

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM
LABORATÓRIOS QUÍMICOS**

Daniele Alves Sodó

Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Discente
das19@aluno.ifal.edu.br

**Carlos Henrique Salgueiro
Ferreira**

Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Discent
e
chsf1@aluno.ifal.edu.br

**Fernando Ricardo dos
Santos**

Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Discent
e
frsn1@aluno.ifal.edu.br

Ermesson Lima dos Santo

Universidade Federal de
Alagoas
Discente
ermessonlimadossantos@gmail.com

Elisangela Costa Santos

Instituto Federal de Alagoas
Docent
e
elisangela.santos@ifal.edu.br

Marina de Magalhães Silva

Instituto Federal de Alagoas

Docent

e

marina.magalhaes@ifal.edu.br

Resumo

O gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa é essencial para evitar danos ambientais e riscos à saúde. A falta de um plano adequado pode levar a contaminação do solo, águas subterrâneas e até incêndios perigosos. Para abordar esse problema, um aplicativo interativo foi desenvolvido com o objetivo de orientar alunos e docentes sobre o tratamento correto dos resíduos químicos de laboratório. O projeto envolveu pesquisa bibliográfica, análise de campo e testes de métodos de tratamento, como neutralização e precipitação. O aplicativo mostrou-se eficaz na conscientização e no estabelecimento de métodos seguros de tratamento, contribuindo para minimizar impactos ambientais. Além disso, ações de conscientização foram realizadas para promover uma cultura de respeito ao meio ambiente. Apesar de desafios como o tempo limitado e recursos, o projeto enfatizou sua relevância para buscar soluções sustentáveis na área de química e meio ambiente. O aprimoramento contínuo das metodologias permitirá tratar uma maior diversidade de resíduos químicos no futuro.

Palavras-chaves: Gerenciamento de resíduos. Aplicativo. Tratamentos. Meio ambiente.

Introdução

A preocupação com o Meio Ambiente está cada vez mais presente nas discussões, nas proposições, nas políticas e no cotidiano da sociedade, e envolvem tanto as organizações (empresas, governos, instituições), quanto os mecanismos de controle social (regras, leis, costumes, entre outros). A Lei 2.350/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), constitui a partir de diretrizes modernas pois além de contemplar diretrizes no âmbito ambiental, também agrega políticas de responsabilidade e inclusão social e tem por objetivo evitar e prevenir a geração de resíduos sólidos.

Segundo a ABNT NBR 10004 (2004), resíduos sólidos são resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. A Periculosidade e toxicidade de um resíduo é decorrente da característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar.

As Instituições de ensino e pesquisa, são uma fonte relevante de geração de resíduos perigosos, que não se destacam pela quantidade, mas pela diversidade dos resíduos produzidos, principalmente em função da grande variedade de produtos, principalmente químicos, manipulados em seus laboratórios (PAGNO, V. et al., 2017).

Devido à sua atividade-fim (ensino/pesquisa), as universidades e institutos de pesquisa são isentos de licenciamento, o que não incentiva a adoção de PRÁTICAS CORRETAS DE GERENCIAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL desses resíduos (JARDIM, 1998). Observando os fatores, percebe-se que a implementação de um programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos torna-se essencial nessas instituições, pois os resíduos exigem, antes de tudo, uma mudança de atitude e, devido a isso, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer a reeducação e uma persistência contínua e coletiva (AFONSO et al., 2003). A falta desse tipo de iniciativa ocasiona outras necessidades para o Campus, que, devido à ausência desses processos de tratamento e de indivíduos para conduzir o gerenciamento, tem a necessidade de encaminhar estes resíduos para a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), onde são repassados a uma empresa que realiza esse tipo de tratamento, tornando-o terceirizado.

Com o intuito de fomentar o interesse dos discentes e docentes do Campus no gerenciamento completo dos resíduos químicos, englobando etapas como descarte, segregação e tratamento, é imperativo buscar uma solução tecnológica de caráter interativo e dinâmico. Essa solução deve ser capaz de aprimorar a experiência dos usuários, tornando o processo acessível e leve para quem o utiliza, ao mesmo tempo em que se consolida como uma forma de capacitar os futuros profissionais desse campo promissor.

Objetivos

Desenvolver um aplicativo que auxilie os alunos a obterem conhecimentos adequados e necessários para gerenciamento de resíduos de laboratório (segregação, descarte, tratamento, etc) de forma dinâmica e intuitiva, além de disponibilizar os métodos mais acessíveis para tratamento desses resíduos no próprio laboratório, evitando assim, o acúmulo e a ocupação de espaço no ambiente.

MÉTODOS

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica em artigos do google acadêmicos e livros para a compreensão geral sobre o gerenciamento dos resíduos químicos e suas fases. Em seguida, uma análise de campo foi realizada a fim de averiguar a situação da instituição. Aplicou-se também um questionário, enviado para 11 professores, com objetivo de coletar informações sobre a aplicação de gerenciamento por parte dos docentes. O questionário continha 6 questões de fácil compreensão, descritas abaixo:

1. Qual a disciplina em que atua como docente?
2. Quais são os reagentes mais utilizados durante suas práticas?

3. Quais são os resíduos mais produzidos após estas práticas? Em quais recipientes estes resíduos são colocados?
4. Os resíduos citados acima são rotulados? Se sim, como é realizada a rotulagem? Há um padrão?
5. Quais os métodos de tratamento que você utiliza?
6. Caso possua algum protocolo das reações e tratamentos, anexe aqui:

A partir disso, foi feita a pesquisa bibliográfica para a coleta de dados que visa direcioná-los para o aplicativo de forma segura e verificada, como; os métodos de tratamento, descarte e segregação

Os métodos de tratamento:

Com os levantamentos de dados realizados, foi observado os resíduos mais gerados pelos docentes, e assim, foi decidido iniciar os primeiros testes com tratamentos a partir dos resíduos mais abundantes e mais utilizados, ou seja, Hidróxido de Sódio e Ácido Clorídrico (NaOH e HCl respectivamente), e posteriormente, os testes para tratamento de Nitrato de Prata (AgNO_3) e soluções de Iodo (I_2) e Tiosulfato de Sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

- Tratamento 1: Neutralização do Hidróxido de Sódio e Ácido Clorídrico

Para o tratamento dos resíduos de Hidróxido de Sódio e Ácido Clorídrico foi aplicado o tratamento de neutralização que consiste na adição de um ácido em uma base ou vice-versa, o que pode se ver bastante em práticas como descritas por Müller e Pires (2016), logo, um resíduo foi utilizado para neutralizar o outro. Como a solução estava muito ácida, foi preciso adicionar pequenas quantidades de Hidróxido de Sódio PA (hidróxido de sódio puro) para assim neutralizar o meio. Utilizando um pHmetro digital e fitas de pH foi conferido o pH da solução. E em seguida, visto que o resíduo estava neutralizado (pH de aproximadamente 7) foi descartado na pia.

- Tratamento 2: Precipitação do Nitrato de Prata (metal pesado)

Para o tratamento de Nitrato de prata, foi feita a precipitação do metal por meio da adição de Cloreto Sódio, seguindo as orientações de Rosenbrock (2020), além disso foi feita a neutralização desse metal adicionando Hidróxido de Sódio diluído ($0,1 \text{ mol/L}$). Com o metal visualmente precipitado e conferindo o pH da solução por meio da utilização de um pHmetro digital e fitas de pH, a solução estava solução neutralizada (com o pH de aproximadamente 7), foi feita a filtragem do precipitado que poderia ser armazenado para uma futura reutilização, e foi realizado o descarte do resíduo líquido na pia.

- **Tratamento 3: Redução do Iodo com Tiosulfato de Sódio**

Para o tratamento dos resíduos de Iodo e Tiosulfato de Sódio, foi conduzido um processo de reação ao misturar a solução de tiosulfato com a solução de Iodo. A quantidade de tiosulfato utilizada foi ajustada de acordo com a quantidade de Iodo presente no resíduo, foi utilizado a proporção de 100 mL de solução de resíduo de Iodo para 50 mL de Tiosulfato de Sódio, embora as concentrações exatas dessas soluções fossem desconhecidas. O procedimento foi realizado com cautela, utilizando uma espátula ou bastão de vidro para garantir uma mistura homogênea e segura.

O tiosulfato de sódio atuou como agente redutor, convertendo o Iodo em íons iodeto, os quais são incolores. Devido a essa reação de redução, a solução resultante tornou-se incolor, o que a torna apropriada para descarte através do sistema de esgoto, em conformidade com as práticas adequadas de descarte de resíduos químicos. A metodologia do Iodo escolhida é comumente utilizada em experiências de padronização, como por exemplo a descrita pelo autor Andrade (2022), em: Determinações Iodométricas, é importante ressaltar que houve algumas diferenças, visto que o nosso foco é o descarte.

É de extrema importância enfatizar que não é adequado fornecer um passo a passo com proporções específicas para o tratamento de resíduos químicos, especialmente quando não se dispõe de informações precisas sobre as quantidades e concentrações dos materiais envolvidos. No contexto dos laboratórios, onde os resíduos muitas vezes não possuem rótulos que forneçam informações concretas, essa abordagem torna-se ainda mais arriscada. A manipulação inadequada de produtos químicos pode representar perigos significativos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. Portanto, é imprescindível buscar orientação especializada e adotar procedimentos seguros ao lidar com resíduos químicos, a fim de garantir a proteção de todos os envolvidos e a minimização de impactos ambientais.

- **Segregação:**

Já em relação à segregação, que consistiu na separação dos resíduos de acordo com suas propriedades químicas, seus riscos, sua composição química e os responsáveis pela produção, grande parte dos resíduos presentes nos laboratórios da instituição foram empregados rótulos padrões que contém o Diagrama de Hommel e outras informações essenciais. Além disso, houve a implantação de uma caixa de rótulos nos 3 laboratórios contendo cerca de 20 rótulos para serem usados por docentes ou discentes.

- **Conscientização:**

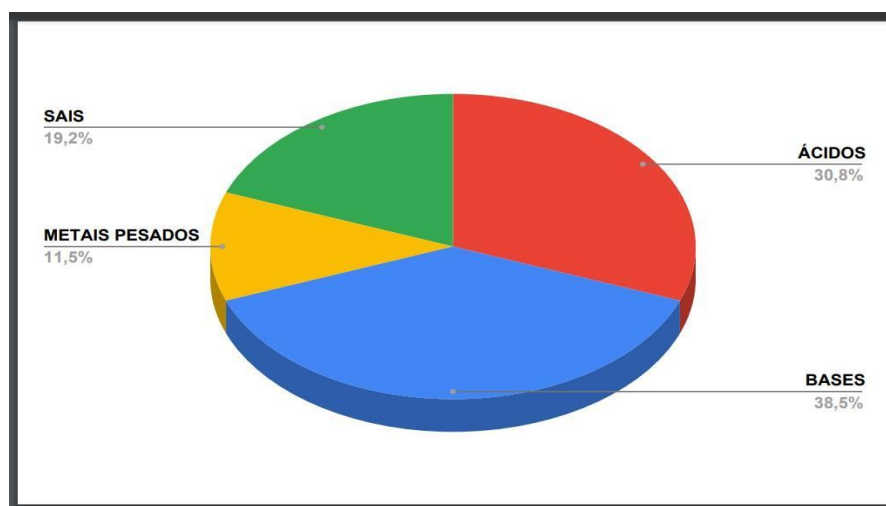
Além disso, cabe destacar que foi criado um perfil no Instagram para divulgar informações sobre o gerenciamento de resíduos e conscientizar discentes e docentes sobre sua importância. As postagens abordam diversos aspectos do tema. Também realizou-se uma oficina durante o Dia do Químico, onde os participantes aprenderam a tratar resíduos de ácido clorídrico e hidróxido de sódio. Os resíduos que possuísem pH de aproximadamente 7, livres de metais pesados e devidamente tratados poderiam ser descartados na pia (CONAMA 430, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do projeto, constatou-se um progresso significativo no estabelecimento de métodos para o tratamento de resíduos químicos. foi testado um método de tratamento de iodo com tiosulfato, representando uma abordagem química eficiente e segura para a neutralização deste componente. este processo de mitigação de danos ambientais foi integrado ao aplicativo em desenvolvimento, apresentando-se como uma ferramenta valiosa para o manejo de resíduos químicos.

É de suma importância enfatizar que os tratamentos realizados foram ajustados de acordo com a demanda dos resíduos químicos que se encontravam em maior abundância na instituição de ensino, como mostrado no Figura 1.

Figura 1 - Quantitativo de Resíduos Químicos na Instituição



Fonte: Próprio Autor (2023).

Como visto na Figura 1, há uma grande quantidade de ácidos e bases, o que acaba tornando o tratamento de neutralização o mais viável, é tanto, que só por meio desse método foi possível tratar 8 Litros de ácido e 15 Litros de base.

Dado o contexto específico da instituição, a diversidade de resíduos químicos era limitada. Assim, os procedimentos de tratamento foram direcionados para atender às

necessidades predominantes dos resíduos presentes. Esse enfoque personalizado garantiu a eficiência do tratamento e permitiu o gerenciamento responsável dos resíduos, minimizando quaisquer impactos potenciais ao meio ambiente, mas não é apropriado fornecer um passo a passo que envolve proporções específicas para o tratamento de resíduos químicos sem ter informações precisas sobre as quantidades e concentrações dos materiais envolvidos. A manipulação inadequada de produtos químicos pode ser perigosa e potencialmente causar danos à saúde ou ao meio ambiente

Houve ainda a oportunidade de iniciar um relevante processo de conscientização, por meio de uma oficina realizada no dia do químico. Nesta ocasião, ensinou-se a um público diversificado a realização do tratamento de neutralização de resíduos químicos. Foi proferida uma palestra acerca do armazenamento adequado e acondicionamento dos resíduos, destacando-se temas críticos relativos à segurança e à manutenção ambiental.

Visando ampliar ainda mais a conscientização sobre o tema, foram dispostos caixas com rótulos e cartazes em todos os laboratórios, ressaltando a importância de um manejo correto de resíduos químicos. Todas essas ações se propõem a fomentar uma cultura de respeito e responsabilidade ambiental, no que tange ao manejo de substâncias químicas e à disposição de resíduos.

Verificou-se a necessidade de dar continuidade ao desenvolvimento do aplicativo, dada a sua utilidade no manejo de resíduos químicos, a referida ferramenta possui potencial para orientar indivíduos acerca do tratamento adequado de resíduos, atenuando possíveis danos ao meio ambiente e à saúde humana.

No que diz respeito às dificuldades encontradas, destaca-se a escassez de tempo e a limitação de resíduos que podem ser tratados com os materiais e condições disponíveis. Reconhece-se o tempo como um recurso limitado, demandando uma gestão eficiente para o alcance dos objetivos. Em relação à limitação de resíduos, observou-se a necessidade de expandir os métodos de tratamento para contemplar uma gama maior de resíduos químicos.

Tais desafios evidenciam a relevância do projeto em questão e a necessidade de aprimoramento constante das metodologias e recursos. Isso permitirá o tratamento eficaz de uma maior diversidade de resíduos químicos no futuro, colaborando ainda mais para a segurança e preservação ambiental.

Para o desenvolvimento do aplicativo moderno e funcional para gerenciamento de resíduos químicos no laboratório, utilizou-se o framework React Native e a linguagem de programação JavaScript. Utilizou-se também o software de design gráfico Figma para modelar o aplicativo, desde a elaboração dos protótipos de tela até a versão final. O Figma permitiu criar um design visualmente atraente e funcional do aplicativo, garantindo uma experiência do usuário otimizada. Também utilizou-se as informações coletadas na pesquisa de campo para garantir que o design do aplicativo atendesse às necessidades e expectativas dos usuários. Para armazenar e gerenciar dados em tempo real, utilizou-se o Firebase, uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos móveis, que permitiu uma integração perfeita com o aplicativo desenvolvido e a

implementação de recursos importantes, como autenticação de usuários, garantindo uma experiência mais completa e segura para os usuários do aplicativo. Com isso, o aplicativo desenvolvido se tornou uma ferramenta intuitiva e de fácil utilização para gerenciamento de resíduos químicos no laboratório, contribuindo para a melhoria da gestão de resíduos e a preservação do meio ambiente.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o projeto apresentou avanços significativos no tratamento de resíduos químicos, com destaque para o método de tratamento de iodo com tiosulfato e o método de neutralização dos resíduos de ácido clorídrico e hidróxido de sódio, que se mostrou eficiente e seguro para o tratamento desses componentes. A abordagem personalizada, focada nos resíduos mais abundantes na instituição, garantiu a eficácia do tratamento e contribuiu para minimizar potenciais impactos ambientais.

Além dos resultados práticos, o projeto também promoveu a conscientização sobre a importância do manejo adequado de resíduos químicos, através de oficinas, palestras e materiais informativos. Essas ações visam criar uma cultura de respeito e responsabilidade ambiental, promovendo a segurança e a preservação ambiental.

O desenvolvimento do aplicativo para gerenciamento de resíduos químicos mostrou-se uma solução moderna e funcional, utilizando tecnologias como React Native, JavaScript e Firebase. Esse aplicativo se tornou uma ferramenta valiosa para orientar os usuários no tratamento adequado de resíduos, ampliando ainda mais o impacto positivo do projeto.

Contudo, o projeto também enfrentou desafios, como a escassez de tempo e a limitação dos resíduos que poderiam ser tratados. Essas dificuldades ressaltam a importância de um aprimoramento contínuo das metodologias e recursos, visando ao tratamento eficaz de uma maior diversidade de resíduos químicos no futuro.

Em suma, o projeto demonstrou-se relevante e promissor para a gestão de resíduos químicos, destacando-se como uma iniciativa importante para a segurança, saúde humana e preservação ambiental. Com a contínua melhoria e expansão dos métodos de tratamento, espera-se que esse trabalho contribua de forma significativa para a busca de soluções sustentáveis na área de química e meio ambiente.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - Campus Penedo, pela oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI). Nossos agradecimentos especiais vão para as pesquisadoras orientadoras Elisângela Costa e Marina de

Magalhães, cuja orientação e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento do projeto de gerenciamento de resíduos em laboratórios químicos.

REFERÊNCIAS

ABNT. Resíduos sólidos – Classificação. NBR 10004. 2. ed. 2004.

ANDRADE, J. C. D. Determinações Iodométricas. Chemkeys, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-6, fev./2001. Disponível em:
<https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/chemkeys/article/download/9623/5043#:~:text=A%20iodometria%20%C3%A9%20um%20m%C3%A9todo,padronizada%20de%20tiossulfato%20de%20s%C3%B3dio>. Acesso em: 10 out. 2022.

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

BRASIL Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA.

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

MÜLLER, A. C.; PIRES, N. J. Procedimentos para gerenciamento de resíduos de caráter ácido, básico e solventes halogenados gerados no laboratório de Química-CEFET/Araxá. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, v. 1, n. 1, p. 17-25, dez./2016. Disponível

em:

<https://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2018/05/Ana-Cecilia-Muller.pdf> . Acesso em: 5 out. 2022

PAGNO, V.; SALAPATA, A.SCHMITZ, E. P. S.; CABRERA, L. C. Levantamento de resíduos de laboratórios, propostas de atividades experimentais e ações com foco em Química Verde. **ACTIO**, Curitiba, v.2, n. 2, p. 80-96, jul./set. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: 27 out. 2022.

ROSENBROCK, L. C. C. Procedimento de recuperação de prata dos experimentos de determinação de cloreto (método de Mohr): Sustentabilidade e Educação Ambiental na geração e tratamento de resíduos químicos. **UFSC**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 1-3, ago./2020. Disponível

em: <https://trqmc.paginas.ufsc.br/files/2020/08/procedimentos-operacionais-tratamento-prata.pdf> .

Acesso em: 27 set. 2020.