagnósticos qualitativos e quantitativos, análise documental de registros de entrada e saída de reagentes, livros de ocorrência, tabela de reagentes disponíveis no laboratório, tabelas de uso do laboratório mensal e planilha de disciplinas ofertadas semestralmente, entrevistas com as pessoas responsáveis pelo laboratório, a qual teve as seguintes perguntas:

1) Qual sua função no laboratório?
2) Há quanto tempo você atua no laboratório?
3) Quais atividades você mais realiza no laboratório?
4) Como você descreveria o procedimento atual de segregação de resíduos no laboratório de química?
5) Há uma preparação de resíduos por tipo? (ácidos, bases, metais pesados)
6) Existem recipientes específicos para cada tipo de resíduo?
7) Você considera que os usuários do laboratório de química seguem corretamente os procedimentos de descarte? Por quê?
8) Há um registro da quantidade de resíduos gerados?
9) O laboratório tem um espaço adequado para armazenamento temporário de resíduos?
10) Qual a dificuldade atual que você identifica para o manejo de resíduos?

As ações propostas tiveram como base a prevenção da geração de resíduos, a segregação adequada, o reuso quando possível, e a destinação final segura e ambientalmente correta dos resíduos perigosos, em consonância com a meta 12.5 do ODS.

A metodologia adotada baseou-se nos princípios do método científico, aplicados ao diagnóstico, mapeamento, caracterização e classificação dos resíduos gerados no laboratório de química, visando à proposição de estratégias sustentáveis de gerenciamento.

4.1 Materiais e Equipamentos utilizados

Para a realização das análises de resíduos gerados no laboratório de química, foram utilizados reagentes e substâncias químicas, com alto grau de pureza, fornecidos por fabricantes certificados.

Dentre as principais substâncias, destacou-se: água destilada, utilizada na preparação de soluções e diluições; soluções padrão de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), empregadas na correção e medição de pH; indicadores ácido-base, como fenolftaleína e azul de bromotimol;

As análises foram realizadas com o auxílio dos seguintes equipamentos: balança analítica de precisão (Bioescale, peso máximo 200g); PHmetro digital, para a medição precisa do potencial hidrogeniônico; Estufa de secagem, para preparo e secagem de amostras; Capela de exaustão, utilizada para manipulação segura de substâncias voláteis; Vidrarias laboratoriais padrão, incluindo béqueres, erlenmeyers, tubos de ensaio, buretas, proveta, funil, balão volumétrico, pipeta entre outros; materiais de proteção, luva, mascara, jaleco e touca.

4.2 Diagnóstico Inicial das Atividades Laboratoriais

Primeiramente, realizou-se um diagnóstico situacional das atividades desenvolvidas no laboratório de química, a fim de identificar os processos experimentais e os tipos de resíduos potencialmente gerados. Foram utilizadas técnicas de observação direta, bem como registros fotográficos e anotações de campo. Essa etapa permitiu levantar informações sobre a rotina laboratorial, os materiais empregados e os procedimentos de descarte existentes.

4.3 Mapeamento dos Resíduos Gerados

Esse mapeamento dos resíduos foi realizado por meio da análise das disciplinas experimentais em suas práticas laboratoriais do curso de Licenciatura em Química e Tecnologia de Alimentos. Cada atividade foi examinada quanto aos insumos utilizados e aos resíduos gerados. Utilizou-se uma ficha contendo os seguintes campos: nome do experimento, reagentes utilizados, resíduos gerados (estado físico e tipo), quantidade estimada e procedimento de descarte praticado.

4.4 Coleta e Amostragem dos Resíduos

As amostras dos resíduos foram coletadas durante a execução dos experimentos, respeitando os protocolos de biossegurança e boas práticas laboratoriais. A amostragem foi realizada conforme os critérios estabelecidos na ABNT NBR 10007:2004, assegurando a representatividade das amostras para análise posterior.

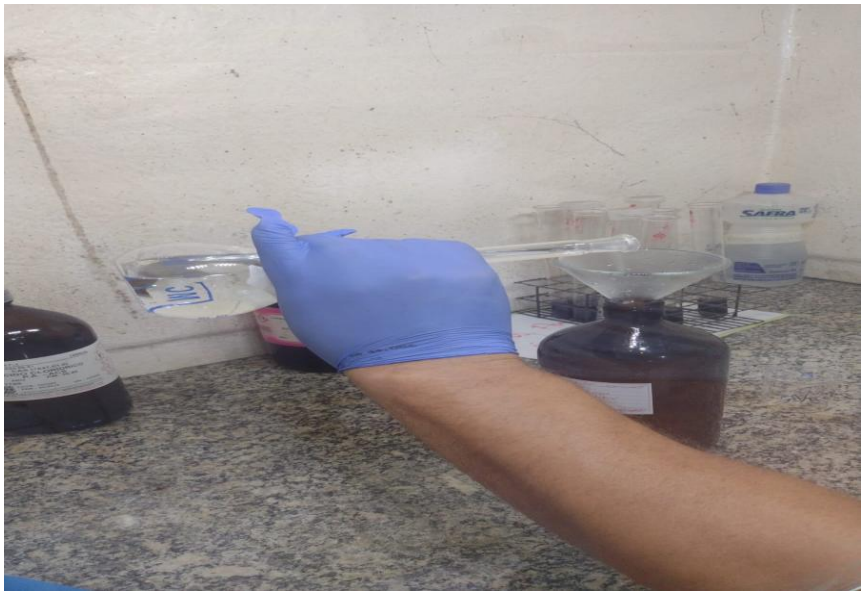
4.4.1 Detalhamento das substâncias nos frascos de vidro

Como parte da implementação de estratégias sustentáveis para o gerenciamento de resíduos químicos no laboratório de química, uma ação de destaque é a reutilização de frascos de reagentes químicos vazios para o armazenamento temporário e seguro de resíduos. Essa prática visou minimizar o impacto ambiental**,** reduzir custos operacionais e promover a cultura de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental no campus.

A seleção e preparação desses frascos para serem reutilizados funciona da seguinte forma, frascos com tampa original em bom estado, capacidade adequada para o tipo e volume do resíduo gerado, vidros sem trincas ou danos estruturais. Para tal procedimento é necessário que o resíduo químico que vai ser inserido seja do mesmo tipo que continha no frasco reutilizado, pois assim evita-se o descarte inadequado do resíduo que continha anteriormente no frasco.

Conforme figuras 2 e 3 abaixo, podemos ver o momento de como foi feita a coleta. O procedimento basicamente reutiliza um frasco de vidro escuro que armazenava um determinado reagente do mesmo tipo que está sendo inserido, também foi utilizado um funil para passar a solução de descarte que se encontrava em balão volumétrico, todo o procedimento de manipulação foi feito em uma capela de exaustão para proteger o manipulador do contato com as soluções. A escolha do frasco baseou-se em normas e diretrizes (ABNT NBR 16725, NBR 14725 (FISPQ) e com padrões internacionais de segurança laboratorial) as quais afirmam que o vidro é inerte e resistente e por ele ser escuro (âmbar) reduz a degradação pela luz.

Figura 2: coleta de soluções



Fonte: Autor (2026).

Figura 3: capela de exaustão



Fonte: Autor (2026).

As figuras 4 e 5, mostram os recipientes de frascos de vidro escuro já com a amostras de soluções de reagentes para as análises e procedimentos, todos os frascos encontram identificados com uma etiqueta que contém: nome do produto, nome do responsável pela coleta, data da coleta, informações se o material é para descarte.

Figura 4: amostragem



Fonte: Autor (2026).

Figura 5: identificação dos frascos de resíduos



Fonte: Autor (2026).

Na figura 6, observa-se a adaptação de um local temporário de armazenamento da amostragem, esse local não é o ideal, mas para o período de testes deste trabalho foi essencial, pois precisou ser estocado para não estar em contato com outros materiais e substâncias.

Figura 6: armazenamento temporário



Fonte: Autor (2026).

4.5 Caracterização dos Resíduos

Essa fase de caracterização dos resíduos contemplou análises físicas (estado físico, cor, odor, solubilidade) e químicas (pH). As análises seguiram as normas técnicas da ABNT NBR 10004:2004, complementadas pelas normas NBR 10005:2004 (lixiviação), NBR 10006:2004 (solubilização), que orientam a classificação quanto à periculosidade.

Conforme a figura 7, as amostras passaram por um processo de teste para medir a acidez que se encontravam, o equipamento utilizado para esse teste foi o Phmetro de bancada da Incoterm, modelo PHB – 550, podemos ver a tela do PHmetro mostrando um valor PH de 12.67 do resíduo de hidróxido de sódio.

Figura 7: valor do potencial hidrogeniônico (PH) do resíduo de NaOH



Fonte: Autor (2026).

4.6 Classificação dos Resíduos

Com base nos resultados da caracterização, os resíduos foram classificados conforme os critérios da ABNT NBR 10004:2004, em:

- Classe I – Perigosos: resíduos que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente;
- Classe II A – Não perigosos, não inertes: resíduos que não se enquadram na Classe I, mas podem apresentar biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Classe II B – Inertes: resíduos que, quando submetidos à solubilização, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões estabelecidos.

Essa classificação fundamentou a definição de estratégias adequadas de segregação, acondicionamento, armazenamento temporário e destinação final.

4.7 A utilização dos 5S como ferramenta sustentável

O primeiro aplicado é o Seiri (Senso de Utilização), elimina do ambiente tudo o que não é necessário, mantendo apenas os materiais úteis às atividades desenvolvidas. Esse senso foi feito através da realização de triagens periódicas para identificação e descarte correto de produtos químicos vencidos ou inutilizados;

estímulo à reutilização de materiais e reagentes, sempre que tecnicamente viável; organização de um inventário químico atualizado, evitando aquisições desnecessárias.

O segundo foi o Seiton (Senso de Ordenação), focou na organização lógica e funcional dos itens no ambiente de trabalho, foi realizado por algumas ações: armazenamento de substâncias químicas conforme sua periculosidade e frequência de uso; etiquetagem padronizada de frascos, armários e áreas de descarte;

O terceiro realizado foi o Seisō (Senso de Limpeza), foi voltada a manutenção constante da limpeza e higiene do espaço laboratorial. Essa atividade foi realização através da criação de uma rotina de limpeza antes e após as práticas; e da capacitação de usuários para higienização adequada de vidrarias e bancadas;

O quarto senso foi o Seiketsu (Senso de Padronização), visou consolidar as boas práticas, transformando-as em normas permanentes. As atividades que foram desenvolvidas: criação de um manual de boas práticas com foco em segurança e sustentabilidade; padronização do descarte de resíduos químicos, conforme a legislação vigente (como a ABNT NBR 16725:2020); implantação de sinalização visual para identificar áreas de risco, armazenamento e descarte.

Por fim, o quinto senso foi o Shitsuke (Senso de Disciplina e Autodisciplina), visou promover a responsabilidade contínua dos usuários, incentivando a manutenção dos padrões estabelecidos. Atividade: Realização de treinamentos e oficinas periódicas;

4.8 Proposição de Estratégias Sustentáveis

Por fim, através de fluxograma os dados obtidos foram organizados representando as etapas de geração, manejo e descarte dos resíduos. Levando em consideração os princípios da química verde, Anastas; Warner (1998), na educação ambiental crítica, Loureiro (2006), nas diretrizes da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (nº 358/2005) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010, foram criadas estratégias sustentáveis de gerenciamento do laboratório de química, essas estratégias visam subsidiar a implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) para o laboratório.

A PNRS estabelece princípios, objetivos e diretrizes para a gestão dos resíduos no Brasil, incluindo a responsabilidade compartilhada, a redução,

reutilização, reciclagem e a destinação final ambientalmente. Na ABNT, a NBR 17100-1/2023, estabelece os requisitos gerais aplicáveis às etapas de gerenciamento de resíduos, desde a origem até sua destinação final

Segundo a norma internacional (ISO 14001:2015 - Sistemas de Gestão Ambiental) o estabelecimento de diretrizes para a implementação de sistemas de gestão ambiental é fundamental, ajudando as organizações a gerenciar seus impactos ambientais, incluindo o manejo de resíduos, com ênfase na melhoria contínua.

Ao final, obtive uma estratégia para o gerenciamento de resíduos do laboratório, baseado nos resultados, alinhado às normas ambientais e de segurança. Proporcionando diretrizes claras de classificação, manuseio e descarte dos resíduos gerados no laboratório de química.

Essa estratégia de gerenciamento conscientiza e envolve a comunidade acadêmica no assunto em questão. Dessa forma forneceremos um estudo importante para que outros campi ou até mesmo outras instituições possam utilizar como modelo para seus laboratórios de química.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Frequência de uso do laboratório.

Nesse período, foram observadas rotinas laboratoriais com o objetivo de registrar a geração de resíduos em diferentes práticas. Os dados obtidos auxiliaram na proposição de estratégias sustentáveis de gerenciamento, conforme os princípios da Química Verde e a PNRS.

A frequência média de utilização do laboratório foi de aproximadamente 20 a 25 vezes por mês**,** envolvendo turmas dos cursos de Licenciatura em Química, Tecnologia Agroindustrial de alimentos, trabalhos de conclusão de curso (TCC), dentre outras atividades. A utilização do laboratório pelas atividades dura em torno de 4 horas, com participação para aulas práticas de 20 a 30 alunos ou para TCC uma a duas pessoas, dependendo da turma e do tipo de experimento realizado. Essa rotina contribui significativamente para a geração de resíduos líquidos, sólidos e materiais contaminados, evidenciando a necessidade de estratégias eficazes de gerenciamento.

A alta frequência de aulas e o volume de alunos impactaram diretamente na geração de resíduos, corroborando (Freese et al, 2024).

Observou-se que a ausência de estratégias de redução na fonte, como o planejamento em microescala e a substituição de solventes (Anastas; Warner, 1998), contribui para o acúmulo progressivo identificado.

Esse cenário evidencia a necessidade de um sistema formal de monitoramento para alinhar a unidade às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, BRASIL (2010), priorizando a não geração e a mitigação de riscos ambientais.

.

5.2 Comparativo sustentável no gerenciamento de resíduos do laboratório: o que tem no laboratório versus o que deveria ter.

Baseado nas informações levantadas no laboratório de química, foi elaborado um comparativo entre procedimentos que deveriam estar disponíveis de acordo com as normas técnicas e aqueles que já existem no Laboratório de Química, segue o levantamento conforme o quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Quadro Comparativa: Sustentabilidade no Gerenciamento de Resíduos – Laboratório de Química (Campus XVIII – Cametá/PA)

Item/procedimento	Deveria ter	O que tem
Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ)	Documento formal atualizado conforme a Resolução CONAMA nº 358 e ABNT NBR 10004	Não tem
Coleta seletiva de resíduos químicos	Frascos identificados por tipo de resíduo (ácido, base, metais pesados, solventes orgânicos etc.)	tem, mas sem identificação clara
Identificação e Rotulagem dos Resíduos	Rótulos padronizados com nome, classe de risco, data e responsável	Tem, mas irregular
Armazenamento Temporário Adequado	Sala ventilada, segura, com contenção secundária e sinalização adequada	tem, sem infraestrutura adequada
Treinamento para Alunos e Técnicos	Capacitação regular sobre manuseio e descarte correto de resíduos químicos	Não tem
Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)	EPIs adequados disponíveis e de uso obrigatório.	Tem, mas parcial
Procedimentos de Descarte Sustentável	Parceria com empresas licenciadas para coleta e descarte final ou neutralização interna segura	Não tem
Registro e Monitoramento de Geração de Resíduos	Planilhas ou sistema de controle atualizado	Não tem
Substituição de Reagentes Perigosos por Alternativas Menos Tóxicas	Adoção de reagentes verdes sempre que possível	Não tem
Programa de Redução, Reutilização e Reciclagem (3Rs)	Estratégias para reduzir a geração, reutilizar e reciclar resíduos	Não tem

Fonte: Autor (2026)

A análise do gerenciamento de resíduos no Laboratório de Química, evidencia fragilidades estruturais e operacionais quando comparada às exigências normativas brasileiras e às recomendações da literatura científica contemporânea.

A PNRS, estabelece a obrigatoriedade de elaboração de planos de gerenciamento para resíduos perigosos, categoria na qual se inserem diversos resíduos químicos laboratoriais classificados conforme a ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004).

A análise do Laboratório de Química revela um cenário de desconformidade parcial com a Resolução CONAMA nº 358/2005, especialmente no que tange à rastreabilidade e destinação ambientalmente adequada. A inexistência de um registro sistemático da geração de resíduos e a falta de parcerias formalizadas para o descarte final configuram uma fragilidade institucional. Como salientam Santos e Rocha Júnior (2024), essa dificuldade de integrar exigências normativas às práticas cotidianas é recorrente em universidades que ainda não institucionalizaram suas políticas ambientais, o que compromete a efetividade da gestão.

Embora tenham sido identificadas iniciativas pontuais, como a segregação básica e a disponibilidade parcial de EPIs, a ausência de uma sistematização formal posiciona o laboratório no que Sadat e Karimi (2025) classificam como "estágio inicial de maturidade". Essa fragmentação de ações, sem o respaldo de um sistema de gestão integrado, impede que a instituição atue como o modelo de sustentabilidade preconizado por Tauchen e Brandli (2006).

No âmbito da Química Verde Anastas; Warner (1998), o diagnóstico evidencia uma lacuna crítica: a inexistência de políticas de substituição de reagentes perigosos e de planejamento em microescala. Conforme demonstrado por Alsebi *et al*. (2024), a prevenção e a redução na fonte são as estratégias mais eficazes para mitigar riscos ocupacionais e custos operacionais com armazenamento e tratamento. No laboratório estudado, a manutenção de métodos convencionais sem avaliação de toxicidade indica uma oportunidade concreta de melhoria na eficiência operacional e na segurança química.

Outro fator determinante para o atual estado de gestão é a carência de programas de capacitação. Pavão (2025) e Souza *et al*. (2025) argumentam que a infraestrutura, isoladamente, não garante a sustentabilidade; o treinamento contínuo é o que consolida a cultura de segregação e rotulagem correta. A ausência dessas ações pedagógicas no Campus XVIII reflete um desafio que transcende o técnico, alcançando a esfera cultural da comunidade acadêmica.

Por fim, o desalinhamento com as metas 12.4 e 12.5 do ODS 12 reforça a urgência de intervenção. Para que a UEPA cumpra seu papel estratégico na formação de profissionais conscientes Freese *et al* (2024), a implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) torna-se indispensável. Como sugerem Sadat e Karimi (2025), o avanço para níveis superiores de maturidade ambiental não depende exclusivamente de aportes financeiros vultosos, mas de planejamento, organização e, primordialmente, do comprometimento institucional com a gestão técnica e educativa.

5.3 Identificação das Atividades e Experimentos Realizados

Com base no levantamento realizado no laboratório de química, foi identificado 40 atividades experimentais regulares, distribuídas entre as disciplinas: Estrutura e Reatividade dos Compostos Orgânicos, Química Experimental, Físico-Química, Métodos Instrumental de Análise química II, Eletroquímica Experimental,

Estudo Experimental de Produtos Orgânicos, Química Analítica Quantitativa Experimental, Fundamentos da Química Experimental, além das disciplinas, vale ressaltar que existem outras atividades que geram resíduos no laboratório, experimentos de TCC, instituições públicas que solicitam uso do laboratório e etc.

Quadro 2 – Quantificação total dos resíduos gerados no período de análise

Tipo de Resíduo	Categoria	Estado Físico	Quantidade Total	Unidade
Solventes orgânicos	Orgânico	Líquido	20	L
Ácidos e bases	Inorgânico	Líquido	14	L
Metais pesados	Inorgânico perigoso	Líquido	7	L
Papel contaminado	Sólido contaminado	Sólido	3	kg
Lodo químico	Sólido perigoso	Sólido	5	kg

Fonte: Autor (2026)

A quantificação dos resíduos gerados no laboratório durante o período de análise revelou a predominância de resíduos líquidos em relação aos resíduos sólidos, conforme apresentado no Quadro 2. Entre os resíduos identificados, os solventes orgânicos apresentaram a maior quantidade total (20 L), seguidos pelos ácidos e bases (14 L) e pelos resíduos contendo metais pesados (7 L). Em menores quantidades foram observados os resíduos sólidos, representados pelo papel contaminado (3 kg) e pelo lodo químico (5 kg).

A predominância de resíduos líquidos é um padrão frequentemente observado em laboratórios de ensino e pesquisa em química, uma vez que a maioria das atividades experimentais envolve reações em solução e o uso de solventes orgânicos e reagentes líquidos, o que corrobora com (Dias *et al*, 2015).

A geração de 20 L de solventes orgânicos evidencia a relevância desse tipo de resíduo gerado no laboratório analisado e está em consonância com pesquisas desenvolvidas em diferentes universidades, que apontam os solventes orgânicos como uma das categorias predominantes de resíduos químicos laboratoriais, o que reafirma em (Ribeiro *et al*, 2017).

A presença de 14 L de resíduos de ácidos e bases também reflete o uso intensivo desses reagentes, especialmente em análises volumétricas e titulações, o que segundo Jardim (1998), contribui para geração de resíduos líquidos.

Outro fator relevante observado no Quadro 2 é a geração de 7 L de resíduos contendo metais pesados, os quais apresentam elevado potencial de toxicidade

ambiental e risco à saúde humana e de acordo com Pinto, Pedroso e Vieira (2009), esses resíduos requerem um manejo adequado.

No que se refere aos resíduos sólidos, foram registrados 3 kg de papel contaminado e 5 kg de lodo químico, materiais geralmente gerados em processos de filtração, precipitação química e limpeza de vidrarias.

De modo geral, os resultados obtidos evidenciam um perfil de geração de resíduos típico de laboratórios universitários de química, caracterizado pela predominância de resíduos líquidos e pela diversidade de substâncias químicas presentes.

Portanto, os dados apresentados no Quadro 2 reforçam a importância da implementação de estratégias de gerenciamento de resíduos químicos, incluindo segregação adequada, registro quantitativo da geração de resíduos, capacitação dos usuários do laboratório e adoção de práticas alinhadas aos princípios da química verde. Essas medidas contribuem não apenas para a redução dos riscos ambientais, mas também para o fortalecimento de uma cultura de sustentabilidade no ambiente acadêmico.

Para complementar o diagnóstico e atender aos objetivos específicos, foi realizada uma caracterização física dos resíduos, com base em parâmetros utilizados em monitoramento ambiental e laboratorial.

Para os resíduos líquidos analisou-se o ph, o qual foi determinado por um pHmetro de bancada, onde os resultados tiveram uma variação, para os ácidos o ph ficou entre 1 e 3, e para os básicos foi entre 11 e 13, tal variação mostra a necessidade de neutralização antes do descarte.

Essa variação extrema evidencia elevado potencial de corrosividade, indicando a necessidade de neutralização prévia antes do descarte, conforme princípios estabelecidos pela PNRS e pelas diretrizes de manejo ambientalmente adequado.

Os resíduos com pH inferior a 2 ou superior a 12,5 são considerados potencialmente corrosivos, segundo Jardim (1988), exigindo tratamento específico antes da disposição final. Assim, os resultados obtidos reforçam a necessidade de implantação de protocolo formal de neutralização controlada no laboratório.

Os resíduos sólidos, embora seja pouco gerado, também foram avaliados para fins de classificação e segurança, observou-se a natureza do resíduo (vidrarias quebradas, filtros, luvas descartadas), presença de contaminação química, risco

associado (corrosividade, toxicidade, inflamabilidade). Essa análise nos ajuda na definição de recipientes adequados e no manejo seguro, reforçando a segregação e periculosidade que foi encontrado nesse ambiente.

Por fim os resíduos semissólidos (papeis umedecidos, pastilhas, filtros e outras substâncias), foram caracterizadas pela sua consistência e aparência e sua umidade. Essa caracterização ajuda a identificar tratamentos com a secagem, neutralização ou acondicionamento especial.

Com essa caraterização física foi possível confirmar que os resíduos líquidos são a maior parte gerada, identificou-se também a variação do ph para neutralização antes do descarte, também ficou claro qual a necessidade daqueles resíduos no sentido de neutralizar, filtrar ou acondicionar, assim também integrar dados para o plano de gerenciamento de resíduos químicos.

O laboratório não apresenta um inventário sistemático de resíduos o que dificulta fazer a quantificação precisa do volume gerado semestralmente, importante que seja criado tabelas para um controle melhor de tais resíduos. A ausência de controle quantitativo compromete o planejamento estratégico e impede a definição de metas de redução, contrariando os princípios da PNRS e do ODS 12. Além disso, essa lacuna impacta diretamente a aplicação do programa 5S, ferramenta de gestão voltada à organização e eficiência operacional.

O Senso de utilização (Seiri) trata da eliminação do desnecessário e o uso consciente dos recursos, sem o inventario, a identificação de reagentes vencidos, resíduos ou substâncias descartadas, torna-se difícil, também dificulta a real necessidade de compra de reagentes novos, gerando desperdícios e assim aumentando a quantidade de resíduos. Falando também do Senso de Ordenação (Seiton), o qual tem referência na organização dos materiais, garantido o local correto de cada um, sendo assim muitos não tem identificação adequada, violando tal princípio, a falta de um local de armazenamento temporário é preocupante, pois os resíduos necessitam desse espaço.

5.4 Mapeamento e Classificação dos Resíduos

A utilização da metodologia 5S para sustentabilidade no Laboratório de Química do Campus XVIII de Cametá possibilitou a organização, a segurança, a redução de riscos químicos e ambientais. A aplicação sistemática dos cinco sensos,

Seiri (Utilização), Seiton (Ordenação), Seiso (Limpeza), Seiketsu (Padronização) **e** Shitsuke (Disciplina), proporcionou melhorias observáveis tanto na rotina de trabalho quanto no gerenciamento dos resíduos químicos.

No contexto deste estudo, verificou-se que a implementação dos sensos promoveu mudança comportamental entre bolsistas e monitores, especialmente após a realização de treinamentos, evidenciando a consolidação do Shitsuke (disciplina).

Inicialmente, o laboratório apresentava problemas recorrentes, tais como: ausência de inventário atualizado de resíduos, recipientes sem identificação, armazenamento inadequado de substâncias químicas e falhas na segregação adequada dos resíduos. Após a implementação da metodologia 5S, constatou-se uma redução expressiva dos riscos químicos e ambientais, diretamente relacionada à reorganização dos espaços, ao estabelecimento de rotinas claras e à capacitação dos usuários.

O laboratório apresenta desafios específicos, de acordo com Tavares *et al.* (2019), a rotatividade de usuários, diversidade de experimentos e ausência de cultura institucional, consolida o que foi observada no laboratório estudado, principalmente no período anterior à implementação do 5S, quando não havia inventário sistemático nem segregação adequada.

Além disso, a ausência de inventário compromete diretamente a eficiência do gerenciamento, pois impede o planejamento adequado da compra de reagentes e favorece o vencimento de substâncias, Freire *et al.* (2020). Esse cenário foi identificado antes da aplicação do Seiri e Seiton, reforçando a importância do controle sistemático implantado no presente estudo.

Estudos semelhantes conduzidos por Silva e Oliveira (2021) em laboratórios universitários brasileiros indicam que a implementação de programas organizacionais, como 5S ou sistemas baseados na ISO 14001, reduz em até 30% o desperdício de reagentes no primeiro ano de aplicação, principalmente devido à melhoria no controle de estoque.

No laboratório de química, a transformação não ocorreu apenas pela reorganização física, mas pela incorporação de novas rotinas e responsabilidades, o que reafirma estudo de (Barbieri, 2016).

Com a aplicação do Seiri e Seiton, foi possível eliminar resíduos antigos, reorganizar os reagentes, etiquetar soluções, ter um armazenamento temporário. A

metodologia 5S também contribuiu para reduzir desperdícios de reagentes e melhorar o aproveitamento do espaço disponível. Antes do 5S, não era realizada nenhuma segregação, não se tinha nenhuma orientação aos estudantes e técnicos. Após a implementação o laboratório passou a manter um controle mais preciso e contínuo da quantidade de resíduos gerados, permitindo decisões baseadas em dados.

As figuras 8, 9 e 10, representam algumas atividades aplicadas no laboratório voltados ao primeiro senso Seiri (senso de utilização):

Na figura 8 observa-se que foi realizado a separação de soluções desnecessárias para posterior descarte adequado.

Figura 8: separação de soluções para descarte.



Fonte: Autor (2026).

Outra atividade foi da figura 9, onde foi feito uma organização da sala de reagentes para que não se perca o controle e assim facilitando na compra somente de reagentes necessário, diminuindo gastos.

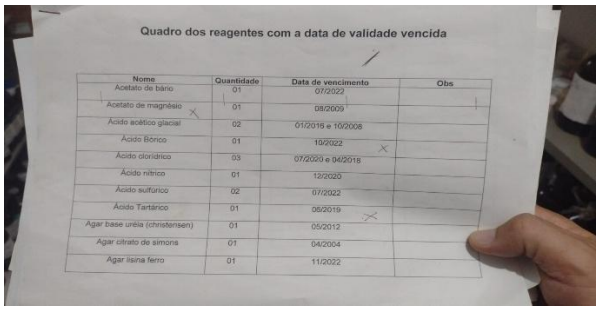
Figura 9: Sala de reagentes químicos.



Fonte: Autor (2026).

A figura 10, representa o início da criação de um inventario dos reagentes, dando suporte para o controle de reagentes vencidas, reagentes prontos para descarte ou reutilização.

Figura 10: lista de inventario.



Quadro dos reagentes com a data de validade vencida

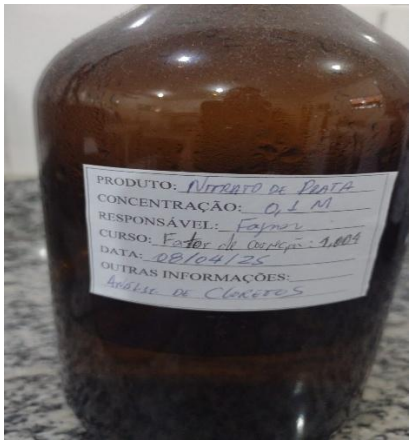
Nome	Quantidade	Data de vencimento	Obs
Acetato de bário	01	07/2022	
Acetato de magnésio	01	08/2009	
Ácido acético glacial	02	01/2016 e 10/2008	
Ácido Bórico	01	10/2022	
Ácido cloridrico	03	07/2020 e 04/2018	
Ácido nítrico	01	12/2020	
Ácido sulfúrico	02	07/2022	
Ácido Tartárico	01	06/2019	
Agar base uréia (christensen)	01	05/2012	
Agar citrato de simons	01	04/2004	
Agar lisina ferro	01	11/2022	

Fonte: Autor (2026).

Em seguida apresentam-se as figuras 11, 12 e 13 do segundo senso Seiton (senso de ordenação):

A figura 11 mostra como foi criada uma etiqueta padrão para identificar soluções e reagentes dentro do laboratório de química, importante atividade para obter todas as informações necessárias sobre um determinado produto.

Figura 11: Etiquetagem padronizada de substâncias químicas



Fonte: Autor (2026).

Os armários que têm no laboratório, guardam diversos tipos de materiais, por isso a figura 12 nos mostra uma atividade que foi realizada para dar suporte na informação do que tem em cada armário.

Figura 12: Etiquetagem de armários



Fonte: Autor (2026).

A figura 13 mostra o armazenamento temporário de substâncias químicas, essa é uma das atividades de ordenação realizada no laboratório.

Figura 13: Armazenamento temporário para descarte

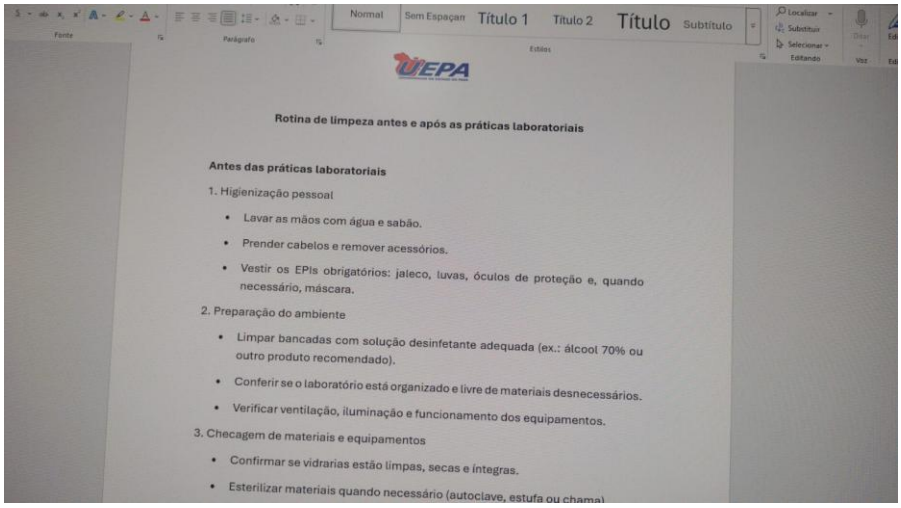


Fonte: Autor (2026).

O uso do terceiro senso Seiso (senso de limpeza), a figura 14, mostra uma atividade voltadas a esse senso:

A Figura 14, mostra um roteiro de atividade a ser realizada para ajudar no dia a dia do laboratório de química, pois a necessidade de organização tanto antes, como depois das atividades práticas.

Figura 14: Rotina de limpeza antes e após as práticas laboratoriais



Rotina de limpeza antes e após as práticas laboratoriais

Antes das práticas laboratoriais

1. Higienização pessoal
   - Lavar as mãos com água e sabão.
   - Prender cabelos e remover acessórios.
   - Vestir os EPIs obrigatórios: jaleco, luvas, óculos de proteção e, quando necessário, máscara.
2. Preparação do ambiente
   - Limpar bancadas com solução desinfetante adequada (ex.: álcool 70% ou outro produto recomendado).
   - Conferir se o laboratório está organizado e livre de materiais desnecessários.
   - Verificar ventilação, iluminação e funcionamento dos equipamentos.
3. Checagem de materiais e equipamentos
   - Confirmar se vidrarias estão limpas, secas e íntegras.
   - Esterilizar materiais quando necessário (autoclave, estufa ou chama)

Fonte: Autor (2026).

O quarto senso Seiketsu (senso de padronização), importante ferramenta para tornar padrão tudo o que foi pensado, observar as imagens 15, 16, 17, 18 e 19 das atividades realizadas:

A Figura 15, mostra um recipiente adquirido para dar suporte a maneira correta do descarte de resíduos no laboratório.

Figura 15: descarte correto de resíduos.



Fonte: Autor (2026).

Essa identificação, conforme a Figura 16, ajuda muito no cuidado ao entrarmos numa sala de regentes, ela nos ajudar a saber que ali estão todos os reagentes desde os mais simples até os de alto grau de periculosidade.

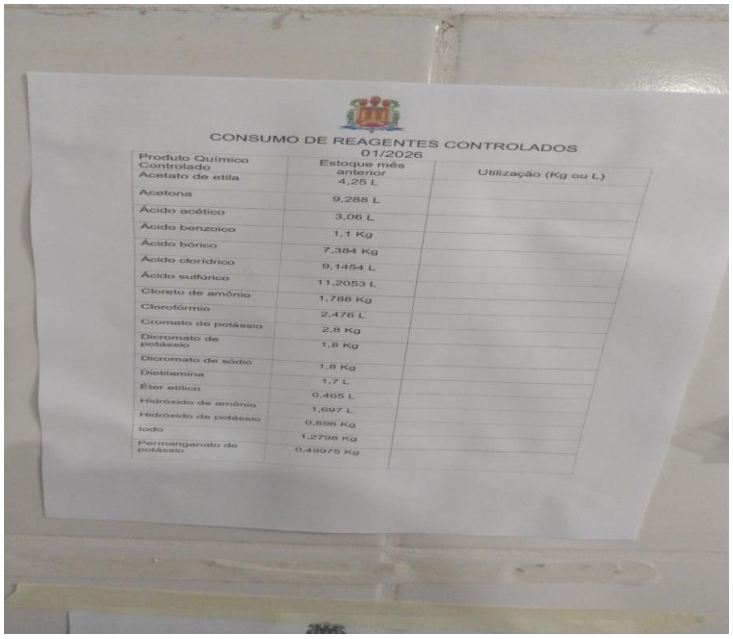
Figura 16: identificação de área de risco



Fonte: Autor (2026).

A Figura 17, mostra uma tabela criada com nomes de reagentes repassados pela polícia federal, os quais devem ter seu uso controlado e repassado mensalmente a quantidade usada para polícia.

Figura 17: Padronização de reagentes controlados pela polícia federal



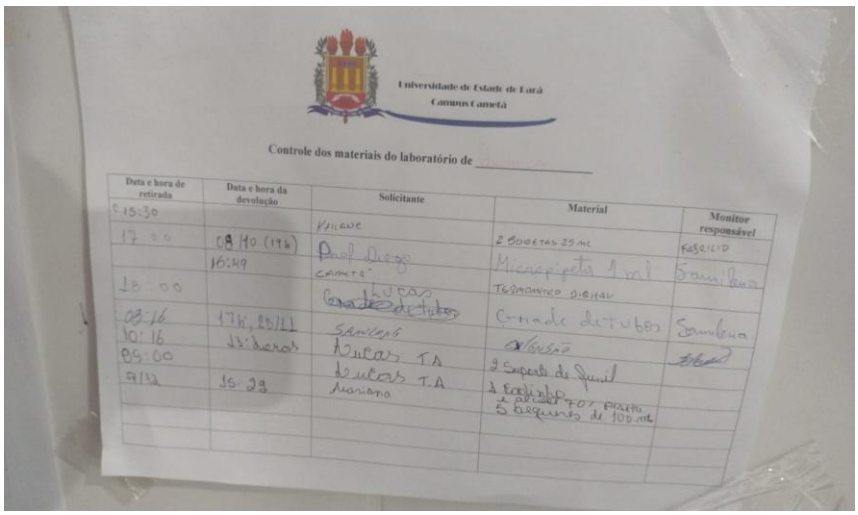
CONSUMO DE REAGENTES CONTROLADOS
01/2026

Produto Químico Controlado	Estoque mês anterior	Utilização (Kg ou L)
Acetato de etila	4,25 L	
Acetona	9,288 L	
Ácido acético	3,06 L	
Ácido benzoico	1,1 Kg	
Ácido bórico	7,384 Kg	
Ácido clorídrico	9,1454 L	
Ácido sulfúrico	11,2053 L	
Cloreto de amônio	1,788 Kg	
Clorofórmio	2,476 L	
Cromato de potássio	2,8 Kg	
Dicromato de potássio	1,8 Kg	
Dicromato de sódio	1,8 Kg	
Dietilamina	1,7 L	
Éter etílico	0,465 L	
Hidróxido de amônio	1,697 L	
Hidróxido de potássio	0,896 Kg	
Iodo	1,2798 Kg	
Permanganato de potássio	0,49975 Kg	

Fonte: Autor (2026).

Na Figura 18, criou-se uma tabela para controle de matérias que são emprestados para outros laboratório, através dela obtém-se o controle do que sai e quando volta para o laboratório.

Figura 18: Controle dos materiais emprestados do laboratório



Universidade do Estado do Pará
Campus Cametá

Controle dos materiais do laboratório de _____

Data e hora de retirada	Data e hora da devolução	Solicitante	Material	Monitor responsável
15:30		Vilene	2 Bqueras 25 mL	Rafaela
17:00	09/10 (196)	Prof Diego	Micropipeta 1 mL	Samilena
	16:49	Cametá		
18:00		Luiza	Termômetro digital	
		Grande de Tubos	Grande de Tubos	Samilena
08:16	17h, 20/11	Samilena	Vidraria	
10:16	11:Duras	Nunes T.A	2 Suporte de Funil	
09:00		Nunes T.A	1 Erlenmeyer 125 mL	
9/12	15:29	Mariana	5 Bequeres de 100 mL	

Fonte: Autor (2026).

A Figura 19, representa as etiquetas de conscientização colocadas nas paredes, para repassar informações do que pode e que não pode dentro de um laboratório.

Figura 19: conscientizar para risco de contaminação alimentar.



Fonte: Autor (2026).

O quinto e último senso Shitsuke (senso de disciplina e autodisciplina), pode ser analisado uma de suas atividades através da Figura 20, que foi um curso de capacitação realizada no laboratório voltado para bolsistas, monitores e estagiários.

Figura 20: Treinamento para bolsistas, monitores e estagiários que trabalham no laboratório



Fonte: Autor (2026).

Os resultados obtidos com utilização dos 5S ajudou muito na organização física do laboratório, assim como também teve sua importância no gerenciamento de resíduos, deixando práticas em laboratório de química mais segura e alinhada à sustentabilidade, o que confirma estudos de Silva; Oliveira, 2021; Freire *et al*., (2020).

Através desta aplicação será possível obter um modelo de gerenciamento sustentável e que possa ser replicável para outros laboratórios da instituição, de acordo com a PNRS.

O mapeamento e classificação dos resíduos foram feitos conforme os experimentos realizados nas aulas práticas de laboratório das disciplinas e outras atividades (TCCs, Instituições Externas). O quadro 3 apresenta os principais resíduos identificados.

Quadro 3 – Principais resíduos identificados e sua classificação conforme a NBR 10004:2004

Experimento	Descrição da prática	Tipo de resíduo gerado	Classificação do resíduo	Classe ABNT	Faixa de PH
Titulação ácido-base	Determinação de concentração por titulação	Soluções aquosas com ácidos e bases	Resíduo químico perigoso (corrosivo)	Classe I	pH 1–3 (ácido) / 11–13 (básico)
Análise espectrofotométrica	Preparação e análise de amostras para espectro	Soluções aquosas e resíduos	Resíduo não perigoso e reciclado	Classe II A	pH 6 - 8
Lavagem de vidrarias	Limpeza das vidrarias com solventes	Água contaminada, solventes usados	Resíduo químico perigoso e efluente	Classe I	pH 6 - 10
Destilação simples	Separação de líquidos por ponto de ebulição	Resíduos líquidos de solventes	Resíduo químico perigoso	Classe I	pH 5.5 – 7.5
Ensaios com indicadores	Uso de indicadores para PH e outros parâmetros	Resíduos líquidos com corantes	Resíduos não perigoso a perigoso	Classe II A/ Classe I	pH 2 - 12

Fonte: Autor (2026).

O quadro 3 incorpora valores de pH, como parâmetro fundamental para avaliar o risco de corrosividade e definir estratégias para neutralização ou tratamento. A titulação ácido-base destacou-se pelo maior potencial de perigo devido sua variação de pH, uns com alta acidez e outras com alcalinidade muito elevada.

A caracterização física dos resíduos, que identificou predominância de resíduos líquidos com pH entre 1–3 e 11–13, confirma o que apontam Jardim e Fadini (2017).

Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram com Jardim e Fadini (2017), nessa perspectiva, evidenciando a necessidade de protocolos formais de neutralização.

Na análise espectrofotométrica, os resíduos apresentaram pH próximo da neutralidade (6 - 8), sendo classificados predominantemente como Classe II A (não inertes). Contudo, mesmo resíduos diluídos requerem monitoramento contínuo.

A lavagem de vidrarias, apesar do pH entre 6 - 10, pode conter solventes residuais e contaminantes adsorvidos, configurando potencial risco cumulativo. (Silva; Oliveira, 2021).

Os experimentos de destilação simples, requerem um cuidado maior pois são considerados perigosos e contem substâncias toxicas, portanto devem ser armazenados em frascos compatíveis de acordo com (Barbieri, 2016).

Os ensaios com indicadores requerem um cuidado especial, pois sua faixa de pH está entre 2-12, isso mostra que a uma variação alta entre os resíduos, o que requer uma necessidade de segregação eficaz.

A identificação e classificação dos resíduos analisados permitiu mostrar que a maioria se enquadra na classe I – Perigosos, mostrando a presença de metais pesados, inflamáveis e corrosivo, os demais resíduos se enquadram na Classe II A - Não Inertes, os quais terão de passar por tratamento ou neutralização antes da disposição final. Os valores de pH reforçam que o risco químico é mais associado à concentração e natureza do experimento do que ao volume gerado. Portanto, mesmo pequenas quantidades exigem controle rigoroso.

A experiência desenvolvida neste estudo confirma essa abordagem, ao demonstrar que a metodologia 5S pode servir como etapa inicial para implantação de um PGRQ.

Além disso, a sistematização do mapeamento e classificação dos resíduos aproxima o laboratório das metas do ODS 12, especialmente no que se refere à gestão

ambientalmente adequada de produtos químicos e resíduos ao longo de seu ciclo de vida.

5.5 Práticas Atuais de Armazenamento e Descarte

Os resíduos gerados no laboratório de química do polo de Cametá, em geral, são descartados diretamente na pia ou em recipientes improvisados, sem o adequado gerenciamento de tais resíduos, os que estão em frascos improvisados pelo menos tem a identificação.

A falta de um local específico para armazenamento temporário de resíduos perigosos também é um problema que a instituição apresenta. Essa prática representa riscos significativos para a saúde dos usuários do laboratório e para o meio ambiente. Conforme a ABNT NBR 10004:2004, resíduos classificados como Classe I – Perigosos exigem acondicionamento seguro, segregação por compatibilidade química e armazenamento em recipientes apropriados.

A etapa de armazenamento temporário é componente essencial do sistema de gerenciamento, pois conecta a geração ao tratamento e à destinação final, e a falta deste de acordo com Silva; Oliveira, (2021), compromete todo o processo.

O laboratório de química, não apresenta um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos, contrariando as diretrizes da PNRS e CONAMA.

A literatura contemporânea destaca que universidades que implementam PGRQ estruturados apresentam melhor desempenho ambiental e redução significativa de riscos operacionais (Freire *et al*., 2020).

Assim como também vai de encontro às metas estabelecidas no ODS 12. Em relação ao controle do ciclo de vida dos produtos químicos (meta 12.4) e à minimização da geração de resíduos (meta 12.5), as práticas desenvolvidas no laboratório precisam ser melhoradas. Essa melhoria contribuirá significativamente no papel da universidade como promotora de desenvolvimento sustentável.

Assim, práticas inadequadas em laboratórios acadêmicos não apenas geram impactos ambientais diretos, mas também produzem efeito simbólico negativo na formação discente.

5.6 Propostas de Melhoria Sustentável

De acordo com os dados obtidos, pode-se propor as seguintes ações como parte de uma estratégia de gerenciamento sustentável na Implementação de um PGRQ específico para o laboratório:

A gestão ambiental em laboratórios acadêmicos aponta que a organização física e operacional do ambiente constitui etapa preliminar essencial para qualquer sistema de gerenciamento de resíduos (Barbieri, 2016).

Antes da implementação das etapas específicas, recomenda-se a aplicação da ferramenta 5S como etapa inicial e estruturante do PGRQ. Esta ferramenta, contribui diretamente na diminuição de riscos, previne acidentes, reduz a geração de resíduos e cria um ambiente propicio. O plano deve ser iniciado com o 5S, pois essa base permite que outras etapas sejam cumpridas com eficácia e eficiência.

Separar os resíduos do laboratório de química com base em uma análise sistemática do grau de periculosidade de cada resíduo gerado, conforme a ABNT NBR 10004:2004, quanto a classificação de resíduos como perigosos (Classe I), não perigosos – não inertes (Classe II-A) e não perigosos – inertes (Classe II-B). Dividindo o processo em etapas técnicas: Identificação e Caracterização dos Resíduos (sólidos, líquido ou gasoso); Classificação do grau de periculosidade (inflamabilidade, corrosividade e toxicidade); Acondicionamento e Armazenamento Temporário; Registro e Controle (tipo, quantidade, responsável, destinação final);

Neutralizar os resíduos ácidos e básicos de acordo com normas técnicas, se torna uma etapa de tratamento prévio, antes de dar uma destinação final, diminuindo os riscos associados. De acordo com a ABNT NBR 10004:2004, faz-se a identificação e triagem dos resíduos a serem neutralizados (ácidos fortes e fracos, bases fortes e fracas), o procedimento técnico pode ser feito em capela de exaustão para neutralização de resíduos ácidos e resíduos básicos, faz-se também armazenamento e destinação da Solução Neutralizada e por fim será registrado em planilhas de controle.

Criar um local de armazenamento temporário que seja seguro é muito importante para garantir a integridade de todas as pessoas que ali circulam, do ambiente e da parte física do laboratório. Alguns requisitos técnicos importantes que devem estar presentes são: localização e acessibilidade, estrutura física, organização

interna, equipamentos de segurança no local, ventilação ideal e a documentação de tudo que estiver armazenado.

Armazenar os resíduos em recipientes padronizados e identificados, leva-se em consideração as normas e princípios de biossegurança. O objetivo é assegurar a integridade física dos operadores, prevenir acidentes laboratoriais e permitir o correto encaminhamento dos resíduos para tratamento ou destinação final, alinhando-se às metas do ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis**.** Algumas etapas devem ser feitas para o processo de armazenagem em recipientes: escolha dos recipientes, para cada tipo de resíduo; padrão de identificação e rotulagem (ABNT NBR 7500:2020) com o mínimo de informação necessária.

A formação dos usuários é elemento central para a consolidação de uma cultura de segurança e sustentabilidade. Estudos recentes indicam que programas contínuos de capacitação reduzem significativamente a ocorrência de acidentes laboratoriais e melhoram a adesão a protocolos ambientais (Silva; Oliveira, 2021).

Firmar Parcerias com instituições públicas e empresas licenciadas para coleta e destinação de resíduos perigosos, para isso deve-se fazer um mapeamento de empresas e instituições disponíveis que estejam aptas para a coleta e destinação de resíduos químicos perigosos, verificar se essas empresas são credenciadas e licenciadas, elaborar um protocolo técnico da instituição em forma de contrato com todas as cláusulas necessárias para dar amparo a seriedade do processo, a gestão da UEPA tem que estar presente nessa intermediação e por fim fazer o acompanhamento e monitoramento das parcerias ou contratos.

Parcerias possíveis para o andamento do processo, SEMAS – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará, Prefeitura Municipal de Cametá, através da Secretaria de Meio Ambiente, Empresas licenciadas que atuem no manejo de resíduos laboratoriais, outras universidades públicas, segundo Barbieri, (2016), facilitará o gerenciamento de resíduos.

5.7 Desenvolvimento das Rotas de Segregação

Com base no estudo realizado no laboratório de química, foi pensado em rotas de segregação para o melhor controle desses resíduos, conforme Philippi jr.; Aguiar, (2018). A seguir são apresentados quatro eixos:

Segregação inicial, nessa etapa é feita a separação imediata dos resíduos em seus grupos: ácidos e bases; solventes orgânicos; metais; resíduos não perigosos; e resíduos perfurocortantes. Esta etapa reduz significativamente o risco de reações indesejadas e melhora no tratamento de tais resíduos.

Tratamento prévio, esse eixo trata da neutralização de ácidos e bases, destilação simples para recuperação de alguns resíduos e precipitação de íons metálicos. Este método visa diminuir o custo da destinação final e a quantidade de resíduos enviados para empresas autorizadas, ressalta o que Silva; Oliveira, 2021, afirma em seus estudos.

Armazenamento temporário, nesse eixo são definidos a forma de como os resíduos ficaram armazenado até sua destinação final, é nesse momento que os resíduos devem estar identificados, com rótulo padrão para facilitar seu rastreio e diminuir falhas.

Reciclagem e Reuso, o último eixo é uma etapa importante para saber a rota que o resíduo vai ser direcionado, por exemplo, pelo estudo alguns resíduos poderão ser recuperados por destilação simples, assim reduzindo o impacto ambiental.

Com base no diagnóstico realizado no laboratório de Química, foram elaborados três fluxogramas representando as rotas ideais de segregação dos principais resíduos identificados. A construção desses fluxos operacionais está fundamentada na literatura contemporânea sobre gerenciamento de resíduos laboratoriais e nas diretrizes normativas brasileiras.

A literatura destaca que a representação gráfica dos processos por meio de fluxogramas contribui significativamente para a padronização de procedimentos, redução de falhas humanas e melhoria da rastreabilidade Barbieri (2016). Em ambientes laboratoriais acadêmicos, onde há rotatividade de usuários, instrumentos visuais de orientação são considerados ferramentas estratégicas de gestão.

Além disso, a organização das rotas de segregação está alinhada aos princípios estabelecidos na ABNT NBR 10004:2004, que determina a classificação dos resíduos como etapa inicial para definição de tratamento e destinação final.

O Fluxograma 2 (figura 21) foi desenvolvido a partir da análise das práticas observadas no laboratório, considerando as fragilidades identificadas no descarte de resíduos líquidos. A literatura atual reforça que resíduos ácidos e básicos figuram entre os principais efluentes gerados em laboratórios acadêmicos e, quando

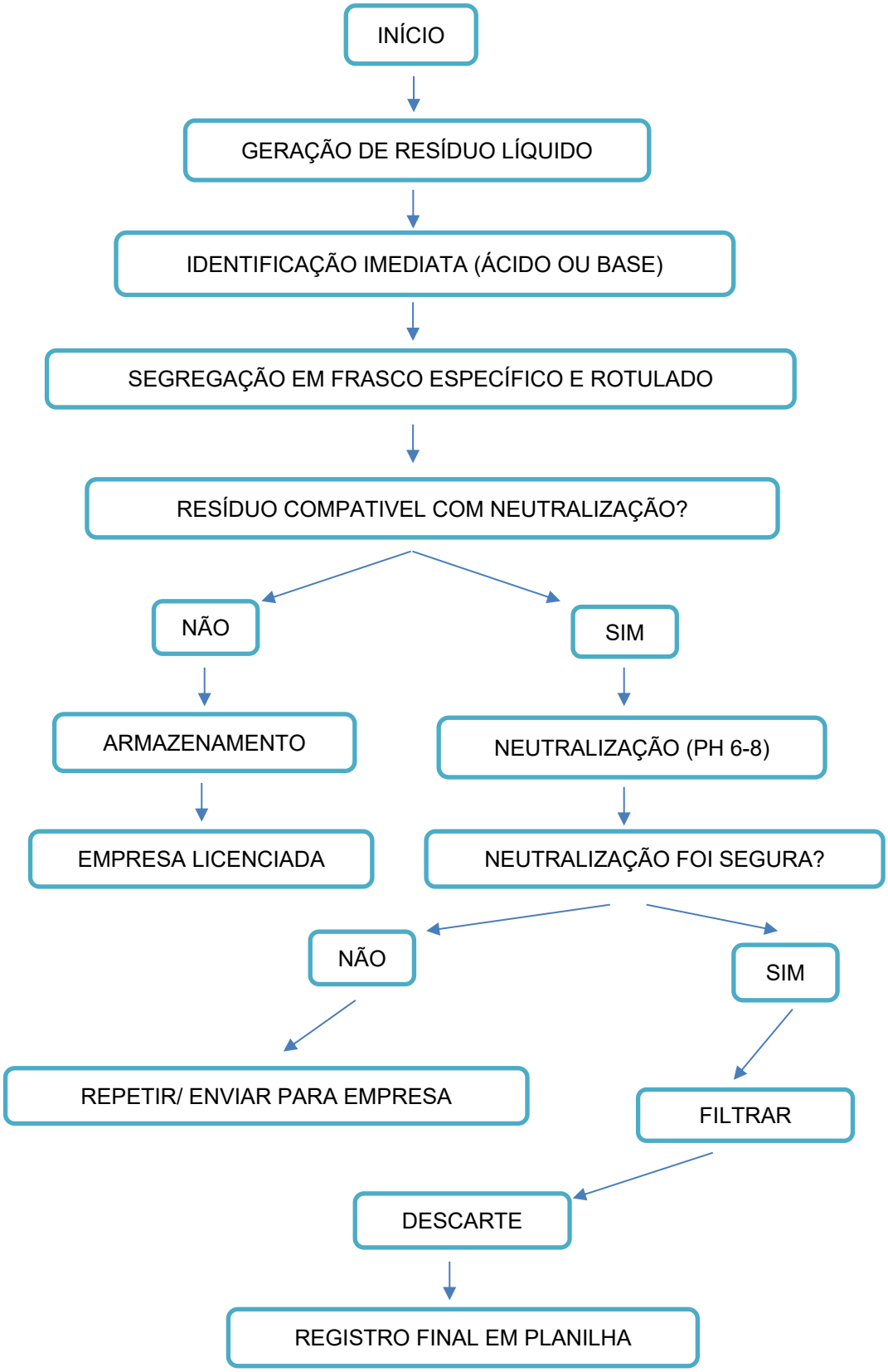
descartados inadequadamente, podem provocar impactos ambientais significativos (Jardim; Fadini, 2017).

A identificação imediata na fonte geradora é apontada pela literatura como etapa crítica para prevenção de acidentes. A ausência dessa prática favorece misturas incompatíveis, podendo resultar em reações exotérmicas ou liberação de vapores tóxicos.

A segregação deve ocorrer em recipientes compatíveis com a natureza química do resíduo, devidamente identificados conforme a ABNT NBR 7500:2020. A rotulagem adequada contribui para rastreabilidade e comunicação de risco.

A literatura técnica aponta que nem todos os resíduos ácidos e básicos podem ser neutralizados internamente, sendo necessária avaliação prévia quanto à concentração, presença de contaminantes e risco de reações secundárias (Philippi JR.; Aguiar, 2018).

Figura 21: Fluxograma da Rota de Segregação de Resíduos Líquidos (Ácidos e Bases)



Fonte: Autor (2026)

A identificação imediata na fonte geradora é apontada pela literatura como etapa crítica para prevenção de acidentes. A ausência dessa prática favorece misturas incompatíveis, podendo resultar em reações exotérmicas ou liberação de vapores tóxicos.

A segregação deve ocorrer em recipientes compatíveis com a natureza química do resíduo, devidamente identificados conforme a ABNT NBR 7500:2020. A rotulagem adequada contribui para rastreabilidade e comunicação de risco.

Quando o resultado é compatível com a neutralização, faz- se o controle (PH 6-8), um procedimento realizado em capela de exaustão, com monitoramento contínuo do pH e controle de temperatura. Caso a neutralização tenha sido segura, basta filtrar (quando houver precipitado), descartar conforme parâmetros legais e registrar em planilha de controle (volume, responsável, data e método). Caso não ocorra a neutralização, repetir o procedimento sob supervisão técnica ou encaminhar para empresa licenciada.

Agora se não for compatível com neutralização, fazer o armazenamento temporário em área adequada ou o encaminhamento para empresa licenciada.

Essa decisão está fundamentada na hierarquia da gestão prevista na Lei nº 12.305/2010, que prioriza tratamento interno quando tecnicamente viável, mas exige destinação ambientalmente adequada quando houver risco.

O fluxograma proposto representa avanço significativo em relação à prática anteriormente identificada de descarte direto na pia. A literatura recente enfatiza que a neutralização controlada reduz riscos de corrosão de tubulações, impactos em estações de tratamento e alterações de pH em corpos hídricos receptores (Jardim; Fadini, 2017).

Sob a perspectiva dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, essa rota contribui diretamente para o cumprimento da meta 12.4 do ODS 12 da Organização das Nações Unidas, ao assegurar manejo ambientalmente adequado de produtos químicos ao longo do ciclo de vida.

O diagnóstico realizado no laboratório de Química do Campus XVIII da Universidade do Estado do Pará evidenciou que os solventes orgânicos inflamáveis constituem uma das principais classes de resíduos gerados durante aulas práticas e experimentos. A literatura atual destaca que esses resíduos apresentam elevado risco

de inflamabilidade, toxicidade e volatilização, sendo frequentemente classificados como Classe I – Perigosos, conforme a ABNT NBR 10004:2004.

Nesse contexto, o Fluxograma 3 (figura 22) foi desenvolvido com base na hierarquia da gestão de resíduos e nos princípios da economia circular, priorizando recuperação e reuso sempre que tecnicamente viável.

A etapa inicial corresponde à geração do resíduo durante práticas laboratoriais.

A literatura técnica recomenda frascos de vidro âmbar para solventes orgânicos inflamáveis, pois reduzem degradação por luz e minimizam riscos de reação fotoquímica. Além disso, o recipiente deve ser compatível com o solvente armazenado, devidamente vedado para evitar volatilização.

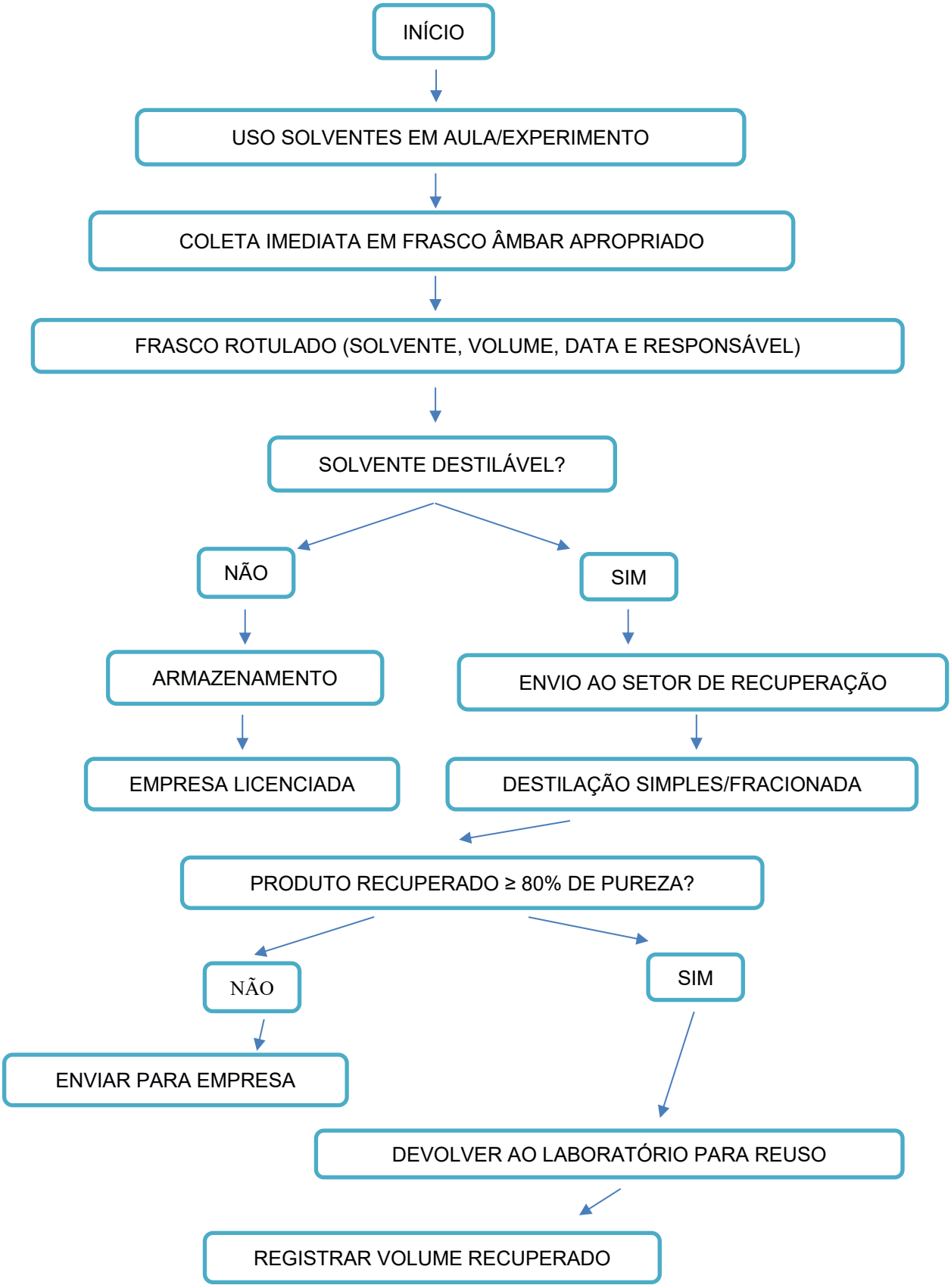
A rotulagem padronizada é exigência normativa conforme a ABNT NBR 7500:2020, garantindo comunicação de risco e rastreabilidade. Segundo a literatura, falhas na identificação são causas recorrentes de acidentes laboratoriais (Silva; Oliveira, 2021).

Na etapa decisória deste fluxograma, devemos definir se o solvente é destilável ou não. A destilação é amplamente reconhecida como método eficiente para recuperação de solventes orgânicos em laboratórios acadêmicos, reduzindo significativamente o volume destinado à incineração (Philippi JR.; Aguiar, 2018).

Caso não seja destilável, o solvente vai para o armazenamento adequado e posteriormente enviado para empresa licenciada. Essa medida está alinhada à Lei nº 12.305/2010, que determina a responsabilidade do gerador pela destinação ambientalmente adequada.

Já se o solvente for destilável, ele é enviado para o setor de recuperação e é realizado o processo de destilação simples ou fracionada conforme características do solvente. Após esse processo, analisa-se o produto se ele foi recuperado ≥ 80%. Se NÃO atingir ≥ 80% são encaminhados para empresa licenciada, se atingir ≥ 80%, o produto é devolvido ao laboratório para reuso e ao final é registrado o volume recuperado em planilha de controle.

Figura 22: Fluxograma da Rota de Segregação de Solventes Orgânicos Inflamáveis



Fonte: Autor (2026)

Estudos recentes indicam que programas de recuperação de solventes podem reduzir de 30–50% o volume de resíduos orgânicos enviados para incineração em instituições de ensino superior (Freire *et al*., 2020).

O diagnóstico realizado evidenciou que os resíduos sólidos gerados incluem materiais perfurocortantes, embalagens contaminadas, vidro quebrado, papel, plástico e resíduos comuns. A ausência de segregação sistemática observada inicialmente reforça a necessidade de rotas estruturadas que integrem critérios de risco, potencial de reciclagem e conformidade normativa.

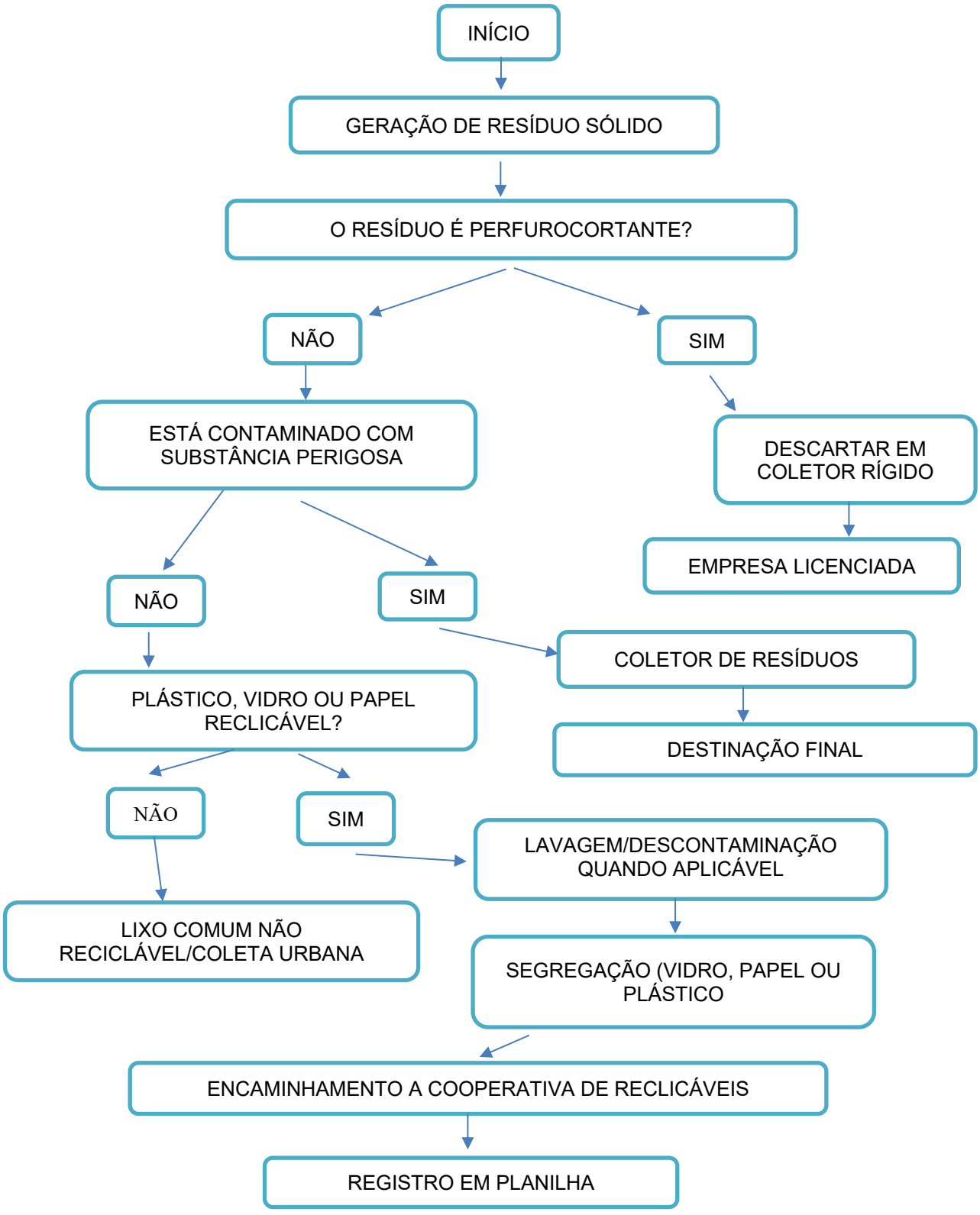
Conforme a PNRS a gestão adequada de resíduos sólidos em ambientes laboratoriais deve obedecer à hierarquia da não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final.

A implementação do Fluxograma 4 (figura 23) de segregação de resíduos sólidos no laboratório, representa um avanço importante para a organização e o controle do gerenciamento de resíduos laboratoriais. O processo inicia com a geração do resíduo sólido, etapa inerente às atividades experimentais de ensino e pesquisa, nas quais são utilizados diversos materiais, como vidro, plástico, papel e utensílios laboratoriais descartáveis.

Segundo Arlindo Philippi Jr. e Paulo Aguiar (2018), a gestão adequada de resíduos em instituições de ensino e pesquisa deve priorizar a segregação na fonte geradora, pois essa prática reduz significativamente os riscos de contaminação, facilita o tratamento e contribui para a destinação final ambientalmente adequada. Nesse sentido, o fluxograma proposto apresenta como primeiro ponto de decisão a identificação de resíduos perfurocortantes, que representam um risco potencial à saúde dos usuários do laboratório.

Quando o resíduo é classificado como perfurocortante, o procedimento orienta o descarte imediato em coletor rígido apropriado, seguido do encaminhamento para empresa licenciada para tratamento e disposição final.

Figura 23: Fluxograma da Rota de Segregação de Resíduos Sólidos e Materiais Recicláveis



Fonte: Autor (2026)

No caso de resíduos não perfurocortantes, o fluxograma orienta a verificação de contaminação por substâncias perigosas. Caso o material esteja contaminado, ele deve ser encaminhado para coletor específico de resíduos, com posterior destinação por empresa especializada. Essa prática está alinhada aos critérios de classificação estabelecidos pela ABNT NBR 10004 e às diretrizes da PNRS, que estabelece princípios para o gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos.

Quando não há contaminação, o fluxograma propõe a avaliação do potencial de reciclagem do material, identificando resíduos como plástico, vidro ou papel reciclável.

Caso o resíduo não seja reciclável, ele é encaminhado para o lixo comum não reciclável, sendo destinado à coleta urbana municipal. Por outro lado, quando o resíduo apresenta potencial de reciclagem, o fluxograma estabelece etapas de lavagem ou descontaminação quando necessário, seguidas da segregação por tipo de material (vidro, papel ou plástico). Após essa etapa, os materiais podem ser encaminhados para cooperativas de recicladores, fortalecendo a cadeia da reciclagem e promovendo benefícios ambientais e sociais.

Nesse contexto, a participação de cooperativas no sistema de gestão de resíduos contribui para a inclusão socioeconômica e para o aumento da eficiência dos programas de reciclagem, o que afirma (Ramos, 2021).

Além disso, o fluxograma prevê o registro das informações em planilhas de controle, etapa essencial para o monitoramento da geração e destinação dos resíduos. Para Pacheco (2020), a documentação sistemática dos fluxos de resíduos permite a construção de indicadores ambientais e contribui para o aprimoramento contínuo das práticas de gestão ambiental em laboratórios acadêmicos.

Essas práticas também dialogam diretamente com os princípios estabelecidos pela ODS 12, que busca assegurar padrões sustentáveis de produção e consumo, incentivando a redução, reutilização e reciclagem de resíduos.

Dessa forma, a adoção do Fluxograma 4 demonstra que a implementação de procedimentos estruturados de segregação, descontaminação, reciclagem e registro contribui significativamente para o fortalecimento do gerenciamento sustentável de resíduos sólidos no laboratório de química da universidade. Além de reduzir riscos ambientais e ocupacionais, essas práticas também promovem a formação de estudantes mais conscientes em relação à responsabilidade socioambiental.

6. CONCLUSÃO

Partindo da análise das práticas atuais realizadas pelas disciplinas dos cursos, TCCs, dentre outras e da identificação dos resíduos produzidos, foi possível verificar a falta de gerenciamento residual do laboratório, no que diz respeito à segregação, armazenamento, classificação e destinação final.

Os dados analisados mostraram que a maior parte dos resíduos gerados no laboratório são líquidos perigosos, da Classe I, o que leva a crer que deve ser criada urgentemente medidas adequadas para solução do problema. A falta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ), a falta de um local físico para armazenar os resíduos e o desconhecimento das normas pelos usuários do laboratório são pontos críticos que comprometem a segurança ambiental e a saúde das pessoas.

Algumas ações foram propostas depois dos resultados das análises, tais ações devem estar ligadas às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e aos princípios da Química Verde. A implementação de um sistema de segregação e identificação de resíduos, a capacitação e as parcerias merecem destaque no assunto.

O desenvolvimento e aplicação de estratégias sustentáveis para o gerenciamento de resíduos no Laboratório de Química da UEPA – Campus XVIII, em Cametá, mostra a viabilidade de alinhar as práticas acadêmicas às metas globais do desenvolvimento sustentável. As metas do ODS 12 não apenas fortalecem a responsabilidade ambiental da instituição, como também forma profissionais mais conscientes e preparados para atuar com responsabilidade socioambiental. Dessa forma, a universidade cumpre seu papel social e ambiental, contribuindo para a formação de uma cultura sustentável no ensino superior.

Assim, esse trabalho nos deu um diagnóstico situacional dos resíduos do laboratório e nos mostrou subsídios práticos para construir o gerenciamento sustentável de resíduos químicos. Para futuros trabalhos recomenda-se uma análise comparativa entre a situação atual do laboratório e a situação após as recomendações discutidas no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ALSEBI, M. *et al*. Green chemistry principles and sustainable laboratory practices: recent advances and applications. **International Journal of Chemical and Environmental Science**, v. 12, n. 2, p. 45–59, 2024.

ALVARES, T. C. C. *et al*. Gerenciamento ambiental de resíduos provenientes de laboratórios do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 1, p. e0313144627–e0313144627, 1 jan. 2024.

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry**: Theory and Practice. New York: Oxford University Press, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7500:2020/Em1:2021**: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005:2004** – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006:2004** – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007:2004** – Amostragem de resíduos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17100-1**: Gerenciamento de resíduos - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2023

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BIANCHINI, F.; VIEIRA, R. S. Gestão de resíduos em laboratórios universitários: uma abordagem baseada na PNRS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 54–68, 2020.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 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 República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 18 dez.2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos

serviços de saúde e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 84, 4 maio 2005. Seção 1, p. 63-65.

CRUZ, G. R.; SOUSA, P. H. L.; OLIVEIRA, M. S. Economia circular como alternativa à economia linear: desafios e contribuições à sustentabilidade. **Revista de Estudos e Pesquisas Avançadas do Terceiro Setor**, v. 10, n. 2, p. 45-63, 2024. Disponível em: https://revistas.unisinos.br/index.php/RECHTD/article/view/27130. Acesso em: 5 jun. 2025.

DIAS, S. M. F. *et al*. **Gestão de resíduos químicos em instituições de ensino superior.** 2015.

DIAS, S. M. **Gestão ambiental de resíduos em instituições de ensino superior: desafios e perspectivas**. São Paulo: Ed. Universitária, 2021.

FERREIRA, C. S.; VIEIRA, L. M.; MARTINS, R. A. A contribuição das universidades brasileiras para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): estudo exploratório. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional (G&DR)**, v. 17, n. 3, p. 119–137, 2021. DOI: https://doi.org/10.54399/gdr.v17i3.6475

FREESE, A. *et al*. Sustainable laboratory practices: integrating environmental management and green chemistry in academic institutions. **Journal of Cleaner Production**, v. 423, p. 138765, 2024. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.138765.

FREIRE, Maria Tereza de Alencar *et al*. Gestão de resíduos químicos em laboratórios universitários: desafios e perspectivas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 112–128, 2020.

GIOVANNI, C.; MARQUES, F. L. N.; GÜNTHER, W. M. R. Resíduos químicos laboratoriais: classificação de perigo pelo GHS e risco no transporte. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 102, 8 dez. 2021.

ISO 14001:2015. Environmental management systems - Requirements with guidance for use.

JARDIM, Wilson F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 671–673, 1998. DOI: 10.1590/S0100-40421998000500020.

JARDIM, Wilson F.; FADINI, Patrícia S. Gestão e tratamento de resíduos químicos laboratoriais. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 5, p. 576–584, 2017.

JONES, T. L. *et al*. Promoting sustainability in nursing and midwifery clinical laboratories: Strategies for resource reduction, reuse, and recycling. **Jornal Elsevier,** 22 jan. 2024.

KANNAN, D. *et al*. Smart waste management 4.0: The transition from a systematic review to an integrated framework. **Waste Management**, v. 174, p. 1–14, 15 fev. 2024.

LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental e a formação de sujeitos ecológicos**. São Paulo: Cortez, 2006.

LEAL FILHO, Walter; SHIEL, Chris; PAÇO, Arminda *et al*. Sustainable development goals and sustainability teaching at universities: falling behind or getting ahead of the pack? **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p. 285–294, 2019.

MACHADO, R. **Normatização e gerenciamento de produtos químicos e resíduos laboratoriais no IFRN**. 29 mar. 2023.

MEDEIROS, J. L. *et al*. Sustentabilidade em laboratórios universitários: estudo de caso em uma universidade pública. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 18, n. 69, p. 45–59, 2019.

MEIRELES, R. R. *et al*. Avaliação de Impactos Ambientais dos Resíduos Sólidos na Universidade do Estado do Pará, Campus V - CCNT. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 3, p. 1336–1351, 13 jun. 2022.

MOREIRA. Maria S. **Estratégia e implementação do sistema de gestão ambiental** (Modelo ISO 14001: 2004). Nova Lima: Editora FALCONI, 2013.

OJURI, O. O. *et al*. Sustainable integrated solid waste management for a university campus - A case study of the Federal University of Technology Akure (FUTA), Nigeria. **Jornal Elsevier.** 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, A. R.; LIMA, F. M. Inserção da Química Verde na formação docente: desafios e perspectivas. **Revista de Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, 2024.

OLIVEIRA, M. S.; SILVA, J. F. A Química Verde como ferramenta na redução de resíduos laboratoriais: uma revisão. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 22, n. 87, 2022.

ONU – Organização das Nações Unidas. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12: consumo e produção responsáveis. 2015.

PACHECO, José Augusto. **Gestão ambiental em instituições de ensino superior**. Rio de Janeiro: Interciência, 2020.

PAVÃO, R. S. **Sustentabilidade em aulas experimentais de química:** desafios e perspectivas no gerenciamento de resíduos. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2025.

PINTO, A. C.; PEDROSO, M. F.; VIEIRA, P. C. **Resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa.** 2009.

PHILIPPI JR., Arlindo; AGUIAR, Alexandre. **Resíduos sólidos: gestão e sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2018.

RAMOS, Maria Tereza. **Economia circular e gestão de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2021.

RIBEIRO, M. A. *et al*. **Caracterização de resíduos químicos em laboratórios universitários.** 2017.

ROHRICH, Sabrina Silva; TAKAHASHI, Adriana Roseli Wünsch. Sustainability in higher education institutions: a systematic review of the literature**. Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 804–817, 2019.

RUBACK, L. S; OLIVEIRA, M. N. de; MACHADO, V. S. Gerenciamento de resíduos sólidos em instituições de ensino superior – uma revisão bibliográfica. 2020.

SADAT, S.; KARIMI, M. Laboratory waste management challenges and sustainable solutions: a review. **Environmental Research and Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 015002, 2025. DOI: 10.1088/2515-7620/XXXXXX.

SANTOS, J. A.; LIMA, F. B**.** A Agenda 2030 e os ODS no contexto das universidades públicas brasileiras. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 11, n. 1, p. 105–123, 2021. DOI: https://doi.org/10.5102/rbpp.v11i1.7184

SANTOS, L. R.; ROCHA JÚNIOR, A. Gestão de resíduos químicos em laboratórios universitários: análise crítica e perspectivas sustentáveis. **Revista Virtual de Química**, v. 16, n. 1, p. 1–18, 2024. DOI: 10.21577/1984-6835.202400XX.

SILVA, A. P.; OLIVEIRA, R. C. Aplicação da Química Verde em laboratórios universitários: revisão e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 47, n. 3, p. 23–32, 2020.

SILVA, P. R. da; MENDES, A. R.; COSTA, M. H. da. Sustentabilidade e Educação: os desafios da integração dos ODS na gestão universitária. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 21, n. 81, 2023. Disponível em: https://www.revistaea.org Acesso em: 06 jun. 2025.

SILVA, Renato A.; OLIVEIRA, Carla M. Implementação do programa 5S em laboratório universitário: impactos na redução de desperdícios. ***Revista Brasileira de Gestão Ambiental***, Recife, v. 15, n. 2, p. 45–60, 2021.

SILVA, T. A.; CAMPOS, R. Gestão de resíduos sólidos e a responsabilidade compartilhada: reflexões sobre a PNRS. **Revista Direito e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 92–107, 2017.

SOUSA, D. S. DE *et al*. Descarte E Gerenciamento De Resíduos No Laboratório Didático De Química: Um Estudo De Caso. **Cadernos de Ensino, Ciências & Tecnologia**, v. 2, n. 4, p. 9–16, 2021.

SOUZA, A. P.; LOPES, H. R. Diagnóstico da gestão de resíduos em laboratórios acadêmicos de universidades públicas brasileiras. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências Ambientais**, v. 15, n. 2, 2020.

SOUZA, P. R. *et al*. Waste management in laboratory environments: risks, regulatory challenges and sustainable strategies. **Waste Management & Research**, v. 43, n. 2, p. 145–158, 2025. DOI: 10.1177/0734242X25XXXXXX.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção, São Carlos**, v. 13, n. 3, p. 503–515, 2006. DOI: 10.1590/S0104-530X2006000300012.

TAVARES, Ana Paula S.; SOUZA, Ricardo L.; ALMEIDA, Carla F. Gestão de resíduos químicos em laboratórios de ensino superior: desafios na implementação de práticas sustentáveis. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n. 52, p. 85–98, 2019.

VALENCIA, A.; ZHANG, W.; CHANG, N.-B. Sustainability transitions of urban food-energy-water-waste infrastructure: A living laboratory approach for circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 177, p. 105991, 1 fev. 2022.

VERGANI, F. Higher education institutions as a microcosm of the circular economy. **Jornal Elsevier.** 4 jan. 2024

ANEXOS

ANEXO A – Lei nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos

https://bibliotecadigital.gestao.gov.br/bitstream/123456789/553/1/L12305_RS.pdf

ANEXO B – Resolução CONAMA nº 358/2005

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=453

ANEXO C – Norma ABNT NBR 10004

https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf

ANEXO D – Norma ABNT NBR 7500

https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-7500-03-Transporte-de-Produto-Perigoso.pdf

ANEXO E – Norma ABNT NBR 12235

https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-12235-1992-armazenamento-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-perigosos.pdf

ANEXO F – Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ)

https://ww3.icb.usp.br/wp-content/uploads/2019/11/Parte4_NBR_14725-4-2009.pdf

https://ufubr-my.sharepoint.com/personal/lfmartins_ufu_br/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Flfmartins%5Fufu%5Fbr%2FDocuments%2FFISPQ%2FFISPQ%5Fs&ga=1

ANEXO G – Registro fotográfico do laboratório
Fotos utilizadas para ilustrar:

- **organização após aplicação do 5S**

Epc (equipamento de proteção coletiva)



Fonte: Autor (2026)

Armários organizados e identificados



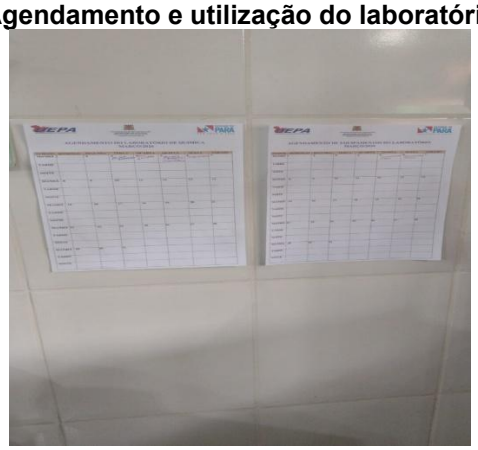
Fonte: Autor (2026)

Sala de reagentes



Fonte: Autor (2026)

Agendamento e utilização do laboratório



Fonte: Autor (2026)

Separação de resíduos de laboratório



Fonte: Autor (2026)

ANEXO H – Normas institucionais de segurança em laboratório

https://www.ifsc.edu.br/documents/36005/1091155/Manual-de-Seguran%C3%A7a-e-Boas-Pr%C3%A1ticas-Laborat%C3%B3rios-do-IFSC-aprovado-em-Colegiado.pdf/ae1c0bef-4dbe-4816-b06e-69754e6a1b6f

ANEXO I – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

https://www.gov.br/culturaviva/pt-br/biblioteca-cultura-viva/documentos-e-publicacoes/cartilhas/nacoes-unidas-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-agenda-2030.pdf

ANEXO J – Modelo de rótulo para resíduos químicos

file:///C:/Users/Lab_Alimentos_Uepa/Downloads/ANEXO_XIV__MODELO_DE_ETIQUETAS_DE_IDENTIFICACAO-1.pdf

APÊNDICES

APÊNDICE A - Inventário das atividades laboratoriais geradoras de resíduos químicos

Este inventário foi elaborado a partir do mapeamento das atividades desenvolvidas no Laboratório de Química do Campus XVIII da UEPA, considerando aulas práticas, atividades de pesquisa e procedimentos de limpeza e descarte de reagentes.

Inventário das atividades laboratoriais desenvolvidas.

Atividade/Experimento	Curso	Reagentes Utilizados	Tipo de Resíduo Gerado	Estado Físico
Titulação ácido-base	Lic. em Química	HCl, NaOH, indicadores	Líquido inorgânico	Líquido
Determinação de pH	Tec. em Alimentos	Soluções tampão	Líquido inorgânico	Líquido
Preparo de soluções	Lic. em Química	Sais, água destilada	Líquido inorgânico	Líquido
Limpeza de vidrarias	Ambos	Detergente, água	Efluente líquido	Líquido
Reagentes vencidos	Ambos	Diversos	Resíduo químico perigoso	Variável

Fonte: Autor (2026)

APÊNDICE B - Roteiro de observação sistematizada do laboratório de química

Este roteiro foi utilizado durante a observação direta das atividades laboratoriais.

Observação das atividades realizadas no laboratório.

Item Avaliado	Descrição/Condição Observada
Tipo de atividade (ensino/pesquisa)	
Uso de EPIs	( ) Adequado ( ) Parcial ( ) Inadequado
Segregação de resíduos	( ) Adequada ( ) Inadequada
Identificação dos recipientes	( ) Presente ( ) Ausente
Condições de armazenamento	( ) Adequadas ( ) Inadequadas
Conformidade com normas	( ) Sim ( ) Não
Observações do pesquisador	

Fonte: Autor (2026)

APÊNDICE C - Modelo de etiqueta para identificação de resíduos químicos

Etiqueta adotada para os recipientes de resíduos químicos.

Produto: _____

Concentração: _____

Responsavel: _____

Curso: _____

Data: _____

Outras informações: _____

Fonte: Autor (2026)

APÊNDICE D - Checklist de aplicação da metodologia 5s no laboratório de química

Lista de aplicação do 5S.

Seiri – Senso de Utilização
( ) Reagentes vencidos identificados
( ) Materiais desnecessários removidos
( ) Inventário químico atualizado

Seiton – Senso de Ordenação
( ) Armazenamento por classe de risco
( ) Frascos devidamente etiquetados
( ) Áreas de descarte sinalizadas

Seisō – Senso de Limpeza
( ) Rotina de limpeza definida
( ) Vidrarias higienizadas corretamente

Seiketsu – Senso de Padronização
( ) Manual de boas práticas disponível
( ) Procedimentos de descarte padronizados

Shitsuke – Senso de Disciplina
( ) Capacitação de bolsistas
( ) Acompanhamento contínuo das práticas
Fonte: Autor (2026)

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Recursos Naturais e Sustentabilidade na Amazônia PPGTEC – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
http://ccnt.uepa.br/ppgtec/