



FACULDADE DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Química
Licenciatura em Engenharia do Ambiente

ELABORAÇÃO DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE
RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A FACULDADE DE
ENGENHARIA- UEM

AUTOR:

Fumo, Domingas Suzana Alexandre

SUPERVISOR:

Prof. Doutor João Chidamoio, Eng^o.

Maputo, Abril de 2025

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Química
Licenciatura em Engenharia do Ambiente

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE GESTÃO INTEGRADA
DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A FACULDADE DE
ENGENHARIA- UEM**

Relatório submetido ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Engenharia do Ambiente.

AUTOR:

Fumo, Domingas Suzana Alexandre

SUPERVISOR:

Prof. Doutor João Chidamoio, Eng^o.

Maputo, Abril de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que a estudante finalista **Domingas Suzana Alexandre Fumo**, entregou no dia __/__/2024 as __ cópias do relatório do seu trabalho de licenciatura com referência: _____ intitulado:

ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A FACULDADE DE ENGENHARIA- UEM

Maputo, ____ de _____ de 20__

A Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro, sob minha honra, que o trabalho a seguir foi realizado com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e nas referências documentais citadas. Este trabalho é original e não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer grau ou em outro contexto, sendo o resultado do meu esforço individual.

Além disso, afirmo que este relatório não foi submetido a qualquer outra entidade ou instituição.

Estou plenamente ciente de que a inclusão de informações falsas ou a manipulação de dados neste relatório poderá ter consequências legais.

Maputo, Abril de 2025

A Autora

Domingas Suzana Alexandre Fumo

DEDICATÓRIA

À todos aqueles que de forma incondicional acreditaram no meu potencial, especialmente a minha mãe, Alice António Libombo, que tudo fez por mim, mesmo diante de tantas adversidades sempre esteve do meu lado me incentivando de forma incansável a lutar e batalhar pelos meus sonhos. As minhas irmãs, que me apoiaram em momentos difíceis e me incentivaram a não desistir dos meus sonhos e objectivos. À todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu me tornasse o que sou.

AGRADECIMENTOS

Embora a caminhada tenha sido longa e desafiadora, ao olhar para trás, percebo que Deus colocou em meu caminho pessoas maravilhosas que, de forma directa ou indirecta, me ajudaram a superar e vencer essa batalha.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela vida, pela saúde, pela minha família, e por derramar suas bênçãos sobre mim, dando-me determinação, força e coragem para enfrentar cada obstáculo durante a realização deste trabalho, culminando na conclusão da minha licenciatura.

Aos meus pais, Alice e Alexandre, e às minhas irmãs, Elisa e Jenn, que sempre me incentivaram a nunca desistir e a continuar lutando pela minha formação, expresso minha eterna gratidão. Ao meu namorado, Michael Cuna, pelo seu apoio incondicional e incentivo constante ao longo de todo o meu percurso académico, meu sincero agradecimento.

Ao meu amigo e explicador, Engenheiro Orlando Macuacua, e aos meus colegas de curso, com quem compartilhei intensamente esses cinco anos de formação, agradeço pelo companheirismo e pela troca de experiências que me fizeram crescer, tanto pessoalmente quanto profissionalmente, com um carinho especial por Isabel Tembe, Rosalina Valoi e Mourão Alberto pela amizade e suporte.

Um agradecimento especial ao meu supervisor, João Chidamoio, e ao CEISA, que proporcionaram todos os recursos necessários para a realização da minha monografia. Também sou profundamente grata à minha colega de estágio, Hermelinda Abasse, pelo companheirismo e pelas valiosas lições durante o processo de colecta de dados. Aos professores da Faculdade de Engenharia, agradeço pelas correções, orientações e ensinamentos que me ajudaram a melhorar continuamente e a desenvolver-me ao longo do curso.

Por fim, a todos que contribuíram, directa ou indirectamente, para a minha formação e para o enriquecimento do meu aprendizado, expresso meu mais sincero obrigado.

EPÍGRAFE

*“Não há desculpas para não tentar!
Onde você esta agora, não determina
onde você vai chegar!
Ninguém escreveu seu destino para você!
Você cria seu próprio futuro.”*

Barack Obama

RESUMO

Este trabalho propõe um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGRS) para a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), com o objectivo de melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nas actividades académicas e laboratoriais. A pesquisa começou com a caracterização dos resíduos produzidos nos diferentes departamentos, como DEQUI, DEMA, DECI e DEEL, identificando, classificando e quantificando as fracções. No DEQUI, o papel foi a fracção predominante (57%), seguido por resíduos orgânicos (18%) e metais (14%). Já nos outros departamentos, as composições variaram, destacando a presença de plástico, orgânicos e papel. O diagnóstico revelou deficiências no manejo dos resíduos, como a falta de segregação, armazenamento inadequado e descarte incorrecto. No que diz respeito aos resíduos laboratoriais, foi observado que muitos deles, incluindo produtos químicos perigosos, são descartados de maneira inadequada, sem tratamento prévio ou acondicionamento apropriado. Resíduos como óleos lubrificantes, solventes e reagentes são lançados directamente no solo ou na rede de esgoto, contribuindo para impactos ambientais severos. Para solucionar essas questões, foram propostas técnicas de tratamento de resíduos, como a segregação na fonte, onde cada tipo de resíduo é separado logo após ser gerado; o armazenamento temporário adequado, garantindo que os resíduos estejam devidamente acondicionados; a rotulagem dos resíduos perigosos, assegurando identificação clara; e o transporte seguro para destinação final, com empresas especializadas realizando a colecta de resíduos perigosos e electrónicos. O PGRS visa garantir que a faculdade esteja em conformidade com a legislação ambiental moçambicana, promovendo práticas sustentáveis e uma gestão eficiente, contribuindo para a responsabilidade socio-ambiental da instituição.

Palavras-chave: gestão de resíduos sólidos, resíduos laboratoriais, plano de gestão, Faculdade de Engenharia, UEM.

Abstract

This study presents the development of an Integrated Solid Waste Management Plan (ISWMP) for the Faculty of Engineering at Eduardo Mondlane University (UEM), aiming to enhance the management of solid waste generated from academic and laboratory activities. The research began with the characterization of waste produced in different departments such as DEQUI, DEMA, DECI, and DEEL, through identification, classification, and quantification of waste fractions. In DEQUI, paper was the predominant fraction (57%), followed by organic waste (18%) and metals (14%). In other departments, compositions varied, with significant presence of plastics, organic waste, and paper. The diagnosis revealed shortcomings in waste management, including lack of segregation, improper storage, and incorrect disposal. Laboratory waste, including hazardous chemicals, is often discarded improperly without prior treatment or proper containment. Waste such as lubricating oils, solvents, and reagents are discharged directly into the soil or sewage system, causing severe environmental impacts. To address these issues, the study proposes several waste management techniques: source segregation, where each type of waste is separated immediately after generation; adequate temporary storage to ensure safe containment; labeling of hazardous waste for clear identification; and safe transport for final disposal, with specialized companies responsible for handling hazardous and electronic waste. The ISWMP aims to ensure compliance with Mozambican environmental legislation, promote sustainable practices, and enable efficient waste management, contributing to the institution's environmental and social responsibility.

Keywords: solid waste management; laboratory waste; management plan; Faculty of Engineering; Eduardo Mondlane University; Mozambique

Índice

Conteúdo	Pág.
DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
EPÍGRAFE	iii
RESUMO.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ESQUEMA	ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Formulação do Problema.....	2
1.2. Justificativa	3
1.3. Objectivos.....	4
1.3.1. Objectivo geral.....	4
1.3.2. Objectivos específicos	4
2. METODOLOGIA	5
2.1. Delimitação e Caracterização da Área de Estudo	7
2.1.1. Breve Historial	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1. Conceitos	9
3.2. Gestão integrada de resíduos sólidos.....	11
3.2.1. Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos	13
3.2.2. Etapas do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos	14
3.3. Classificação dos Resíduos Sólidos	16
Classificação quanto à origem	16
Classificação quanto à periculosidade	17
3.4. Características dos Resíduos Sólidos.....	18
Características Físicas dos RS	18
Características Químicas dos RS	19
Características Biológicas dos RS	20
3.5. Gestão de Resíduos Sólidos e Legislação.....	21
3.6. Impactos da Gestão Inadequada de Resíduos Perigosos.....	23
3.7. Importância de PGIRS.....	24

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Classificação e quantificação os resíduos sólidos gerados em cada departamento da Faculdade.....	25
4.1.1. Resíduos Sólidos não Perigosos	25
4.1.2. Resíduos Sólidos Laboratoriais	29
4.2. Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos na FENG.....	36
4.2.1. Depósito da Faculdade.....	42
4.2.2. Saúde, Segurança e Meio Ambiente	44
4.3. Plano de Gestão de Rs para os Laboratórios	46
4.3.1. Fluxo de Resíduos Laboratoriais	50
4.4. Propostas de Técnicas de Tratamento	54
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	57
5.1. Conclusão	57
5.2. Recomendações.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

DECI – Departamento de Engenharia Civil;

DEEL – Departamento de Electrotecnicia;

DEMA – Departamento de Engenharia Mecânica;

DEQUI – Departamento de Engenharia Química;

EIA – Estudo de Impacto Ambiental;

FENG – Faculdade de Engenharia;

GRS – Gestão de Resíduos Sólidos;

INSS – Instituto Nacional de Segurança Social;

ISO – Organização Internacional de Normalização;

PGR – Plano de Gestão de Resíduos;

PGRS – Plano de Gestão de Resíduos Sólidos;

PGRSS – Plano de Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde;

RDC – Resíduos de Construção e Demolição;

RS - Resíduos Sólidos;

UEM – Universidade Eduardo Mondlane.

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Percentagem

≈ – Aproximadamente

> – Maior que

< – Menor que

kg – Quilograma

kg/ m³ - quilograma por metro cúbico

L – Litro

m² – Metro quadrado

m³ – Metro cúbico

mg/L – Miligrama por litro

g – Grama

t – Tonelada

°C – Grau Celsius

pH – Potencial Hidrogeniônico

CO₂ – Dióxido de Carbono

O₂ – Oxigênio

H₂O – Água

CH₄ – Metano

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo FENG	8
Figura 2. Representação gráfica da Gestão Integrada de Resíduos.....	12
Figura 3. Destinação dada aos resíduos gerados nos laboratórios.....	43
Figura 4. Armazenamento temporário dos resíduos	51
Figura 5. Transporte interno dos dos resíduos.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos resíduos quanto à periculosidade	17
Tabela 2. Gestão de Resíduos Sólidos e Legislação	21
Tabela 3. Plano de Gestão de RS para os Laboratórios	47
Tabela 4. Código de cores para os resíduos gerados pelos Laboratórios	52
Tabela 5. Técnicas de Tratamento de Resíduos.....	55
Tabela 6. Detalhamento das Técnicas de Tratamento de Resíduos.....	56

LISTA DE ESQUEMA

Esquema 1. Metodologia usada para elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na FENG.....	5
Esquema 2. Fluxo típico dos Resíduos Sólidos não perigosos na FENG	43
Esquema 3. Fluxo de Resíduos Laboratoriais.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Composição gravimétrica DEQUI	25
Gráfico 2. Composição gravimétrica DEMA	26
Gráfico 3. Composição gravimétrica DECI	27
Gráfico 4. Composição gravimétrica DEEL	28
Gráfico 5. Nível de incidência de geração de resíduos no DEQUI	30
Gráfico 6. Nível de incidência de armazenamento temporário DEQUI.....	31
Gráfico 7. Nível de geração de resíduos no DEMA.....	32
Gráfico 8. Nível de incidência de armazenamento temporário DEMA.....	32
Gráfico 9. Nível de geração de resíduos no DECI.....	33
Gráfico 10. Nível de incidência de armazenamento temporário DECI	34
Gráfico 11. Nível de geração de resíduos no DEEL.....	36
Gráfico 12. Forma de armazenamento dos produtos nos laboratórios.....	37
Gráfico 13. Procedimentos de passivação e ou pré-tratamento presente nos laboratórios.....	38
Gráfico 14. Laboratórios que possuem PGRS	39
Gráfico 15. Organização dos resíduos de acordo com a sua classe.....	40
Gráfico 16. Segregação dos produtos por classe de perigo.....	40
Gráfico 17. Destinação dada aos resíduos gerados nos laboratórios	41
Gráfico 18. Medidas de segurança adotadas	45
Gráfico 19. Informações de segurança presentes nos laboratórios	46

1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos tem se tornado uma questão de extrema relevância no cenário global, especialmente em instituições de ensino superior, onde o consumo de recursos e a geração de resíduos são significativos. A Universidade Eduardo Mondlane (UEM), como uma das principais instituições de ensino e pesquisa de Moçambique, possui uma responsabilidade não apenas académica, mas também social e ambiental. No contexto da Faculdade de Engenharia, a diversidade de actividades laboratoriais e académicas gera uma ampla gama de resíduos, desde resíduos perigosos, como produtos químicos, até resíduos comuns, como papel e plástico.

Um plano de gestão integrada de resíduos sólidos (PGRS) para a Faculdade de Engenharia busca assegurar que os resíduos gerados sejam manejados de forma adequada, minimizando impactos ambientais, promovendo a saúde pública e otimizando a reutilização e reciclagem de materiais. Segundo Dias (2016), a implementação de um PGRS eficaz em instituições de ensino é fundamental para reduzir os passivos ambientais e contribuir para a sustentabilidade do campus. Além disso, a legislação moçambicana, através do Decreto n.º 13/2006, estabelece directrizes claras sobre o manejo e disposição adequada de resíduos, sendo necessário que as instituições se alinhem a essas normas para garantir conformidade.

Este trabalho propõe um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para a Faculdade de Engenharia da UEM, considerando os diferentes tipos de resíduos gerados e as melhores práticas de gerenciamento. A proposta visa proporcionar uma solução integrada que abrange desde a segregação na fonte até o tratamento e a destinação final dos resíduos, com foco em princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

O objectivo deste plano é não apenas garantir a conformidade com as normas ambientais, mas também fomentar uma cultura de responsabilidade entre a comunidade académica, promovendo práticas sustentáveis e a conscientização sobre a importância do correcto gerenciamento de resíduos.

1.1. Formulação do Problema

A gestão de resíduos, em especial daqueles gerados por instituições de ensino, pode apresentar diversos problemas em países com défices de aterros sanitários, como é o caso de Moçambique, comprometendo assim, a qualidade do meio ambiente, assim como da comunidade circunvizinha.

Por um lado, o resíduo sólido que é produzido pela actividade do homem, a sua remoção torna-se problema devido ao grande volume por ele ocupado. Esta enorme quantidade não constitui somente um problema de ordem estética, representa uma séria ameaça ao homem (Bruni V. C., 2016) E pode-se visualizar três tipos de problemas decorrentes do acúmulo de lixo:

- Diminuição do espaço útil disponível;
- Ameaça directa à saúde, por agentes patogénicos; e
- Danos indirectos à saúde, por causa do comprometimento do ar e de águas subterrâneas (Fijamo, 2021).

Esse desequilíbrio pode ser explicado em função da carência de sensibilidade ambiental, além de deficiências de infra-estruturas e de políticas públicas que busquem uma melhoria na gestão desses resíduos (Souza, 2017).

Por esta e outras razões, o plano de gestão integrada de resíduos sólidos deve ser aplicado e replicado em todas as instituições de ensino, de modo com que seja possível a minimização ou mitigação destes resíduos que tendem a solar as comunidades vizinhas assim como o meio ambiente num todo. Dentre os tipos de resíduos que podem ser gerados nas escolas estão os resíduos orgânicos, papel, plástico, vidros e metal em pequena quantidade e resíduos não recicláveis.

Para Fortunato (2018), as questões relacionadas com a problemática dos resíduos, como a quantidade e seu destino, têm e devem ser bastante discutidas por vários segmentos da sociedade, e as escolas, como formadoras de cidadãos críticos e participativos, devem ter participação importante nessas discussões.

1.2. Justificativa

A gestão integrada é um sistema que visa dar soluções para a redução máxima possível do acúmulo dos resíduos produzidos no ambiente de trabalho, Escolas, Faculdades, locais públicos e entre outros. A análise da temática do projecto, visa destacar o papel da avaliação da consciência ambiental e sua relação com as políticas de plano de gestão de resíduos sólidos existentes no país. Estes aspectos são importantes na protecção ambiental e tendem à manutenção do equilíbrio ecológico bem como da vida humana.

A iniciativa de criar um plano de gestão de resíduos sólidos, visa propor à Faculdade de Engenharia da UEM, a avaliar e melhorar as suas actividades em toda sua área de funcionamento e seus processos administrativos, visando identificar as quantidades e os tipos de resíduos gerados em seus processos de funcionamento, suas condições de segregação, acondicionamento, bem como medidas de redução de produção dos resíduos sólidos gerados pela Faculdade. Com a implementação do Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos na Faculdade de Engenharia da UEM, espera-se que, a Faculdade torne-se referência em preservação ambiental, cuidando de maneira correcta de seus resíduos sólidos, atendendo as necessidades de quem gera progresso na área ambiental. Esta pesquisa é de extrema relevância para a qual se propõe, pois fará validar processos institucionais de inovação dentro da Faculdade, em tratamento de resíduos sólidos, sendo de grande utilidade para a sociedade como um todo, mostrando a sua responsabilidade com o meio ambiente e disseminando sua aplicação no mercado.

Espera-se que ao final do projecto, este plano de gestão integrada possa, culminar com a implementação de um plano de gestão de resíduos sólidos na Faculdade de Engenharia, que será apresentado neste projecto, que servirá de modelo para implementação em tempo posterior, para todas as outras escolas, Faculdades ou a qualquer outra Instituição pública ou particular que estejam determinadas a ajustar seus ciclos produtivos com a preservação ambiental mantendo a sustentabilidade e visando a diminuição de impactos negativos ao meio ambiente.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

- O trabalho tem como objectivo fundamental, propor um plano de gestão integrada de resíduos sólidos para Faculdade de Engenharia (UEM).

1.3.2. Objectivos específicos

Para o alcance do objectivo geral, estabeleceu-se os seguintes objectivos específicos:

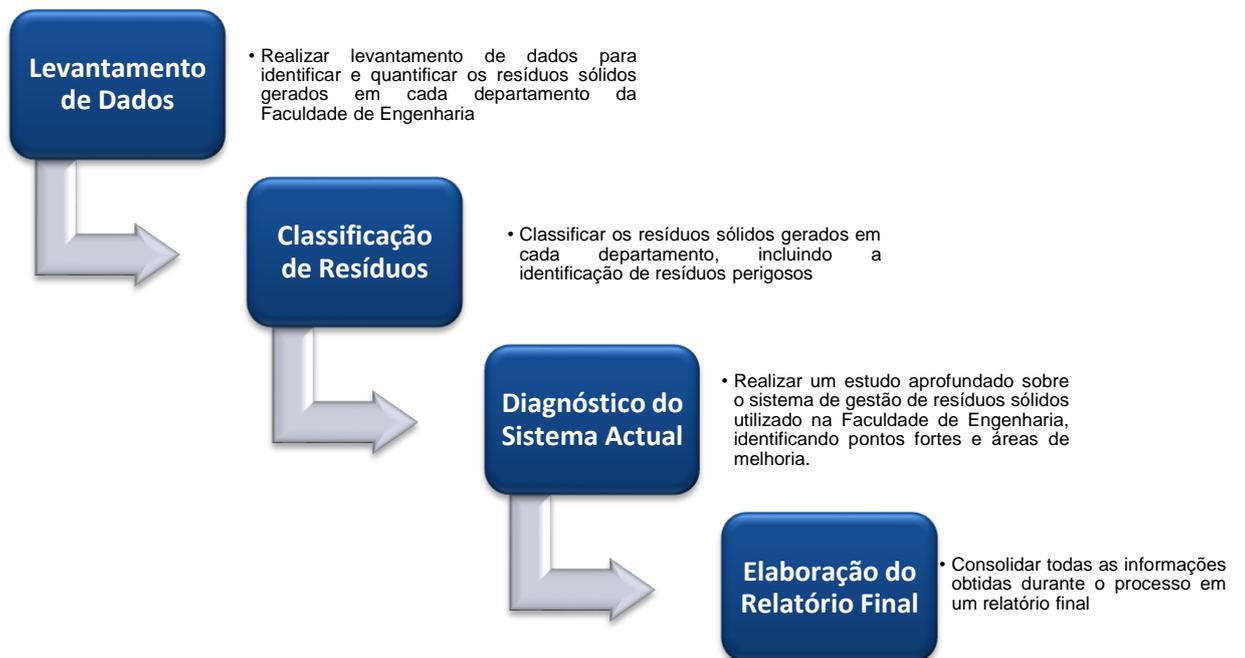
- Identificar, classificar e quantificar os resíduos sólidos gerados em cada departamento da Faculdade de Engenharia;
- Realizar um estudo de diagnóstico de sistema de gestão de resíduos sólidos utilizado na Faculdade de Engenharia;
- Propor técnicas de tratamento de resíduos sólidos laboratoriais gerados na Faculdade de Engenharia.

2. METODOLOGIA

Para elaborar o trabalho, inicialmente, serão analisados os melhores meios para se pesquisar e apresentar as informações levantadas. Em seguida, partir-se-á para uma abordagem qualitativa e análise teórica do material disponível para consulta relacionado ao assunto trabalhado, verificando dessa maneira, os aspectos mais relevantes e os mais recentes directamente ligados a gestão integrada de resíduos sólidos incluindo perigosos e composição gravimétrica dos resíduos.

Por fim, foi evidenciado todo o sistema de gestão de resíduos sólidos. A partir de uma abordagem quantitativa foi possível chegar ao resultado final, estruturado em um relatório e em uma apresentação para divulgação do trabalho executado por meio de gráficos e tabelas.

A metodologia para Elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para a Faculdade de Engenharia (UEM), seguiu as seguintes etapas:



Esquema 1. Metodologia usada para Elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na FENG

1. Levantamento de Dados

Realização de entrevistas com os colaboradores, funcionários, estudantes sobre a percepção da gestão integrada dos resíduos sólidos, referentes a segregação e acondicionamento, como também obter as imagens ilustrativas do cenário que a FENG-UEM apresenta em termos da sua gestão de resíduos sólidos; colecta de dados sobre as quantidades dos resíduos sólidos gerados em cada departamento;

2. Classificação de Resíduos

Classificar os resíduos sólidos gerados em cada departamento, incluindo a identificação de resíduos perigosos

4. Diagnóstico do Sistema Actual

Realizar um estudo aprofundado sobre o sistema de gestão de resíduos sólidos utilizado na Faculdade de Engenharia, identificando pontos fortes e áreas de melhoria.

5. Elaboração do Relatório Final

Apresentar o plano de gestão integrada de resíduos sólidos, destacando os resultados alcançados e as recomendações para a continuidade do processo. A metodologia proposta visa abordar de forma abrangente os objectivos gerais e específicos, garantindo uma gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos na Faculdade de Engenharia (UEM). Para sua melhor interpretação os resultados obtidos serão apresentados na forma de gráficos e tabelas, como também imagens ilustrativas.

2.1. Delimitação e Caracterização da Área de Estudo

A Faculdade de Engenharia é uma unidade orgânica da Universidade Eduardo Mondlane, dotada de autonomia pedagógica e científica no âmbito dos cursos que ministra e de autonomia administrativa, patrimonial e financeira relativamente aos seus próprios recursos dentro dos limites legais. A Faculdade de Engenharia goza, igualmente, de autonomia regulamentar e disciplinar dentro dos limites legais.

Sendo a Faculdade de Engenharia, uma instituição de aprendizagem e formação de jovens para o mercado de trabalho assim como para o mundo, é necessário que a Instituição pautar por princípios e iniciativas que visem mitigar ou desenvolver estratégias para melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos a nível de toda a faculdade de engenharia.

Desta forma, o PGIRS, será feito com base nos dados que serão recolhidos da mesma faculdade, onde serão recolhidos dados de todos departamentos que compõem a faculdade.

2.1.1. Breve Historial

A Faculdade de Engenharia foi fundada em 1962 com uma estrutura de chefia centralizada, com cada curso associado a um Departamento específico. Logo após a Independência, os departamentos assumiram o estatuto de Faculdade com um corpo directivo não centralizado mas com uma coordenação inter-faculdade.

Esta estrutura permaneceu até 1980, quando a estrutura foi de novo mudada para a situação de 1962. Em 1962 existiam 4 cursos, nomeadamente Engenharia Civil, Engenharia Electrotécnica, Engenharia Mecânica e Engenharia Química. No início, os cursos duravam 6 anos sendo os 3 primeiros anos virados para matérias gerais-básicas e os últimos 3 anos, para disciplinas de Engenharia, incluindo disciplinas de gestão.

Em 1970 a duração do curso foi encurtada para 5 anos, com os dois primeiros anos virados para matérias gerais- básicas.

As horas de ensino foram estendidas e as disciplinas eram tipicamente semestrais ao contrário de anuais como eram em 1962. Dois novos cursos foram

introduzidos em 1970 Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica. Estes novos cursos não duraram muito vistos serem de longa duração (5 e 8 anos respectivamente).

Actualmente, a FEUEM, no conjunto dos seus Departamentos oferece oito cursos de licenciatura, nas áreas de Engenharia Civil, Engenharia Eléctrica, Engenharia Electrónica, Engenharia Informática, Engenharia Mecânica, Engenharia de Gestão Industrial, Engenharia Química e Engenharia do Ambiente. A FENG oferece também cinco cursos de Pós-Graduação na área de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Mestrado em Engenharia de Petróleo, Curso Preparatório para o Mestrado em Engenharia de Petróleo; Curso de Especialização em Segurança no Trabalho.

A Faculdade de Engenharia conta com 142 docentes, dos quais 133 são nacionais e 9 estrangeiros. Do universo do corpo docente da Faculdade, apenas 6.33% são do sexo feminino.

A Faculdade de Engenharia é composta por cinco departamentos académicos e cinco departamentos não académicos.



Figura 1. Área de Estudo FENG

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Conceitos

Política ambiental

A Política Ambiental constitui o conjunto de directrizes e princípios que devem nortear a definição e a aplicação de instrumentos legais e institucionais de planeamento e gerenciamento ambiental. Os instrumentos, definidos conjuntamente pelo Estado e pela sociedade, têm como finalidade trabalhar as tendências económicas e sociais com vistas a viabilizar a realização do desenvolvimento sustentável (Juliatto, 2018).

Gestão ambiental

Segundo (Moreno, 2019), entende-se por gestão ambiental, aquela que incorpora os valores do desenvolvimento sustentável na organização social e nas metas corporativas da empresa e da administração pública. Íntegra política, programas e práticas relativas ao meio ambiente, em um processo contínuo de melhoria da gestão. Busca a maior eco eficiência aplicada as melhores e mais limpas tecnologias disponíveis. Prioriza a minimização de geração de resíduos, a reciclagem, a reutilização e a disposição final adequada.

Gestão de Resíduos

De acordo com o Decreto nº 13/2006, de 15 de Junho, no seu artigo 1 sobre o Regulamento de gestão de resíduos em Moçambique, a gestão de resíduos são todos os procedimentos viáveis com vista a assegurar uma gestão ambientalmente segura, sustentável e racional dos resíduos, tendo em conta a necessidade da sua redução, reciclagem e reutilização, incluindo também a separação, recolha, manuseamento, transporte, armazenamento e/ou eliminação de resíduos bem como a posterior protecção dos locais de eliminação, por forma a proteger a saúde humana e o ambiente contra os efeitos nocivos que possam advir dos mesmos (Ministros, 2006.)

Resíduos

De acordo com o Decreto nº 13/2006, de 15 de Junho Regulamento Sobre a Gestão de Resíduos, “Resíduos são substâncias ou objectos que se eliminam, que se tem intenção de eliminar ou que se é obrigado por lei a eliminar, também designados por lixos”.

Resíduos sólidos

Segundo a NBR 10004/2004, resíduo sólido é definido como todo resíduo nos estados sólido e semi-sólido, que são resultados de actividades de origem industrial, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Também está incluído nesta definição os lodos resultantes de sistemas de tratamentos de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controlo 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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. Nesta classificação se enquadram os gases contidos em recipientes e líquidos com certas particularidades, que tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água (NBR, 30.11.2004).

Resíduos sólidos são as substâncias ou objectos que se eliminam, que se tem a intenção de eliminar ou que se é obrigado por lei a eliminar, também designados por lixos.

Na Idade Média os resíduos acumulavam-se pelas ruas e imediações das cidades, provocando sérias epidemias e causando a morte de milhões de pessoas. A partir da Revolução Industrial iniciou-se o processo de urbanização, provocando um êxodo do homem do campo para as cidades. Observou-se assim um vertiginoso crescimento populacional, favorecido também pelo avanço da medicina e consequentemente aumento da expectativa de vida. A partir de então, os impactos ambientais passaram a ter um grau de magnitude alto, devido aos mais diversos tipos de poluição, dentre eles a poluição gerada pelos resíduos (Fortunato, 2018).

Os problemas relacionados à geração de resíduos sólidos acompanham a sociedade em toda sua evolução histórica. Com o crescimento dos centros urbanos, o aumento da geração de resíduos tem se apresentado, cada vez mais, como uma dificuldade para os municípios e os estados. O processo intenso de ocupação do solo, faz com que os serviços não atendam à demanda, fazendo com que esta ocorra de modo desordenado. Esse modelo faz com que ocorra uma incorrecta colecta e destinação final dos resíduos, provocando problemas ambientais como a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, do solo e do ar. Além do mais, o manejo inadequado, facilita a

proliferação de doenças, enchentes, inundações e outros problemas, os quais prejudicam a sociedade e ao meio ambiente (Marques, 2018).

3.2. Gestão integrada de resíduos sólidos

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos é, em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a colecta, o tratamento e a disposição final do lixo, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio da cidade, levando em consideração as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos – para ser dado o tratamento diferenciado e disposição final técnica e ambientalmente corretas –, as características sociais, culturais e económicas dos cidadãos e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais. Para tanto, as ações normativas, operacionais, financeiras e de planeamento que envolvem a questão devem se processar de modo articulado, segundo a visão de que todas as ações e operações encontram-se interligadas, comprometidas entre si (Júnior, 2016).

Ainda, na visão do autor, a gestão integrada focaliza com mais nitidez os objectivos importantes da questão, que é a elevação da urbanidade em um contexto mais nobre para a vivência da população, onde haja manifestações de afecto à cidade e participação efectiva da comunidade no sistema, sensibilizada a não sujar as ruas, a reduzir o descarte, a reaproveitar os materiais e reciclá-los antes de encaminhá-los ao lixo.

A gestão integrada de resíduos sólidos consiste em uma abordagem ou técnica que se utiliza de uma ampla gama de atividades de gestão em relação aos resíduos sólidos, em vez de apenas uma única abordagem (Memon, 2012). Mir, Cheema e Singh (2021) complementam que a gestão integrada de resíduos sólidos depende de distintos métodos e técnicas provindos de diferentes âmbitos de competências que solucionam o problema de forma complementar e com abordagem holística.



Figura 2. Representação gráfica da gestão integrada de resíduos (Juliatto, 2018).

A figura 2 demonstra que a gestão integrada de resíduos pode ser considerada um programa que abrange as actividades de prevenção, reciclagem e descarte visando à proteção da saúde da humanidade e do meio ambiente, de forma eficaz (Oyebode, 2018). A estratificação de cada uma dessas actividades, segundo o autor, pode ser descrita da seguinte forma:

- a) Prevenção de resíduos: objectiva evitar a geração de resíduos por meio de estratégias, como, por exemplo, menos uso de embalagens, design da durabilidade dos produtos e reutilização de produtos, materiais e embalagens;
- b) Reciclagem e compostagem: a reciclagem é um processo que inclui a coleta e o reprocessamento de resíduos (por exemplo, metais, plásticos, papel e vidro) para a fabricação de novos materiais e produtos; já a compostagem é a conversão de resíduos sólidos em aditivos para o solo;
- c) Eliminação do resíduo (aterro e combustão): essas medidas são adoptadas nos casos em que o resíduo não pode ser prevenido, reciclado ou usado em compostagem. Assim, uma alternativa é depositar o resíduo em aterros devidamente projectados, construídos e gerenciados, ou fazer a combustão, que reduz o volume de resíduo final e ainda pode ser uma fonte de energia eléctrica.

O carácter holístico da gestão de resíduos também fica evidente na tipologia proposta por Memon (2012), que apresenta quatro abordagens no gerenciamento de resíduos, a saber:

- a) Preventiva: orientada para diminuir o volume e o impacto causado pelos resíduos, podendo, inclusive, eliminá-los completamente pela prevenção de sua geração.
- b) Correctiva: direccionada a trazer de volta ao ciclo produtivo matérias primas, substâncias e produtos extraídos dos resíduos depois que eles já foram gerados, pela reutilização e reciclagem.
- c) Técnica: visa alterar as características dos resíduos, para neutralizar seus efeitos nocivos, podendo ainda conduzir a uma valorização do resíduo.
- d) Passiva: voltada para conter os efeitos dos resíduos, mantendo-os sob controle em locais que devem ser monitorados.

3.2.1. Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos

De acordo com Crespo (2012) até pouco tempo não se tinha preocupação com o desperdício da matéria-prima, água, energia, gerando prejuízos para as próprias indústrias e para o meio ambiente, provocando o que hoje é uma situação dramática de geração de resíduos sólidos. Continuando com a ideia dos autores citados, tal situação passou a exigir uma política específica integrada de gestão de resíduos, que venha complementar a prevenção da geração de resíduos na fonte.

Por sua vez, Fernando (2019), considera que esse processo caracteriza-se por um conjunto de acções técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objectivos estabelecidos na gestão de resíduos sólidos.

3.2.2. Etapas do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

Para as etapas de gestão considera-se: geração, segregação, acondicionamento, colecta, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final.

Geração: “A geração de resíduos sólidos depende de fatores como: taxa de geração per capita; percentual de atendimento dos serviços de limpeza; hábitos; factores económicos; os tipos e os procedimentos de estabelecimentos, entre outros” (Faria, 2019). Ela vem aumentando com o crescimento da população e da industrialização, causando degradação ambiental além de problemas para a qualidade de vida (Faria, 2019).

Segregação: É o acto de separar os resíduos gerados no momento e em seu local de geração de acordo com suas características químicas, físicas e biológicas (Cruz, 2008).

Acondicionamento: Para Steiner (2010), acondicionar resíduos sólidos significa prepará-los para a colecta de forma compatível com: a sua quantidade, a sua composição gravimétrica, o seu volume e a sua movimentação (tipo de colecta e frequência). “Deste modo, esta etapa deve ser executada no momento da geração dos resíduos, no seu local de origem, em recipientes adequados, facilitando a sua identificação e possibilitando o seu manuseio seguro, durante as fases de colecta, transporte e armazenamento” (Steiner, 2010). O tipo mais comum de acondicionamento é em sacos plásticos que não devem ultrapassar 20kg, sendo que a utilização de sacos plásticos de diferentes cores auxilia a diferenciação de tipos de resíduos gerados (Steiner, 2010).

Colecta: Segundo Crespo (2012), a colecta de resíduos deve ser realizada nas fontes geradoras e consiste na transferência dos resíduos de forma rápida e segura até o local adequado destinado para o armazenamento temporário, tratamento ou destino final. “A colecta deve ser efetuada sempre nos mesmos dias e horários, pois isso faz com que os resíduos não fiquem expostos além do tempo necessário à execução da colecta” (Oyebode, 2018).

Transporte: Conforme exposto por Durães (2016), os resíduos sólidos precisam ser transportados mecanicamente, do ponto de geração ao tratamento e/ou ao destino final. De acordo com Durães (2016), um transporte que seja adequado deve ter as seguintes características: não derramar lixo ou chorume durante a colecta; compactar adequadamente os resíduos segundo as normas; realizar o esvaziamento de dois recipientes de uma vez; utilizar preferencialmente caminhões que tenham carregamento traseiro. “O dimensionamento da frota é feito com base no local que deve haver o processo de colecta. Dependendo do tipo de sistema viário, pavimentação, topografia, iluminação e outros aspectos” (Durães, 2016).

Armazenamento: De acordo com Conto (2010), o armazenamento temporário de resíduos sólidos é realizado em uma área isolada, abrigada, de acesso restrito e localizada o mais próximo possível dos seus pontos de geração. “Neste armazenamento, os resíduos podem ser separados segundo a sua tipologia que são acumulados em seus respectivos recipientes (contêineres, caçambas, tambores, bombonas, ou directamente no chão)” (Conto, 2010).

Tratamento: Os procedimentos relacionados à gestão de resíduos sólidos abrangem a redução da geração, a prevenção da disposição inadequada e propõem a identificação de alternativas tecnológicas para o tratamento, tanto da matéria orgânica quanto dos materiais recicláveis. “Os tipos de tratamentos mais comuns de resíduos sólidos são a reciclagem e a compostagem” (Crespo, 2012).

Deposição Final: De acordo com Bittencourt (2016), o acto de disposição final só poderá ser feito após uma total neutralidade do resíduo para ser possível o lançamento no meio ambiente. Isso é, o resíduo não deve alterar ou poluir o meio onde as soluções são construídas. “A disposição final dos resíduos é dividida geralmente em três formas: lixões, aterro controlado e aterro sanitário” (Bittencourt, 2016).

3.3. Classificação dos Resíduos Sólidos

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou actividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido (Norma Brasileira, 2004). Devido à grande diversidade de resíduos existentes, e sua diversidade de composições, existem múltiplas formas de classificá-los. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos podem ser classificados quanto à origem e periculosidade.

Classificação quanto à origem

- a)** Resíduos domiciliares: resultantes de actividades domésticas em residências urbanas.
- b)** Resíduos de limpeza urbana: provenientes da varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
- c)** Resíduos sólidos urbanos: os abrangidos em resíduos domiciliares e de limpeza urbana.
- d)** Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas actividades, com excepção dos referidos nos itens b, e, g, h, j.
- e)** Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas actividades com excepção dos referidos no item c.
- f)** Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
- g)** Resíduos de serviços de saúde: aqueles produzidos nos serviços de saúde.
- h)** Resíduos da construção civil: os gerados em construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, abrangidos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.
- i)** Resíduos agrossilvopastoris: os resultantes das actividades agro-pecuárias e silviculturas, abrangidos os relacionados a insumos utilizados nessas actividades.

j) Resíduos de serviços de transporte: os provenientes de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.

k) Resíduos de mineração: os produzidos na actividade de pesquisa, extracção ou beneficiamento de minérios.

Classificação quanto à periculosidade

A periculosidade de um resíduo é dada em função das propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas que estes podem apresentar em função do risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; e também dos riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Tabela 1. Classificação dos resíduos quanto à periculosidade (Souza G., 2010).

CLASSIFICAÇÃO		DEFINIÇÃO	EXEMPLO
Classe I	Perigosos	Aqueles cujas propriedades físicas, químicas e/ou infecto-contagiosas geram riscos à saúde pública e/ou ao meio ambiente.	Pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes compostas por metais.
Classe II A	Não Perigosos e Não Inertes	Além dos riscos a saúde e meio ambiente, estes resíduos apresentam biodegradabilidade, combustibilidade, e/ou solubilidade em água.	Restos de alimentos, sucata de metais ferrosos e não ferrosos.
Classe II B	Não Perigosos e Inertes	Resíduos que não solubilizam seus constituintes em concentrações superiores aos limites definidos pelos padrões de potabilidade de água.	Papel, papelão, plástico polimerizado, borracha, madeira e materiais têxteis.

3.4. Características dos Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos podem ser caracterizados segundo três critérios principais. De acordo com o Sousa (2021): Os resíduos sólidos são classificados de acordo com as seguintes características:

- 1) Características Físicas;
- 2) Características Químicas; e
- 3) Características Biológicas.

Características Físicas dos RS

Para Sousa (2021), estas são algumas características físicas que são utilizadas para identificação dos resíduos sólidos.

- ✓ Geração Percapita (kg/hab.dia);
- ✓ Composição Física ou Gravimétrica;
- ✓ Peso Específico: (Kgf/m³);
- ✓ Teor de umidade (%);
- ✓ Grau de Compactação ou compressividade.

Geração per capita- É a relação da quantidade de resíduo gerado diariamente com o número de habitantes numa determinada região que inclui todos os resíduos urbanos produzidos num determinado local. Estes resíduos podem ser de origem domésticas, públicas, construção e demolição, especiais, industriais e hospitalares equiparados a urbanos (Marques, 2018).

Composição Física ou Gravimétrica- É o percentual de cada componente em relação ao peso. Estas componentes podem ser tantas ou poucas de acordo com o que se pretende, e geralmente são escolhidas para identificar as principais fileiras de resíduos que serão depois encaminhadas para soluções específicas de tratamento ou valorização ou destino final, num sistema integrado de gestão de resíduos (Alcântra, 2017).

Peso Específico (Kgf/m³) - É o peso dos resíduos em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação. A unidade é em kg/m⁻³.

É utilizado para o dimensionamento de equipamentos de deposição, de transporte, de instalações e para as zonas de recepção de resíduos nos destinos finais. Geralmente é determinado para os resíduos produzidos, mas também pode ser útil para determinar os resíduos acondicionados em contentor, durante o transporte (ex: camiões compactadores) e na deposição em destino final (ex: lixeira ou aterro) (Marques, 2018).

Teor de Humidade (%) – Quantidade de água presente numa amostra de resíduos. É medida em percentagem em função do peso da amostra.

Esta característica tem influência principalmente sobre os processos de tratamento e destinação do resíduo. Varia muito em função das estações do ano e da incidência de chuvas (Sousa, 2021).

Grau de Compactação ou Compressividade – Indica a redução de volume que uma massa de resíduo pode sofrer ao ser submetida a determinada pressão (ex: camiões compactadores, compactação nos aterros sanitários, compactação para enfardamento). Quando aplicada uma pressão de 4kg cm^{-2} , a compressividade varia entre 1:3 e 1:4.

Quando uma massa de resíduos é compactada, o seu volume reduz e a sua densidade aumenta. Quando os resíduos deixam de estar sobre pressão, voltam a expandir, no entanto não regressam ao seu volume inicial (Marques, 2018).

Características Químicas dos RS

Segundo Naval (2017), determinou as seguintes características químicas dos resíduos sólidos.

- 1) Poder Calorífico;
- 2) Potencial de Hidrogénio (pH);
- 3) Composição Química; e
- 4) Análise Elementar (C:N).

Poder Calorífico - Indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima. Para lixo domiciliar pode ser utilizado o valor médio 5.000kcal kg^{-1} .

É um indicador importante para o dimensionamento de instalações de valorização energética de resíduos (ex: incineração, pirólise, outros) (Gondim, 2019).

Potencial de Hidrogénio (pH) - Indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Em geral, situa-se na faixa de 5 a 7, indica também o grau de corrosividade dos resíduos.

É importante para a selecção do material que será usado nos equipamentos de gestão de resíduos (recolha, transporte e transferência) e para os sistemas de protecção ambiental dos locais de deposição final (Sales, 2018).

Composição Química - Consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogénio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras.

É importante para definir o tratamento mais adequado para os resíduos, em particular para os resíduos industriais (especialmente os perigosos) (Souza G., 2010).

Análise Elementar/ Carbono e Nitrogénio (C:N) - Indica o grau de decomposição da matéria orgânica do resíduo nos processos de tratamento/disposição final. Em geral, essa relação encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1 (Ferreira, 2019).

Características Biológicas dos RS

São aquelas que determinam a população microbiana e dos agentes patogénicos presentes no lixo que, ao lado das suas características químicas, permitem que sejam seleccionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequados (Zveibil, 2020). Lima (2019), afirma que os microorganismos patogénicos estão presentes nos rejeitos e em resíduos de serviços de saúde.

Comumente podem ser encontrados nos resíduos sólidos domésticos, agentes responsáveis por doenças do trato intestinal, o vírus causador da hepatite, o vírus causador da AIDS e microorganismos responsáveis por dermatites (Lazzari, 2021). Segundo Zveibil (2020), é importante ter conhecimento das características biológicas dos resíduos para desenvolver inibidores de cheiro e retardadores ou aceleradores da decomposição da matéria orgânica, "para evitar ou minimizar problemas com a população ao longo do percurso dos veículos".

3.5. Gestão de Resíduos Sólidos e Legislação

A gestão de resíduos sólidos em Moçambique é regulamentada por um conjunto de leis e normas que visam garantir o descarte correto, reduzir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. A principal legislação sobre o tema é a Lei do Ambiente (Lei n.º 20/97), que estabelece diretrizes gerais para a proteção ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. Complementando essa legislação, o Regulamento de Gestão de Resíduos Sólidos (Decreto n.º 94/2014) define as responsabilidades dos geradores de resíduos, impondo medidas para a coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos. Ele inclui a obrigação de segregar, acondicionar e encaminhar os resíduos para locais adequados, além de prever sanções para descumprimento das normas. Moçambique também enfatiza a importância do licenciamento ambiental e dos planos de gestão de resíduos, especialmente para actividades industriais e laboratoriais, promovendo uma gestão integrada que alia desenvolvimento e preservação ambiental.

Tabela 2. Gestão de Resíduos Sólidos e Legislação

Legislação	Descrição
Constituição da República	Consagra no Artigo 117.º, que o Estado garante o equilíbrio ecológico e a conservação e preservação do ambiente, visando a melhoria da qualidade de cidadãos, assegurando que a gestão de recursos naturais aconteça de forma racional e sem comprometer as gerações vindouras, como a seguir se descreve, com o objectivo de garantir o direito ao ambiente no quadro de um desenvolvimento sustentável.
Lei n.º 20/97 de 1 de Outubro – Lei do Ambiente	Define a base jurídica para a boa utilização do ambiente para o desenvolvimento sustentável do país. A Lei do Ambiente Aplica-se a todas actividades públicas e privadas que, directa ou indirectamente, afectam o meio ambiente

<p>Decreto nº12/2006, de 15 de Junho- Regulamento sobre a Gestão de Resíduos</p>	<p>Este regulamento tem como objectivo o estabelecimento das regras relativas a produção, o depósito no solo e no subsolo, o lançamento para água ou para atmosfera, de quaisquer substâncias tóxicas e poluidoras, assim como a prática de actividades poluidoras que acelerem a degradação do ambiente, com vista a prevenir ou minimizar os seus impactos negativos sobre a saúde e o ambiente e aplica-se a todas as pessoas singulares e colectivas, públicas ou privadas envolvidas na gestão de resíduos.</p>
<p>Decreto nº94/2014, de 31 de Dezembro- Regulamento sobre a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos</p>	<p>Este regulamento estabelece os princípios para a gestão dos resíduos sólidos urbanos e na produção e gestão de resíduos industriais e hospitalares equiparados aos urbanos por parte das pessoas singulares e colectivas, públicas e privadas.</p>
<p>Decreto nº83/2014, de 31 de Dezembro- Regulamento sobre a Gestão de Resíduos Perigosos</p>	<p>O presente regulamento tem como objectivo estabelecer regras para a produção e gestão de resíduos perigosos no território nacional e aplica-se a todas as pessoas jurídicas, singulares, colectivas, públicas e privadas, envolvidas na gestão de resíduos perigosos.</p>

<p>Lei de Águas 1991 (Lei 16/91, de 3 de Agosto de 1991)</p>	<p>A Lei de Águas enfatiza a necessidade de coordenação intersectorial e de um enquadramento institucional através do Conselho Nacional de Águas (CNA - Conselho Nacional de Águas). O Conselho Nacional de Águas foi estabelecido como uma comissão consultiva sob a Lei de Águas, desenhada para aconselhar o</p> <p>Governo em questões relacionadas com a gestão da água e a implementação de políticas da água (DFID 1999).</p>
---	--

3.6. Impactos da Gestão Inadequada de Resíduos Perigosos

A má gestão de resíduos perigosos pode gerar impactos graves, incluindo a contaminação do solo e da água, riscos à saúde pública, poluição atmosférica, acidentes como explosões e incêndios, além de desequilíbrios ecológicos. Esses resíduos, quando descartados de forma inadequada, podem causar danos irreparáveis ao meio ambiente e comprometer a saúde humana, além de expor instituições e empresas a penalidades legais e financeiras. Por isso, uma gestão eficiente é essencial para mitigar riscos e garantir a sustentabilidade (Juliatto, 2018).

A má gestão de resíduos perigosos pode gerar sérias consequências e impactos tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. Entre os principais efeitos estão (Bruni, 2016):

- **Contaminação do solo e da água:** O descarte inadequado de resíduos perigosos, como substâncias químicas tóxicas ou materiais contaminantes, pode infiltrar-se no solo e alcançar lençóis freáticos, contaminando fontes de água potável e prejudicando ecossistemas inteiros.
- **Riscos à saúde pública:** A exposição direta ou indireta a resíduos perigosos, como produtos químicos, solventes, metais pesados ou gases tóxicos, pode causar doenças graves, como problemas respiratórios, alergias, câncer e outras complicações de saúde a longo prazo.

- **Poluição atmosférica:** A queima ou tratamento inadequado de resíduos perigosos pode liberar substâncias tóxicas na atmosfera, contribuindo para a poluição do ar e a formação de chuva ácida, além de aumentar os níveis de gases de efeito estufa.
- **Riscos de acidentes e explosões:** O armazenamento inadequado de resíduos inflamáveis ou explosivos pode provocar incêndios, explosões ou outros acidentes graves em ambientes laboratoriais ou industriais, colocando em risco a vida das pessoas e a infraestrutura.
- **Desequilíbrios ecológicos:** A presença de resíduos tóxicos no ambiente pode afetar negativamente a biodiversidade, matando plantas e animais, além de interromper cadeias alimentares e ecossistemas naturais.
- **Penalidades legais e financeiras:** Instituições e empresas que não cumprem as normas de gestão de resíduos perigosos podem enfrentar multas, sanções e perda de licenças operacionais, além de danos à reputação.

3.7. Importância de PGIRS

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) é essencial para garantir a gestão eficiente e sustentável dos resíduos em qualquer organização. De forma geral, ele promove a redução da geração de resíduos, incentiva o reaproveitamento e reciclagem, além de garantir o descarte adequado, minimizando os impactos ambientais e riscos à saúde pública (Bittencourt, 2014). Ao estabelecer diretrizes claras para a segregação, armazenamento, transporte e tratamento de resíduos, o PGIRS contribui para a preservação do meio ambiente e o uso consciente dos recursos naturais (Bruni, 2016).

Em uma instituição de ensino, a importância do PGIRS se intensifica, porque laboratórios, oficinas e outras atividades acadêmicas geram diversos tipos de resíduos, incluindo substâncias químicas e materiais perigosos, que requerem um manejo adequado para evitar contaminação ambiental e riscos aos estudantes e funcionários. Além disso, implementar um PGIRS em instituições de ensino serve como exemplo prático para a formação de estudantes, promovendo uma cultura de responsabilidade ambiental e sustentabilidade (Crespo, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Classificação e quantificação dos resíduos sólidos gerados em cada departamento da Faculdade

4.1.1. Resíduos Sólidos não Perigosos

DEQUI

Os resultados obtidos no DEQUI indicam uma gestão inadequada de resíduos sólidos, onde todos os tipos de resíduos são descartados sem segregação, impossibilitando a reciclagem dos materiais. A recolha de dados foi realizada três vezes, com uma frequência semanal, e os resultados da composição gravimétrica representam a soma das médias colectadas. Foi possível classificar e identificar os tipos de resíduos produzidos, sendo o papel a fracção predominante, representando 57% (6,17 kg), seguido pelos resíduos orgânicos com 18% (1,95 kg), metal com 14% (1,5 kg), outros resíduos como roupas com 7% (0,8 kg), plástico com 3% (0,36 kg), e vidro com 1% (0,06 kg). A análise gravimétrica revela uma predominância de resíduos recicláveis, como papel e metal, destacando a ineficiência no manejo adequado desses materiais no departamento.

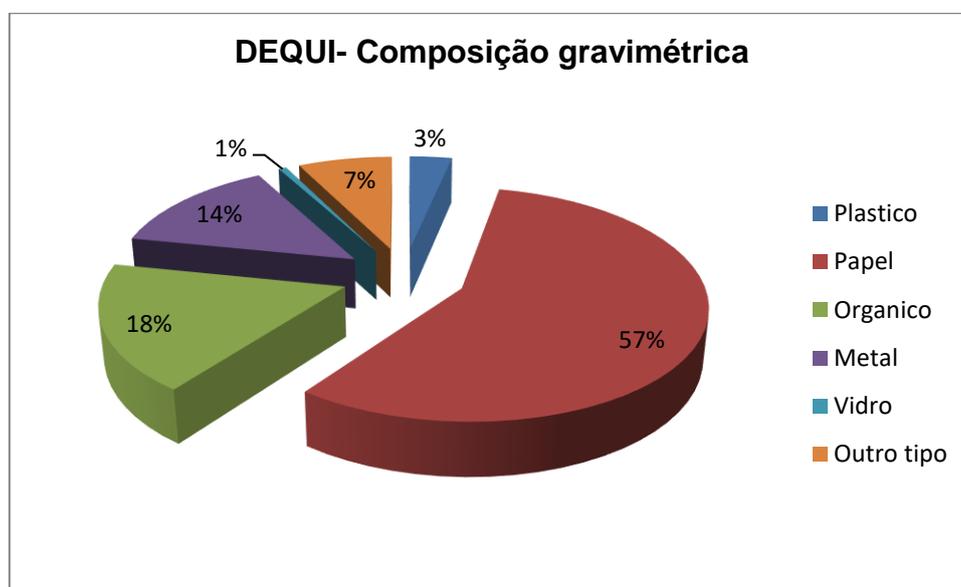


Gráfico 1. Composição gravimétrica DEQUI

DEMA

No DEMA, também se observa uma ausência de um sistema de gestão de resíduos sólidos (GRS), com todos os tipos de resíduos sendo descartados em um único recipiente, o que compromete o potencial de reciclagem de materiais. A recolha de dados foi realizada três vezes, com uma frequência semanal, e os resultados apresentados são a soma das médias das amostras colectadas. A análise permitiu classificar e identificar cinco tipos de resíduos sólidos produzidos no departamento: papel, plástico, resíduo orgânico, metal, vidro e outros. A composição gravimétrica revelou que 44% dos resíduos são de papel (3,28 kg), seguido por 31% de plástico (2,3 kg), 21% de resíduos orgânicos (1,55 kg), 1% de vidro (0,05 kg), e 3% de outros materiais (0,23 kg). Esses resultados indicam que os resíduos de papel e plástico constituem a maior parte dos materiais descartados, evidenciando uma gestão inadequada que impede o aproveitamento potencial desses resíduos recicláveis.

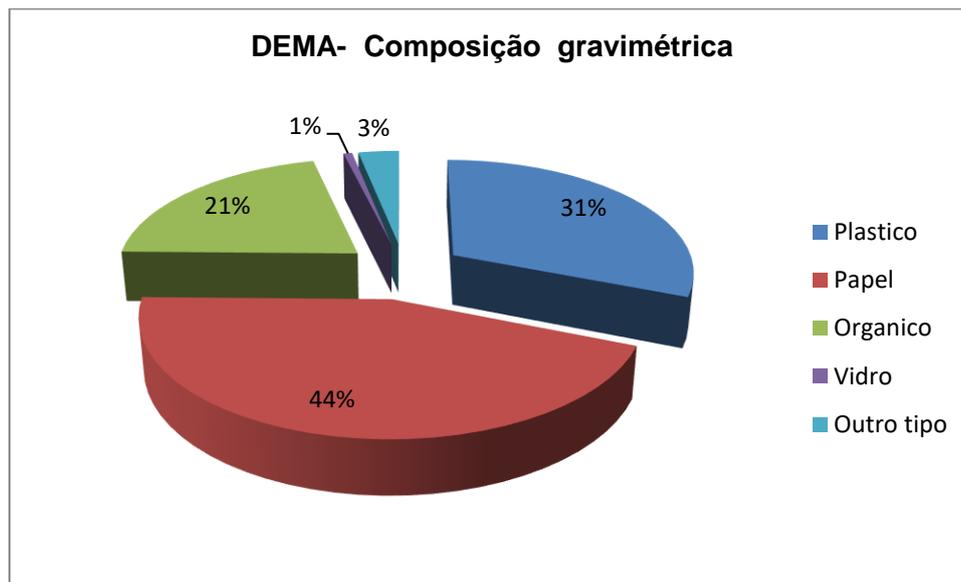


Gráfico 2. Composição gravimétrica DEMA

DECI

No Departamento de Engenharia Civil (DECI), verifica-se a inexistência de um sistema de gestão de resíduos sólidos (GRS), onde todos os tipos de resíduos são descartados em um único recipiente, resultando em uma gestão ineficaz que impossibilita a reciclagem adequada dos materiais recicláveis. A recolha de dados foi realizada ao longo de três semanas, uma vez por semana, permitindo

a classificação e identificação dos tipos de resíduos gerados no departamento. A análise gravimétrica dos resíduos mostrou a seguinte composição: 28% de papel (2,93 kg), 31% de plástico (3,2 kg) e 41% de resíduos orgânicos (4,2 kg). Esses dados revelam que os resíduos orgânicos e plásticos representam a maior fracção do total de resíduos, refletindo um padrão de descarte que compromete o manejo sustentável e a reutilização de materiais recicláveis no DECI.

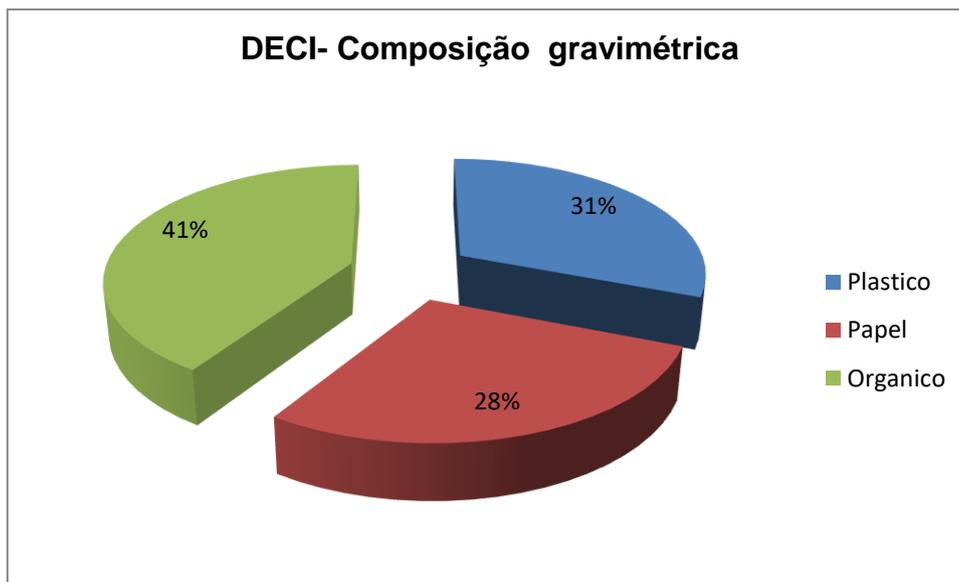


Gráfico 3. Composição gravimétrica DECI

DELL

No Departamento de Engenharia Electrotécnica (DELL), observa-se a ausência de um sistema adequado de gestão de resíduos sólidos (GRS), com todos os resíduos sendo depositados em um único recipiente de colecta. Essa prática representa uma gestão ineficiente, uma vez que impede a reciclagem e o reaproveitamento dos materiais recicláveis. A recolha de dados foi realizada ao longo de três semanas, uma vez por semana, permitindo a classificação e identificação dos tipos de resíduos gerados. A análise gravimétrica revelou a seguinte composição dos resíduos sólidos no DELL: 35% de papel (3,18 kg), 31% de plástico (2,9 kg), 22% de resíduos orgânicos (1,98 kg), 12% de metal (0,05 kg), e 3% de outros materiais (1,13 kg). Esses resultados demonstram que o papel e o plástico representam as maiores parcelas dos resíduos gerados, evidenciando uma falta de gestão que poderia permitir a separação e reciclagem desses materiais no departamento.

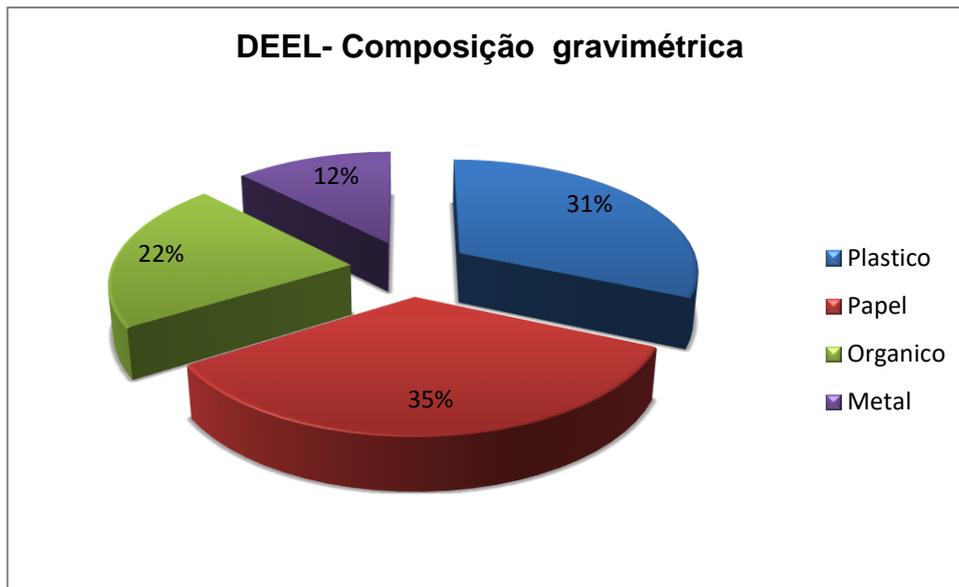


Gráfico 4. Composição gravimétrica DEEL

De forma geral, os resultados obtidos nos diferentes departamentos revelam uma ausência generalizada de sistemas de gestão de resíduos sólidos (GRS), com todos os resíduos sendo descartados de maneira indiferenciada. A análise gravimétrica em cada departamento mostra que, embora os tipos de resíduos variem ligeiramente, há uma predominância de papel e plástico como principais componentes dos resíduos gerados. Nos departamentos como DECI, DEMA, DEQUI e DELL, o papel representa uma fração significativa, variando de 28% a 57%, enquanto o plástico varia de 3% a 31%. Resíduos orgânicos também aparecem de forma constante, variando entre 18% e 41%, sugerindo uma geração relevante de material biodegradável.

A falta de segregação impede a reciclagem e a gestão eficaz dos resíduos, o que afecta directamente a sustentabilidade ambiental e o potencial de reaproveitamento de materiais. A análise dos diferentes departamentos destaca a necessidade de uma abordagem integrada para a gestão de resíduos, já que todos enfrentam problemas semelhantes, particularmente no que diz respeito à má gestão de materiais recicláveis. Esses resultados refletem uma oportunidade para melhorar as práticas de gestão de resíduos, começando pela separação adequada e implementação de sistemas de reciclagem adaptados às necessidades de cada sector.

4.1.2. Resíduos Sólidos Laboratoriais

DEQUI

O índice de ocorrência utilizado, variando de 0 a 10, reflecte a frequência e o volume estimado de resíduos gerados nos laboratórios do DEQUI. Valores mais baixos indicam uma menor geração de resíduos, enquanto valores mais altos sugerem uma maior frequência e volume de resíduos a serem descartados.

A variação dos índices entre os diferentes laboratórios reflecte a natureza e intensidade das actividades práticas. Laboratórios como Metalurgia e Panificação apresentam maior geração de resíduos (gráfico 5), o que sugere uma maior carga de trabalho experimental e o uso de materiais que demandam descarte frequente. Em contraste, Moagem mantém uma geração de resíduos mais controlada e constante, o que pode indicar processos menos intensivos em termos de resíduos ou melhor gestão interna. Operações Unitárias tem uma média de geração de resíduos intermediária, com picos que podem estar associados a actividades semanais específicas, possivelmente dependendo do tipo de experimentos conduzidos.

Metalurgia e Operações Unitárias destacam-se como os laboratórios que geram maiores quantidades de resíduos relacionados a ácidos, bases, solventes e materiais metálicos. Panificação é particularmente notável pela geração de resíduos de culturas microbianas.

Laboratório de Panificação: Neste laboratório, os resíduos gerados incluem resíduos orgânicos, como restos de diferentes tipos de farinha e cascas de ovo, além de embalagens de papel e plástico. O ambiente é bem organizado, com prateleiras e armários que facilitam a arrumação dos materiais utilizados durante as experiências. O laboratório é dedicado à produção de pão a partir de várias farinhas, com o objectivo de testar diferentes tipos de farinhas que podem ser utilizadas na panificação.

Laboratório de Moagem: O principal resíduo gerado neste laboratório é a poeira resultante da moagem de diferentes tipos de rocha e carvão. Este é o único resíduo sólido encontrado no local. O laboratório, porém, é desorganizado, sem um responsável presente, e os alunos realizam as moagens por conta própria,

sem supervisão. A matéria-prima é armazenada diretamente no chão, sem cuidados adequados.

Laboratórios de Operações Unitárias e Metalurgia: Esses laboratórios funcionam como oficinas de experimentação para os estudantes, onde cada aluno organiza o espaço de forma improvisada para realizar suas experiências. Não há um sistema definido de organização ou armazenamento seguro dos materiais, o que compromete a segurança e a eficiência no uso dos recursos.

Alguns resíduos gerados são descartados no lixo comum e posteriormente encaminhados para o contentor geral da faculdade. No entanto, uma parte significativa dos resíduos perigosos é descartada de forma inadequada atrás do edifício da contabilidade. Após esse descarte, não há informações claras sobre o destino final desses resíduos, o que evidencia uma falha no gerenciamento adequado e seguro dos materiais.

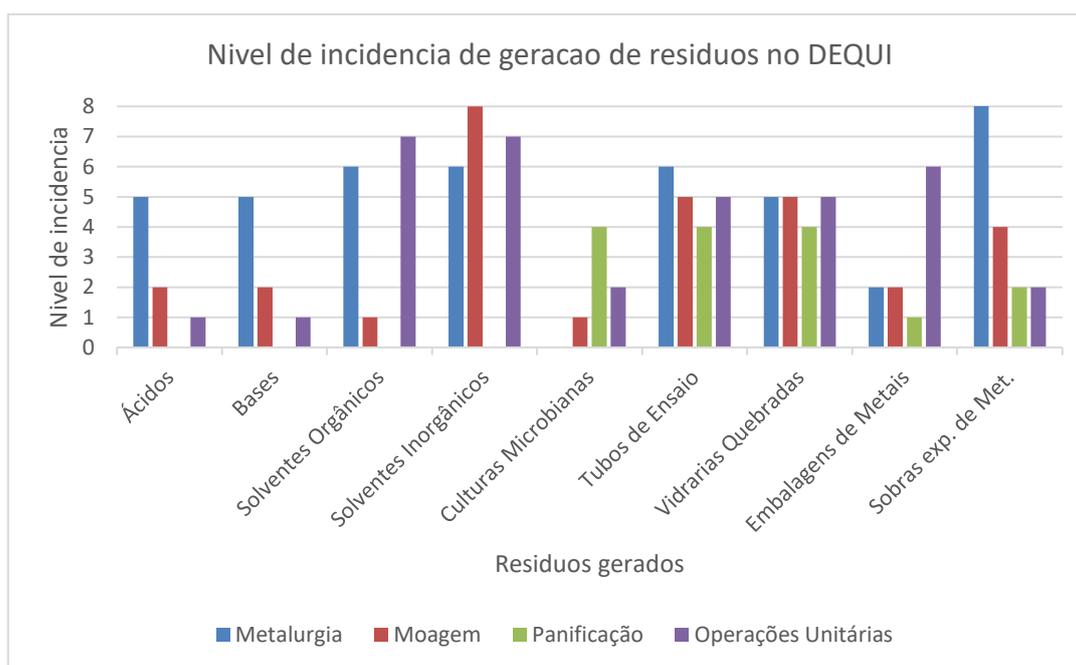


Gráfico 5. Nível de incidência de geração de resíduos no DEQUI

Os laboratórios de Panificação e Operações Unitárias apresentam melhores condições no que diz respeito ao armazenamento temporário de resíduos, (gráfico 6) com maior quantidade de recipientes rotulados e armários de segurança. No entanto, os laboratórios de Moagem e Metalurgia demonstram áreas onde melhorias são necessárias, especialmente na designação de áreas

de armazenamento e fornecimento de armários de segurança, o que pode comprometer a gestão eficaz dos resíduos gerados e aumentar os riscos associados ao manuseio de materiais perigosos.

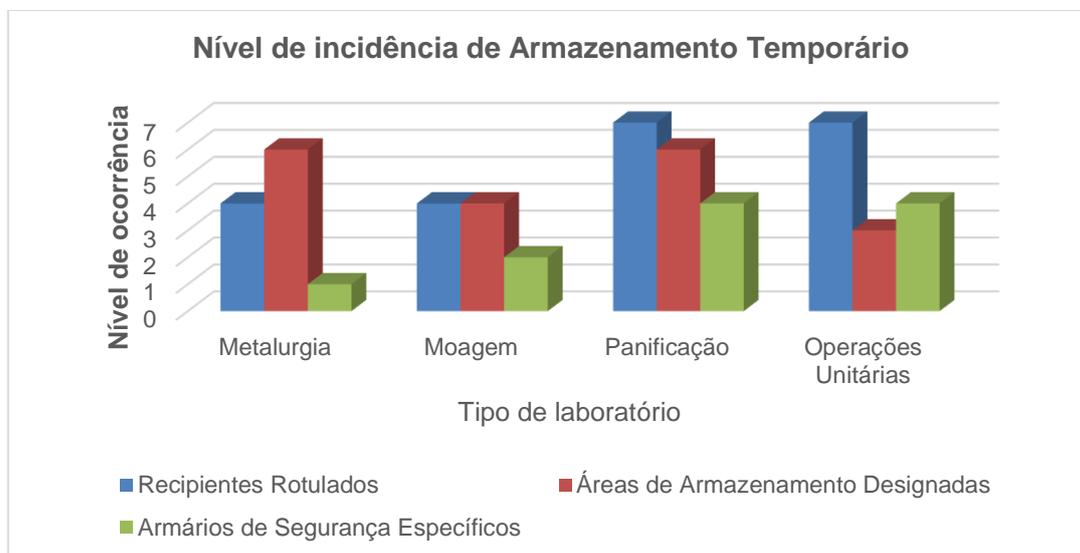


Gráfico 6. Nível de incidência de Armazenamento Temporário DEQUI

DEMA

O DEMA apresenta maior geração de resíduos sólidos e metálicos, como aparas de usinagem e peças danificadas. A área de Máquinas de Ferramentas e Motores de Combustão Interna são as que geram mais óleos e lubrificantes usados, como era de se esperar, dado o uso de maquinário pesado que requer manutenção constante. Por outro lado, Soldadura e Termodinâmica também apresentam geração significativa de resíduos metálicos e de peças, embora com menor intensidade no descarte de óleos e fluidos.

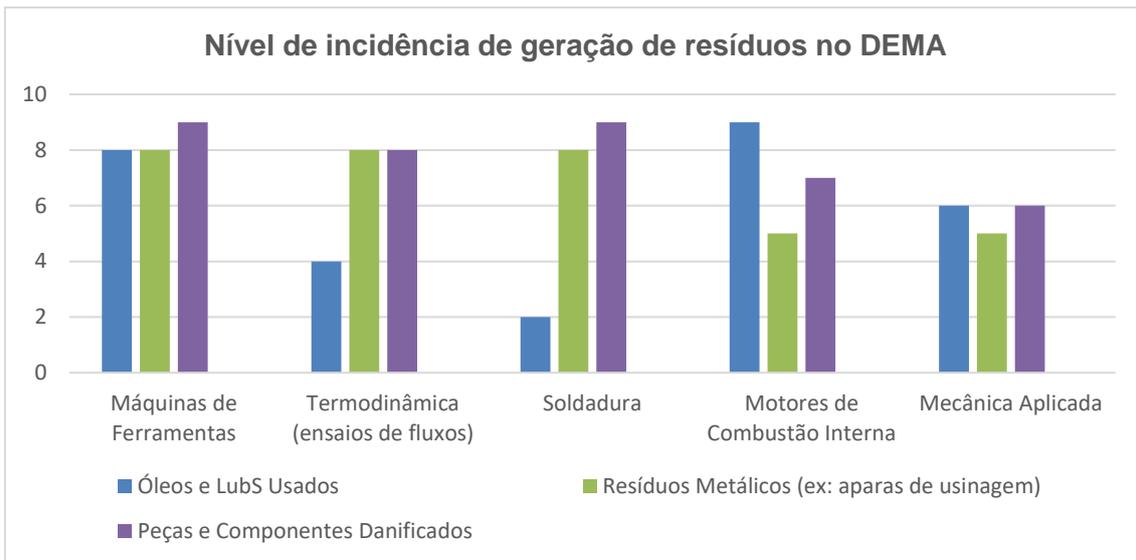


Gráfico 7. Nível de geração de resíduos no DEMA

O armazenamento temporário de resíduos no Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial (DEMA) revela uma variação significativa na infra-estrutura disponível, com áreas como Máquinas de Ferramentas e Soldadura possuindo áreas de armazenamento designadas adequadas, mas carecendo de armários de segurança específicos para resíduos perigosos. Já sectores como Motores de Combustão Interna e Mecânica Aplicada apresentam limitações tanto em áreas designadas quanto em armários de segurança, o que pode comprometer o descarte seguro de resíduos inflamáveis e perigosos.

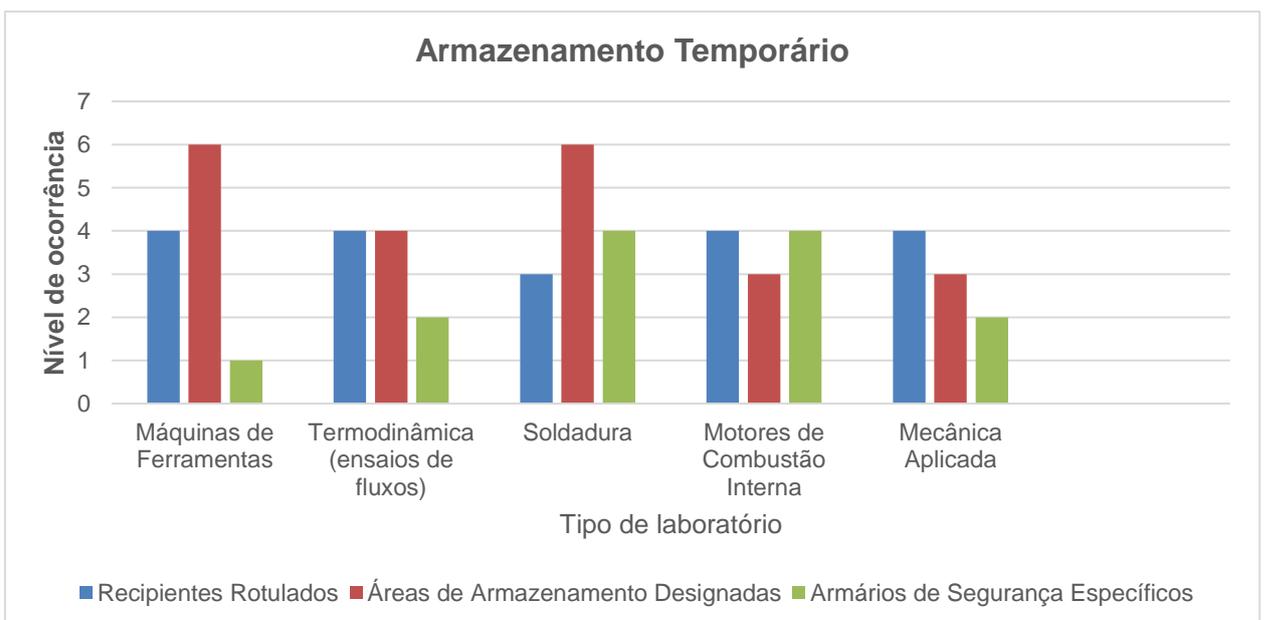


Gráfico 8. Nível de incidência de Armazenamento Temporário DEMA

Todos os resíduos são descartados no lixo comum, que é posteriormente destinado ao contentor geral da faculdade. No entanto, os óleos lubrificantes são despejados directamente no solo em uma área específica das oficinas, o que representa um grave risco ambiental e não atende às práticas adequadas de descarte de resíduos perigosos.

DECI

Os dados relacionados à gestão de resíduos nos laboratórios de Sistemas de Solos, Hidráulica Geral, Hidráulica Sanitária e Estruturas indicam que o descarte de concreto e argamassa é particularmente elevado nas áreas de Estruturas (índice 8), destacando a maior geração de resíduos nesse sector.

Já os resíduos de amostras de materiais, como betão, e materiais de construção descartados mostram uma geração média nas áreas de Hidráulica Geral e Sanitária, enquanto nas Estruturas apresentam índices mais elevados (7), refletindo maior actividade nesse sector. De modo geral, o descarte adequado desses materiais requer atenção para garantir um manuseio ambientalmente responsável.

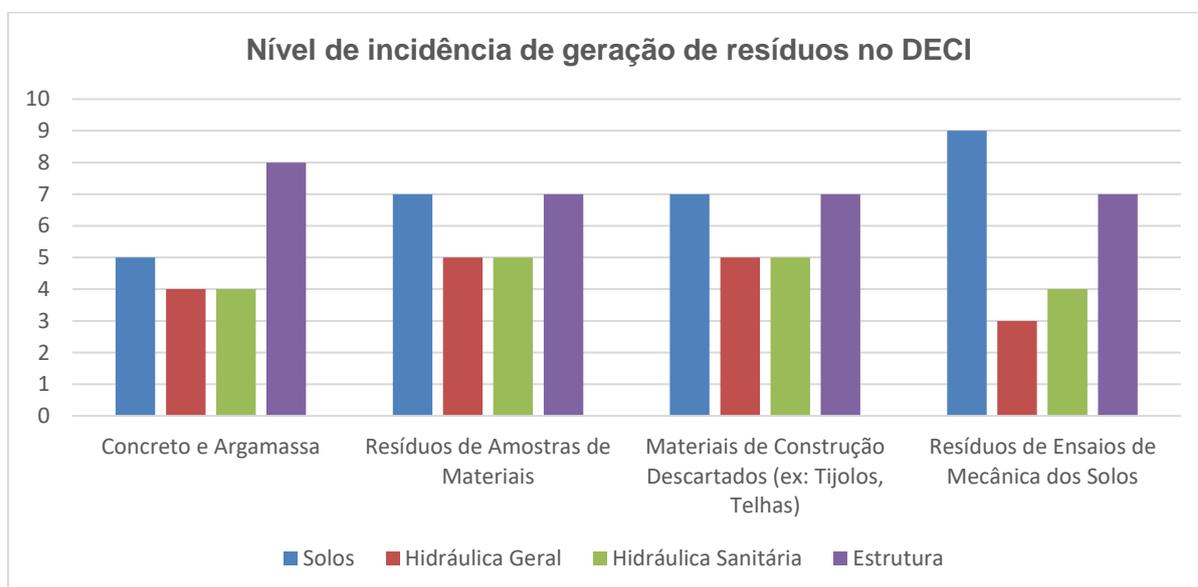


Gráfico 9. Nível de geração de resíduos no DECI

No Departamento de Engenharia Civil, a gestão temporária de resíduos apresenta algumas inconsistências, especialmente em relação à segurança e segregação dos materiais. A presença de recipientes rotulados tem índices relativamente altos em Sistemas de Solos e Estruturas (ambos com índice 6), o que sugere um esforço para identificar os resíduos adequadamente.

Em relação aos armários de segurança específicos, os índices são baixos em todos os laboratórios, com Sistemas de Solos tendo um índice de 2, e Hidráulica Sanitária e Estruturas alcançando apenas 3. Isso evidencia uma falta de infraestrutura adequada para o armazenamento de materiais perigosos, o que pode representar um risco tanto para a segurança dos trabalhadores quanto para o meio ambiente. Nos demais laboratórios, todos os resíduos gerados são depositados no lixo comum, com exceção dos resíduos do Laboratório de Hidráulica Sanitária. Nesse laboratório, uma empresa especializada realiza a remoção dos resíduos, mas apenas quando os compostos atingem a data de validade.

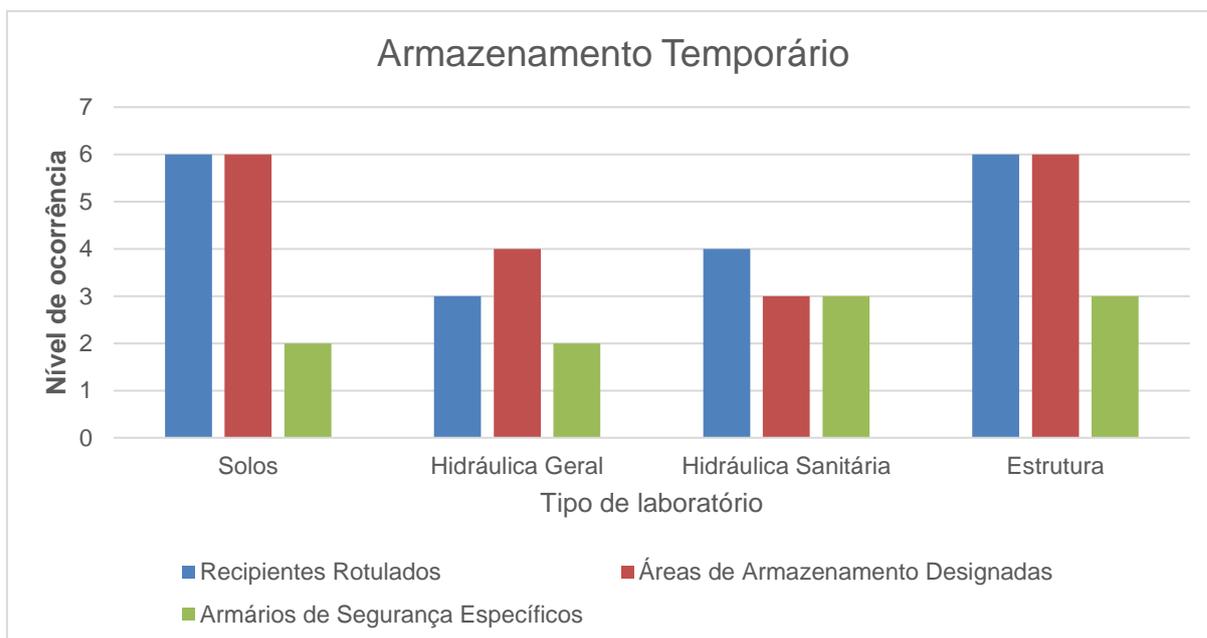


Gráfico 10. Nível de incidência de Armazenamento Temporário DECI

Laboratório de Hidráulica Sanitária: Este laboratório é bem organizado, com armários para armazenar todos os compostos utilizados nas experiências e áreas específicas para guardar resíduos sólidos após o uso. Todos os produtos são devidamente rotulados, indicando o nome do composto e as consequências

de seu uso inadequado. No entanto, parte dos resíduos líquidos é descartada na rede de esgoto por meio dos lavatórios, o que já causou corrosão na tubulação devido à composição dos resíduos.

Laboratório de Sistemas de Solos, os resíduos gerados neste laboratório consistem principalmente de resíduos sólidos, como amostras de solo, que, no entanto, não são contaminados. O Laboratório de Hidráulica Geral, este laboratório não gera resíduos, pois é utilizado para a realização de ensaios físicos, sem o uso de substâncias que resultem em descartes. O Laboratório de Estruturas, os resíduos sólidos gerados neste laboratório incluem argamassa, betão e ferros. Não há produção de asfalto neste espaço, sendo o foco nos materiais mencionados.

DEEL

No Departamento de Electrotecnia, há uma diversidade de resíduos gerados em diferentes áreas, como Oficinas de Electricidade, Telecomunicações, Alta Tensão, Máquinas Eléctricas, Informática, e Medidas Eléctricas. A geração de fios e cabos eléctricos e equipamentos eléctricos tem um índice alto em quase todas as áreas, particularmente em Oficinas de Electricidade (índice 9), Máquinas Eléctricas (índice 8), e Medidas Eléctricas (índice 8), indicando que esses tipos de resíduos são comuns e frequentemente gerados. Resíduos como placas de circuito impresso (PCI) também aparecem em quase todos os sectores, com maior incidência na área de Informática (índice 8) e em Máquinas Eléctricas (índice 5). Por outro lado, resíduos de solda electrónica apresentam uma geração relativamente baixa, excepto em Telecomunicações (índice 7), sugerindo que essa actividade não é amplamente distribuída por todos os sectores.

Além disso, resíduos relacionados a componentes electrónicos e circuitos integrados (CIs) têm destaque em áreas como Telecomunicações e Medidas Eléctricas (índices 7 e 9), o que reflecte o foco dessas áreas em electrónica de precisão.

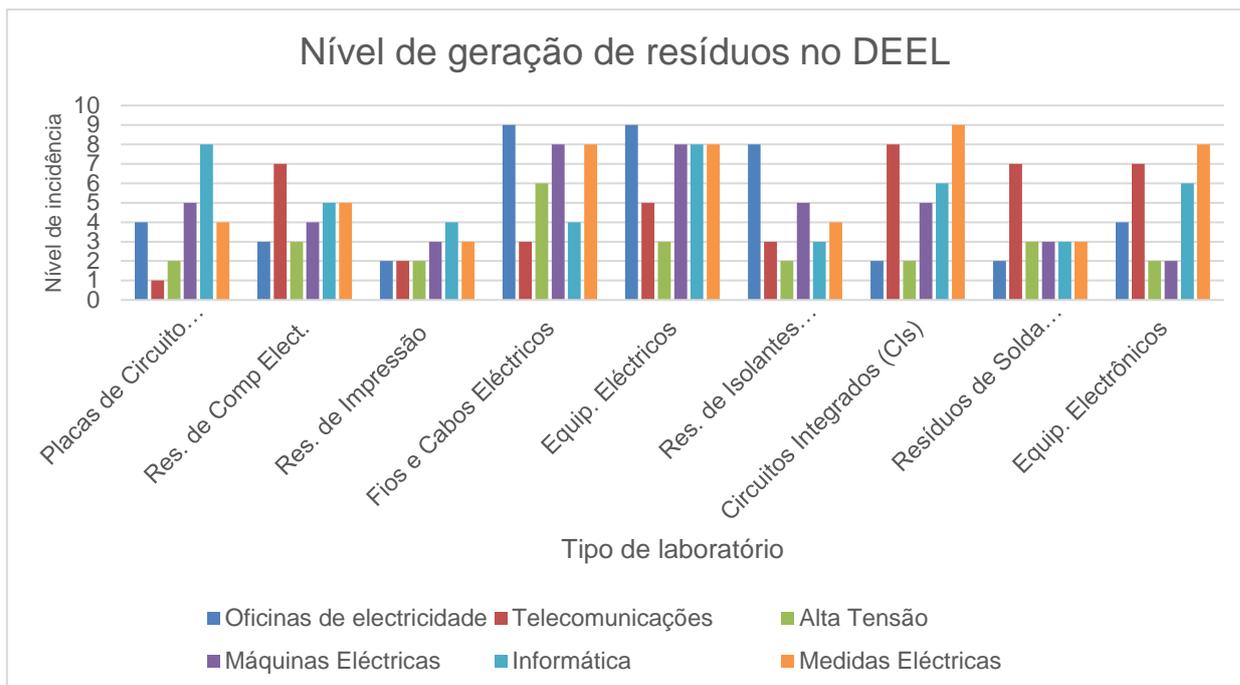


Gráfico 11. Nível de geração de resíduos no DEEL

No Departamento de Engenharia Eléctrica, o descarte de resíduos eletrônicos é gerido pela direção da faculdade, responsável pelo abate dos equipamentos que não podem mais ser reparados, como aparelhos de ar-condicionado, computadores, osciloscópios, entre outros. Cabe aos docentes notificar a direção sempre que esses equipamentos atingem o fim de sua vida útil. Quanto aos resíduos produzidos nos laboratórios, como componentes e fios elétricos, são descartados no lixo comum. Após serem removidos dos laboratórios, esses resíduos são encaminhados para o contentor geral da faculdade, sem segregação adequada ou tratamento específico.

4.2. Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos na FENG

O actual cenário de gestão de resíduos sólidos na Faculdade de Engenharia revela uma série de deficiências que comprometem tanto o reaproveitamento de materiais recicláveis quanto a eficiência ambiental. Nos diversos departamentos analisados, como DEQUI, DEMA, DECI e DELL, não existe um sistema formal de gestão de resíduos sólidos (GRS). Os resíduos são descartados de forma indiscriminada em recipientes comuns, o que impede a segregação adequada de resíduos recicláveis e não recicláveis.

Após uma análise detalhada do plano de gestão actual de resíduos sólidos da Faculdade de Engenharia (FENG), conclui-se que a instituição não possui um sistema estruturado para a gestão desses resíduos. A investigação abrangiu quatro departamentos principais — Departamento de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Electrotécnica e Departamento de Engenharia Civil.

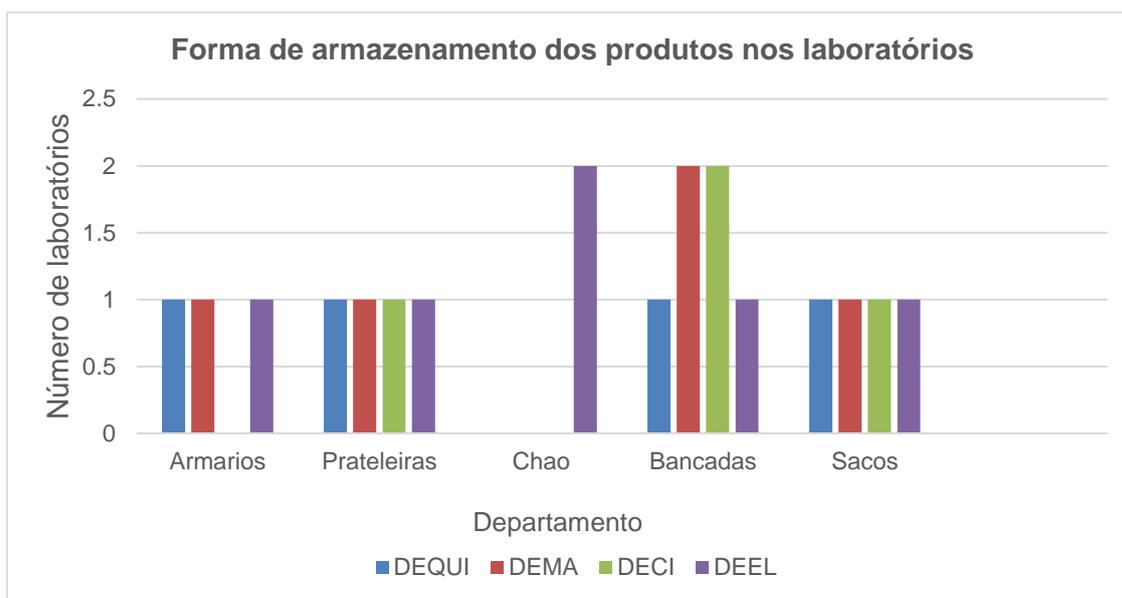


Gráfico 12. Forma de armazenamento dos produtos nos laboratórios

A análise revelou que todos os resíduos são acondicionados em recipientes comuns, sem qualquer tipo de segregação ou separação dos materiais. Esse método de gestão impede a diferenciação entre resíduos recicláveis e não recicláveis, resultando em uma ineficiência significativa na gestão e no reaproveitamento dos resíduos. A falta de um sistema formal de segregação compromete a eficácia na reciclagem e contribui para um maior volume de resíduos destinados a aterros.

A colecta de dados envolveu inquéritos aos funcionários de limpeza, técnicos de laboratórios que são responsáveis pela gestão dos resíduos na FENG. Os resultados desses inquéritos confirmaram que não há práticas estabelecidas para a separação e o condicionamento adequado dos resíduos sólidos. A ausência de práticas sistemáticas e a falta de conscientização sobre a

importância da gestão de resíduos contribuem para a perpetuação de um cenário de gestão inadequada e ineficiente.

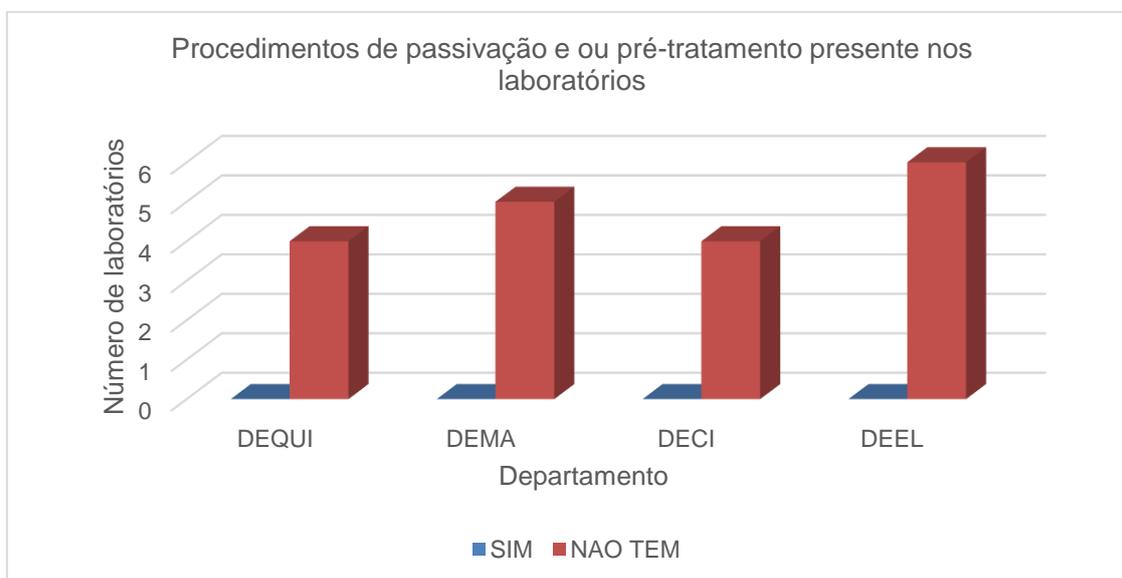


Gráfico 13. Procedimentos de passivação e ou pré-tratamento presente nos laboratórios

O gráfico 13 apresentado indica que nenhum dos laboratórios dos departamentos de Engenharia Química (DEQUI), Engenharia Mecânica, Engenharia Civil (DECI) e Engenharia Elétrica (DEEL) possui procedimentos de passivação ou pré-tratamento de resíduos implementados, o que pode ser uma falha significativa no manejo adequado dos resíduos laboratoriais.

Todos os laboratórios dos quatro departamentos indicaram "Não" quanto à presença de procedimentos de passivação e pré-tratamento, ou seja, nenhum realiza esse tipo de controle antes de descarte.

Nos departamentos de Engenharia Química, Engenharia Mecânica, Engenharia Electrotécnica e Engenharia Civil, os resíduos laboratoriais são frequentemente misturados com outros tipos de resíduos sólidos e descartados em recipientes comuns. Isso não só representa um risco potencial para a saúde e segurança dos indivíduos que lidam com esses resíduos, como também compromete a eficácia da gestão ambiental da instituição. Produtos químicos e reagentes podem reagir entre si ou causar contaminação ambiental quando não são descartados de acordo com as diretrizes apropriadas.

Os dados apresentados no gráfico 14 mostram que nenhum dos laboratórios dos departamentos DEQUI, DEMA, DECI e DEEL possuem um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) implementado.

A ausência de um PGRS nesses laboratórios sugere um descaso com as práticas de sustentabilidade e segurança necessárias para o correto manejo dos resíduos gerados em atividades de pesquisa e ensino. Sem um plano formal, o risco ambiental aumenta, pois, os resíduos podem ser descartados de maneira inadequada, resultando em contaminação ambiental, riscos à saúde dos alunos e funcionários, além de possíveis sanções legais.

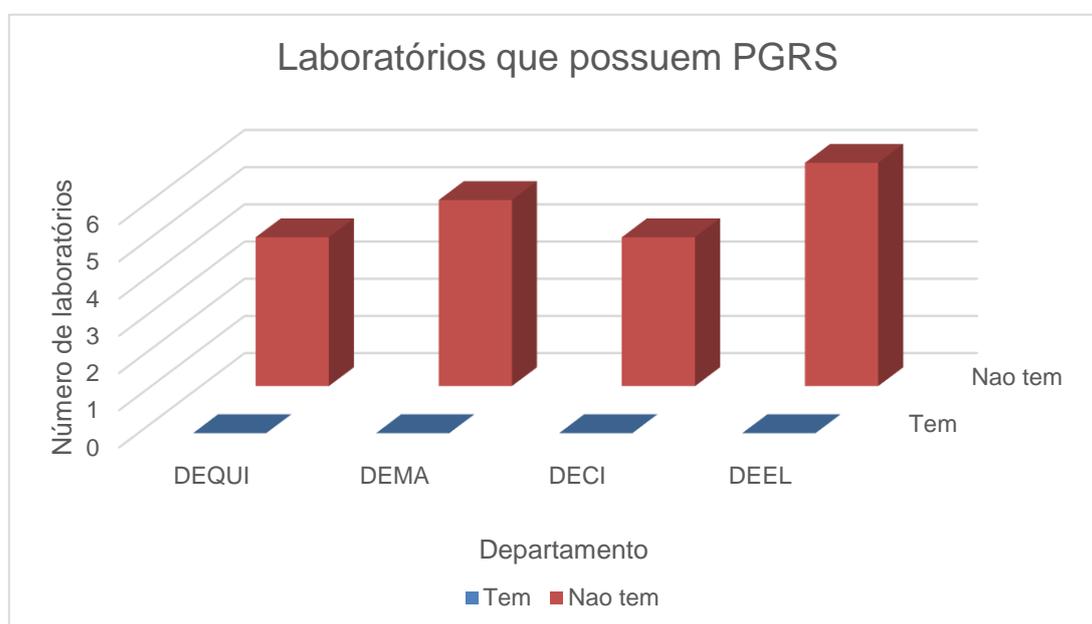


Gráfico 14. Laboratórios que possuem PGRS

A análise da organização dos resíduos de acordo com sua classe (figura 15) nos laboratórios dos departamentos DEQUI, DEMA, DECI e DEEL revela que nenhum dos laboratórios organiza seus resíduos adequadamente por classes. Todos os departamentos apresentaram resultados negativos quanto a essa prática essencial, sendo que facilita o armazenamento, tratamento e descarte seguro, evitando a mistura de resíduos incompatíveis que podem gerar reações perigosas.

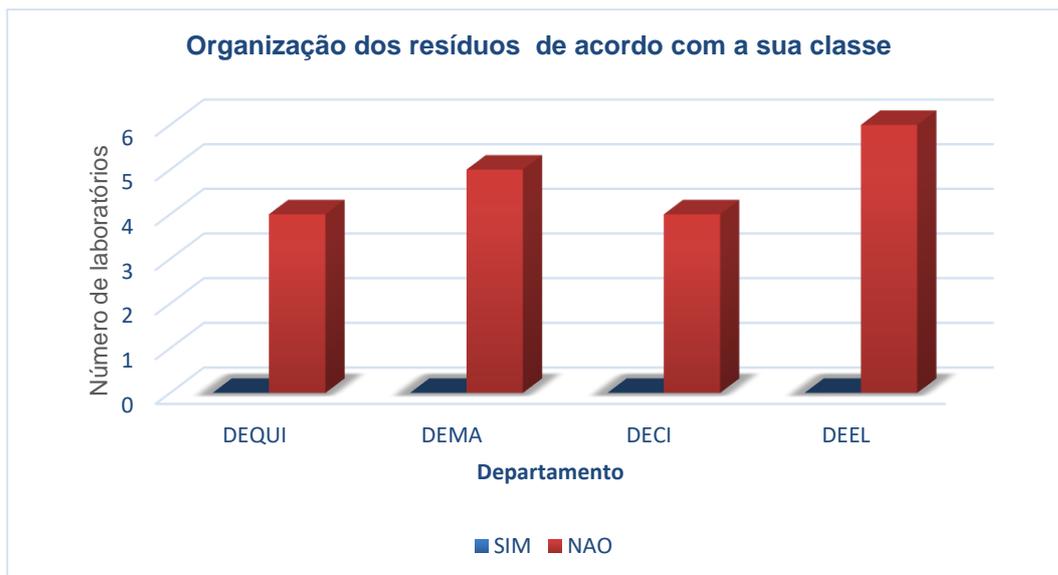


Gráfico 15. Organização dos resíduos de acordo com a sua classe

A análise sobre a segregação dos produtos por classe de perigo nos laboratórios dos departamentos DEQUI, DEMA, DECI e DEEL mostra que apenas uma parte dos laboratórios utiliza produtos químicos e, mesmo entre os que utilizam, não há segregação adequada por classe de perigo. Os laboratórios que utilizam produtos químicos (DEQUI, DEMA, DECI) devem implementar um sistema que assegure a segregação adequada, com áreas específicas para cada classe de produtos (corrosivos, inflamáveis).

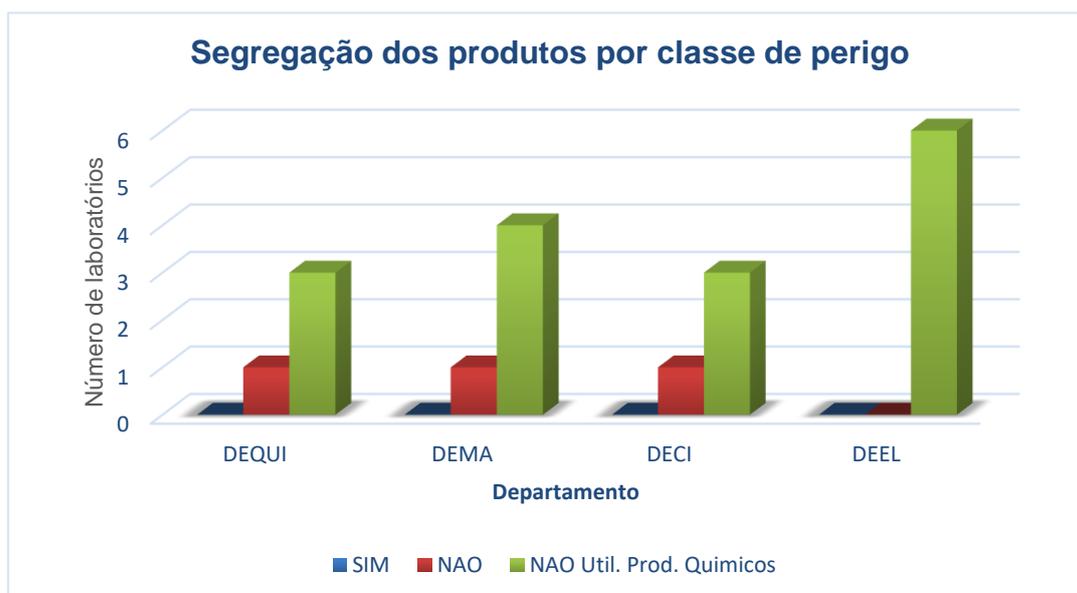


Gráfico 16. Segregação dos produtos por classe de perigo

A análise da destinação dos resíduos gerados nos laboratórios dos departamentos DEQUI, DEMA, DECI e DEEL revela práticas inadequadas de descarte, o que pode representar riscos significativos para a saúde pública e o meio ambiente. DEQUI, DEMA, DECI, dois laboratórios em cada um desses departamentos destinam resíduos líquidos para a rede de esgoto. DEEL, nenhum laboratório lança resíduos líquidos na rede de esgoto. O descarte de produtos químicos líquidos na rede de esgoto pode gerar contaminação da água, afectando estações de tratamento e ecossistemas aquáticos. DEQUI, DEMA, DECI: Em média, dois a três laboratórios despejam resíduos directamente no solo. DEQUI, DEMA, DEEL dois laboratórios armazenam os resíduos de maneira apropriada para posterior descarte. DECI, nenhum laboratório utiliza recipientes para o descarte de resíduos. Essa é a prática mais recomendada, pois evita a exposição directa aos resíduos e facilita o tratamento e a destinação correcta dos materiais. Nenhum dos laboratórios dos departamentos estudados encaminha resíduos para aterros sanitários, o que revela a ausência de uma estratégia adequada de destinação final para os resíduos sólidos gerados.

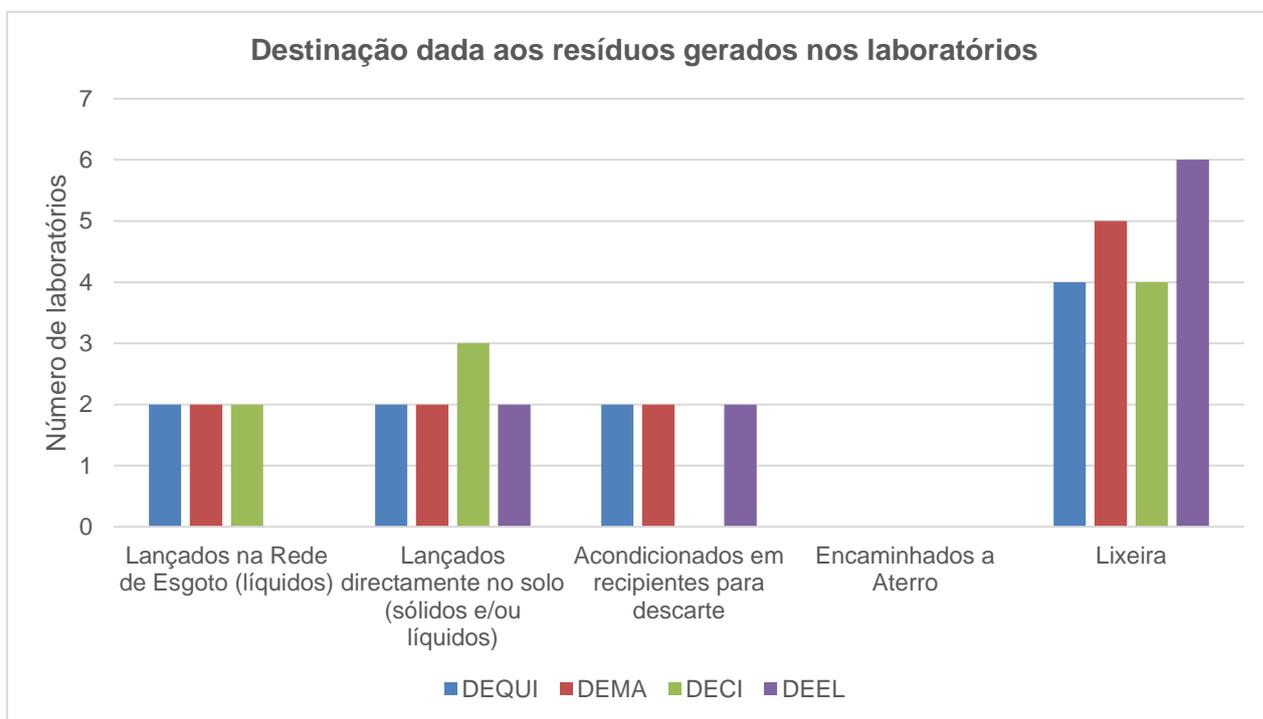


Gráfico 17. Destinação dada aos resíduos gerados nos laboratórios

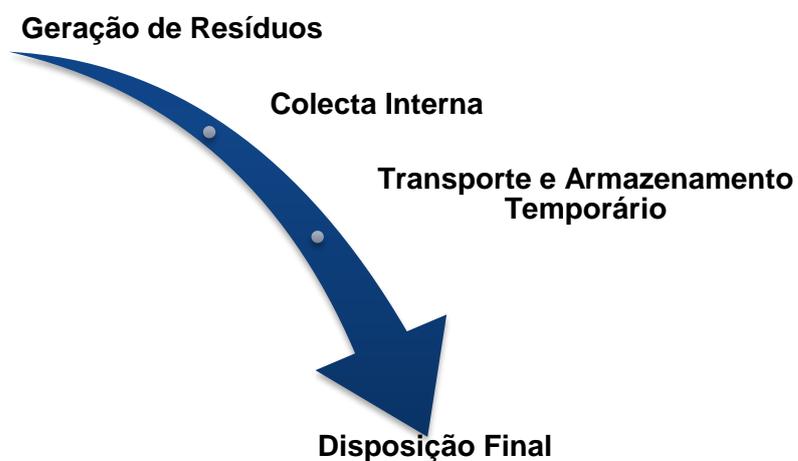
4.2.1. Depósito da Faculdade

Os resíduos mencionados, incluindo lâmpadas fluorescentes, produtos químicos como ácidos e solventes, óleos lubrificantes e garrafas não identificadas (Anexo 5), estão sendo descartados de forma inadequada atrás de um dos edifícios da Faculdade, sem qualquer tipo de acondicionamento apropriado. Esse cenário revela uma gestão deficiente, onde materiais perigosos ficam expostos ao ar livre, sem rotulagem ou segregação, elevando significativamente os riscos de contaminação ambiental e de acidentes, como derramamentos, incêndios ou explosões. A ausência de um sistema de armazenamento seguro ou de uma destinação correcta agrava a situação, comprometendo tanto a segurança da comunidade acadêmica quanto a integridade do meio ambiente. A situação apresentada reflecte um descarte indiscriminado de resíduos perigosos e não perigosos, como lâmpadas fluorescentes, produtos químicos (ácidos e solventes), óleos lubrificantes, e garrafas não rotuladas, o que representa um sério risco à saúde humana e ao meio ambiente. A ausência de rotulagem e de uma destinação adequada desses materiais aumenta o potencial de contaminação do solo e da água, além de riscos de incêndios e explosões devido ao acúmulo de substâncias inflamáveis. O lançamento de resíduos líquidos no esgoto e sólidos directamente no solo agrava ainda mais a degradação ambiental. Para mitigar esses impactos, é urgente implementar práticas de gerenciamento adequado, como rotulagem, armazenamento seguro, e destinação correcta para reciclagem ou tratamento especializado.



Figura 3. Destinação dada aos resíduos gerados nos laboratórios

O fluxo típico dos resíduos sólidos não perigosos dentro da instituição é o seguinte:



Esquema 2. fluxo típico dos resíduos sólidos não perigosos na FENG

Geração de Resíduos: Os resíduos sólidos são gerados em vários pontos dentro da faculdade, incluindo os departamentos acadêmicos (Engenharia Química, Engenharia Mecânica, Engenharia Electrotécnica e Engenharia Civil) e áreas comuns. Além dos resíduos gerais, há a produção de resíduos laboratoriais que incluem produtos químicos e reagentes.

Colecta Interna: Actualmente, não há um sistema formal para a segregação de resíduos na fonte. Todos os tipos de resíduos, tanto gerais quanto laboratoriais, são descartados em recipientes comuns sem qualquer tipo de separação. Isso inclui resíduos recicláveis, orgânicos, plásticos, metais, vidro e produtos químicos.

Transporte e Armazenamento Temporário: Os resíduos colectados são transportados para um local de armazenamento temporário ou directamente para os contentores gerais. No armazenamento temporário, a falta de segregação continua a ser um problema, e os resíduos são frequentemente acumulados sem distinção, aumentando o risco de contaminação e tornando difícil a gestão eficiente.

Disposição Final: Finalmente, os resíduos são descartados em contentores gerais localizados no pátio da faculdade. Essa prática de descarte indiscriminado em um único tipo de contentor não permite a separação e a reciclagem apropriada dos materiais, resultando em um gerenciamento ineficaz e um impacto ambiental negativo.

4.2.2. Saúde, Segurança e Meio Ambiente

A análise das medidas de segurança adotadas nos departamentos revela que todos apresentam lacunas significativas, especialmente na implementação de treinamentos periódicos sobre gestão de resíduos sólidos, que não são realizados em nenhum dos laboratórios, e na ausência de mapas de risco, que são cruciais para a identificação e mitigação de perigos. Embora o DECI se destaque no uso de EPIs e na adoção de procedimentos de manuseio seguro, e o DEEL possua a melhor ventilação, todos os departamentos precisam melhorar a utilização de EPIs e estabelecer procedimentos documentados para o manuseio seguro de materiais. A ventilação adequada é um ponto positivo geral,

mas deve ser monitorada e aprimorada continuamente para garantir a segurança de todos os ambientes de trabalho.

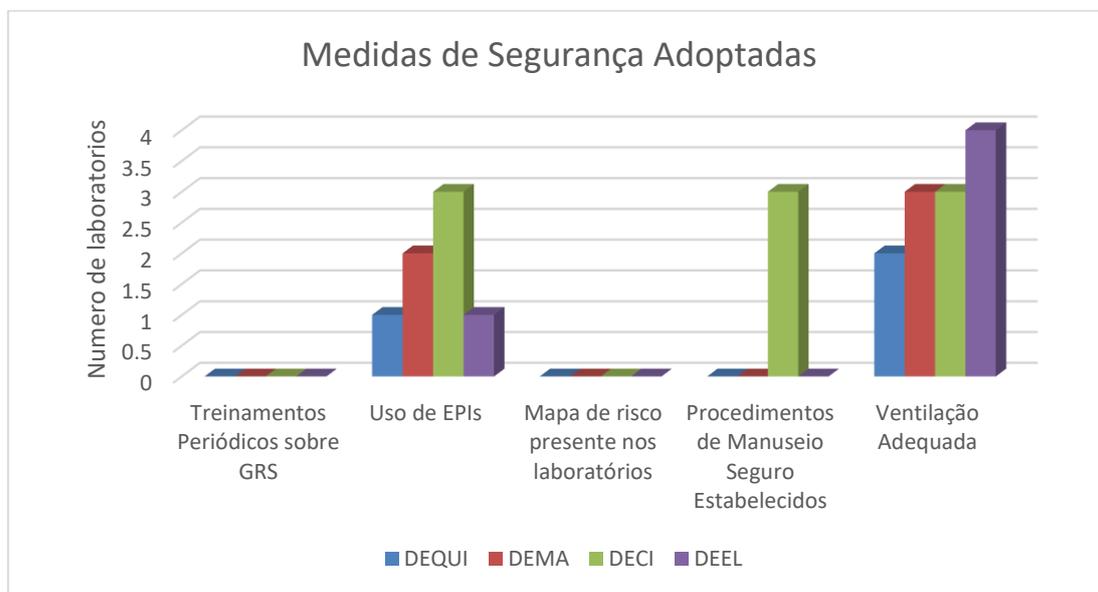


Gráfico 18. Medidas de Segurança Adotadas

Nos laboratórios dos departamentos DEQUI, DEMA, DECI e DEEL, a análise dos itens de saúde, segurança e ambiente revela importantes lacunas e áreas de melhoria. Todos os departamentos têm saídas de emergência, mas DEEL lidera com o maior número, indicando uma melhor preparação para evacuação. No entanto, a ausência de telefones de emergência em DEQUI é preocupante, e a falta geral de telefones dos responsáveis pelos laboratórios em todos os departamentos é uma falha crítica. Apenas DECI possui quadros com informações de primeiros socorros, enquanto DEQUI e DEMA carecem dessa importante ferramenta de orientação. A presença de telefones dos bombeiros está limitada a DECI e DEEL, o que pode comprometer a resposta rápida em situações de incêndio. É essencial que todos os laboratórios implementem medidas correctivas, incluindo a instalação de telefones de emergência e dos responsáveis, a colocação de quadros de primeiros socorros e a melhoria na sinalização das saídas de emergência para garantir a segurança adequada em situações de crise.

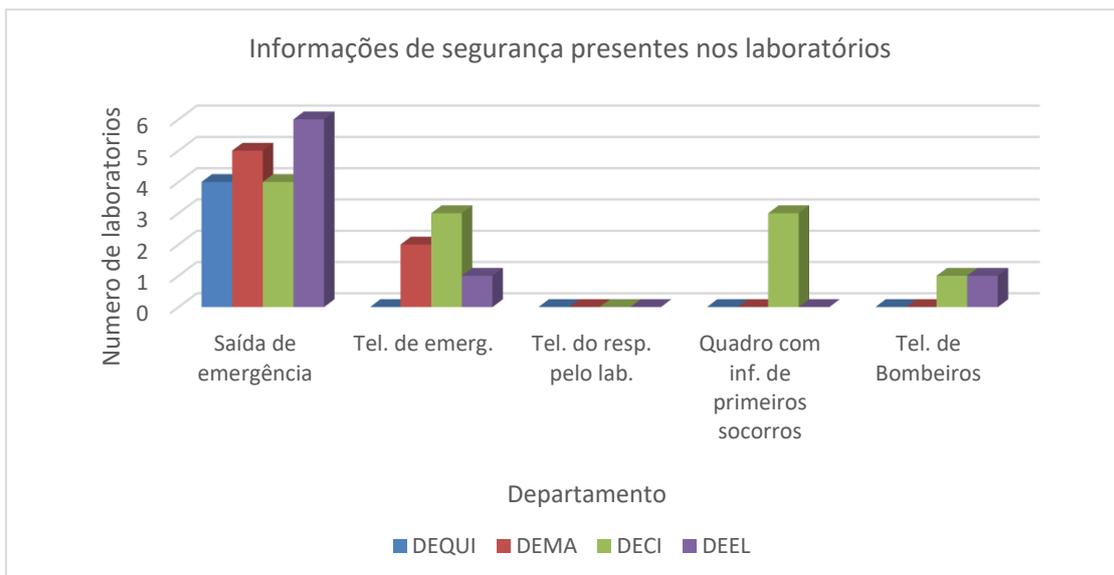


Gráfico 19. Informações de segurança presentes nos laboratórios

4.3. Plano de Gestão de RS para os Laboratórios

O Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) para os laboratórios dos departamentos DEQUI, DECI, DEMA e DEEL tem como objectivo garantir a gestão eficiente e sustentável dos resíduos gerados durante as actividades laboratoriais. Este plano abrange desde a geração dos resíduos até sua disposição final, com etapas claras de identificação, segregação, armazenamento temporário, tratamento e descarte. Cada tipo de resíduo é tratado de acordo com suas características, priorizando a segurança, a conformidade com as normas ambientais, e o reaproveitamento de materiais recicláveis. A tabela 3 detalha o processo de gerenciamento de RS, adaptado para cada laboratório, visando minimizar os impactos ambientais e otimizar o uso de recursos, por meio de práticas sustentáveis e monitoramento contínuo.

Tabela 3. Plano de Gestão de RS para os Laboratórios

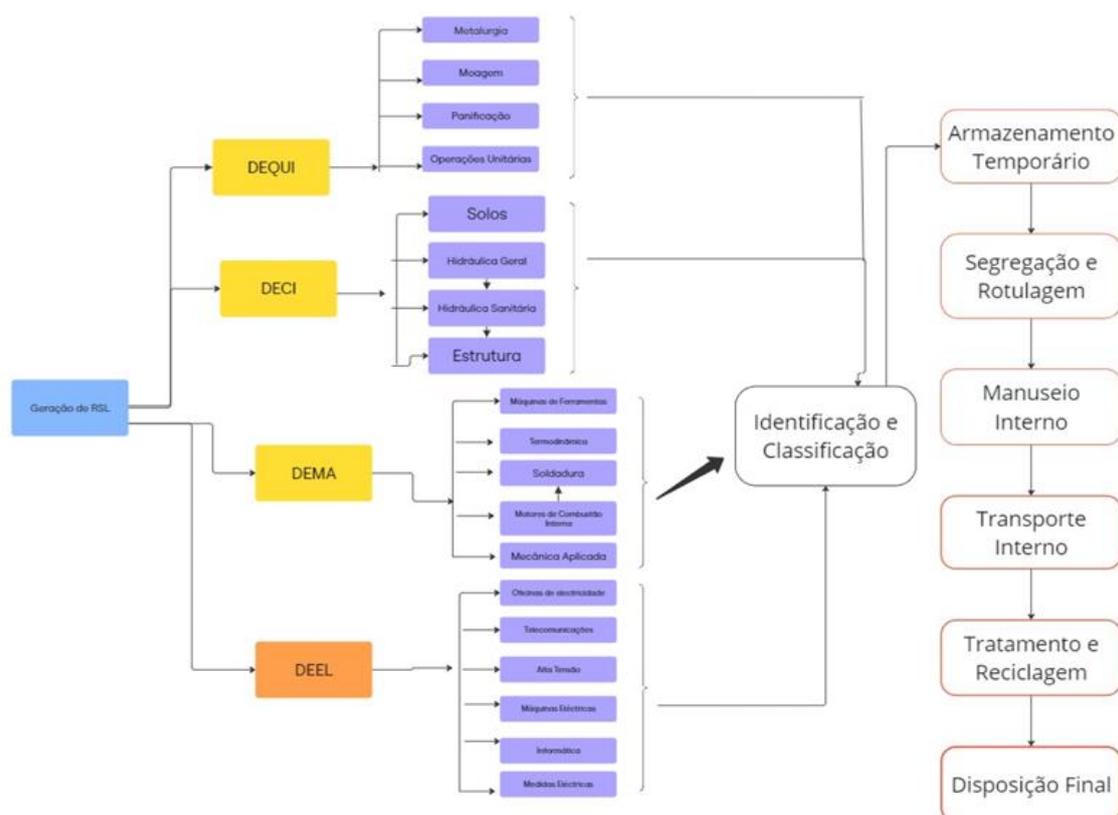
Departamento /Laboratório	Tipo de Resíduo	Geração de Resíduos	Armazenamento Temporário	Segregação	Tratamento/Reciclagem	Disposição Final	Monitoramento e Avaliação
DEQUI - Panificação	Orgânicos, Plásticos,	Resíduos alimentares, embalagens,	Contentores identificados para resíduos orgânicos, plásticos	Separação de resíduos orgânicos, recicláveis	Compostagem para orgânicos, reciclagem de plásticos.	Empresas de compostagem, reciclagem.	Auditorias trimestrais e revisão anual do plano
DEQUI - Operações Unitárias	Químicos, Vidros, Recicláveis	Produtos químicos, vidros quebrados, materiais recicláveis	Contentores específicos para resíduos perigosos, vidros e recicláveis	Rotulagem detalhada para resíduos perigosos e recicláveis	Tratamento de químicos, reciclagem de vidros e materiais	Contratação de empresas especializadas para descarte	Auditorias e capacitação contínua
DEQUI - Metalurgia	Metais, Químicos,	Resíduos metálicos, produtos químicos	Armazenamento em contentores resistentes e específicos para metais	Segregação de metais, químicos e	Reciclagem de metais, tratamento de químicos	Empresas de reciclagem e tratamento de resíduos perigosos	Monitoramento semanal e revisões a cada seis meses
DEQUI - Moagem	Poeira, Resíduos Sólidos	Poeiras e resíduos de moagem,	Armazenamento temporário em recipientes vedados	Separação de resíduos sólidos e Filtragem de poeiras	Filtragem de poeiras, tratamento	Empresas de reciclagem e descarte de resíduos perigosos	Revisões mensais do sistema de filtragem e tratamento
DECI - Solos	Amostras de Solo, Embalagens	Amostras de solo, materiais plásticos	Contentores adequados para resíduos de solo e plásticos	Separação entre resíduos de solo e plásticos	Reciclagem de plásticos,	Empresas de tratamento e reciclagem	Auditorias semestrais e controle rigoroso de resíduos
DECI - Hidráulica Sanitária	Químicos, Plásticos, Resíduos Sanitários	Produtos químicos e resíduos sólidos	Armazenamento temporário em contentores selados	Separação entre químicos e materiais recicláveis	Tratamento de químicos e descarte	Empresas de tratamento e descarte sanitário	Auditorias anuais e reavaliação do plano

DECI - Estruturas	Metais, Concreto, Materiais Recicláveis	Resíduos de estruturas metálicas, concreto, plásticos	Contentores separados para resíduos metálicos, concreto e recicláveis	Segregação de metais, concreto e materiais recicláveis	Reciclagem de metais e concreto	Empresas especializadas para reciclagem e descarte	Monitoramento trimestral e auditorias semestrais
DEMA - Máquinas de Ferramentas	Metais, Óleos usados, Recicláveis	Resíduos metálicos, óleo de máquinas, plásticos	Armazenamento adequado de metais e óleos em recipientes específicos	Separação de metais, óleos e plásticos	Reciclagem de metais, tratamento de óleo	Empresas de reciclagem e tratamento de óleo	Auditorias mensais e revisões a cada seis meses
DEMA - Termodinâmica	Resíduos Metálicos e Recicláveis	Componentes danificados, ferros	Armazenamento adequado de metais	Segregação dos resíduos	Reciclagem de metais,	Empresas de reciclagem	Revisão periódica do sistema de tratamento
DEMA - Soldadura	Metais, Poeira	Resíduos metálicos, gases e produtos químicos	Contentores separados para metais	Segregação entre resíduos metálicos	Reciclagem de metais	Empresas de reciclagem e	Revisões trimestrais do plano
DEMA - Motores de Combustão Interna	Óleos, Combustíveis, Metais	Resíduos de óleos, combustíveis e metais	Armazenamento adequado de óleos, combustíveis e metais em recipientes específicos	Separação entre resíduos de óleos, combustíveis e metais	Tratamento de óleos e reciclagem de metais	Empresas especializadas para reciclagem e descarte	Auditorias semestrais e inspeções regulares
DEMA - Mecânica Aplicada	Metais, Plásticos,	Resíduos metálicos, plásticos	Contentores separados para plásticos e metais,	Segregação entre recicláveis	Reciclagem de plásticos e metais,	Empresas de reciclagem e descarte	Auditorias periódicas e capacitação contínua
DEEL - Oficinas de Electricidade	Cabos, Componentes Eléctricos, Plásticos	Resíduos de cabos, componentes e plásticos	Armazenamento em recipientes para metais e plásticos	Segregação entre metais e recicláveis	Reciclagem de cabos e componentes	Empresas de reciclagem especializadas	Revisões mensais do sistema de gerenciamento de resíduos

DEEL - Telecomunicações	Componentes Eletrônicos, Cabos, Plásticos	Resíduos eletrônicos, cabos e materiais recicláveis	Contentores adequados para componentes eletrônicos e cabos	Segregação de eletrônicos e materiais recicláveis	Reciclagem de componentes eletrônicos e cabos	Empresas especializadas em eletrônicos	Auditorias semestrais e inspeção de processos
DEEL - Alta Tensão	Metais, Resíduos Perigosos	Resíduos de metais, e equipamentos de alta tensão	Armazenamento adequado de metais em recipientes específicos	Separação entre resíduos perigosos e recicláveis	Reciclagem de metais e tratamento de óleos	Empresas especializadas em reciclagem e tratamento	Auditorias anuais e treinamento contínuo
DEEL - Máquinas Elétricas	Metais, Componentes Elétricos,	Resíduos metálicos, componentes de máquinas	Armazenamento temporário de componentes em recipientes vedados	Separação de metais, plásticos e	Reciclagem de metais e tratamento	Empresas especializadas em reciclagem e tratamento	Monitoramento contínuo e auditorias a cada seis meses
DEEL - Informática	Resíduos Eletrônicos	Equipamentos eletrônicos obsoletos,	Armazenamento temporário em recipientes próprios para eletrônicos	Separação de resíduos eletrônicos	Reciclagem de resíduos eletrônicos	Empresas especializadas em reciclagem	

4.3.1. Fluxo de Resíduos Laboratoriais

O fluxograma de resíduos laboratoriais descreve as etapas fundamentais para a gestão adequada dos resíduos gerados nas actividades de ensino e pesquisa. Desde a geração até a disposição final, cada fase envolve procedimentos específicos para garantir a segregação, armazenamento temporário, transporte interno, e tratamento dos resíduos de acordo com as normas ambientais e de segurança. Este fluxo busca minimizar impactos ao meio ambiente e promover a segurança dos envolvidos, assegurando que resíduos perigosos e não perigosos sejam geridos de forma responsável e eficiente dentro dos laboratórios.



Esquema 3. Fluxo de Resíduos Laboratoriais

Geração de Resíduos

Nos laboratórios da faculdade, os resíduos são gerados durante as actividades de ensino e pesquisa, como experimentos, manutenções, e ensaios técnicos. Exemplos incluem resíduos químicos, metais, plásticos, vidros e componentes eletrônicos. Cada departamento deve identificar os tipos de resíduos gerados

por suas actividades para garantir a gestão adequada. Isso inclui laboratórios de Panificação, Operações Unitárias, Metalurgia, Moagem, Solos, Hidráulica, Termodinâmica, Electricidade, Telecomunicações, etc.

Identificação e Classificação

Após a geração, os resíduos precisam ser identificados e classificados de acordo com suas características físicas e químicas. Os resíduos perigosos (como produtos químicos, solventes ou metais pesados) devem ser separados dos não perigosos (papel, vidro, plásticos). Cada departamento deve ter um sistema de codificação e rotulagem que identifique claramente o tipo de resíduo e sua origem (laboratório específico), de forma a facilitar o armazenamento e o descarte correcto.

Armazenamento Temporário

Os resíduos gerados devem ser armazenados temporariamente em locais apropriados dentro de cada laboratório. O armazenamento deve ser seguro e controlado, evitando contaminação ou vazamentos. Para isso, devem ser utilizados recipientes específicos para cada tipo de resíduo (como tambores para produtos químicos, contêineres vedados para resíduos biológicos ou orgânicos, caixas de segurança para vidros e metais). Esses recipientes devem estar claramente rotulados e posicionados em áreas ventiladas e isoladas, de acordo com as normas de segurança.



Figura 4. Armazenamento Temporário dos resíduos (Bruni V., 2016).

Segregação e Rotulagem

Nos laboratórios, deve-se segregar os resíduos conforme sua classificação: recicláveis (papel, plástico, vidro, metais) e não recicláveis ou perigosos (químicos, eletrônicos, biológicos). Cada contentor deve estar rotulado com informações como data de geração, tipo de resíduo e origem. Essa etapa é essencial para garantir que os resíduos sejam tratados e descartados corretamente. A segregação evita misturas que possam gerar riscos à saúde e ao meio ambiente.

Os resíduos de pequenas dimensões endurecidos devem ser segregados da seguinte maneira:

- Resíduos de Classe A;
- Plásticos e papéis (Classe B);
- Metais (Classe B);
- Madeiras (Classe B).

A segregação dos resíduos deve ser garantida da geração até a destinação final.

Tabela 4. Código de cores para os resíduos gerados pelos Laboratórios

Cor	Residuo
	Classe I
	Plastico e Papel
	Metal
	Madeira
	Solos

Manuseio Interno

O manuseio dos resíduos dentro dos laboratórios deve seguir procedimentos rigorosos para minimizar riscos. Cada departamento deve garantir que os funcionários e estudantes utilizem equipamentos de proteção individual (EPIs), como luvas, óculos de segurança e máscaras, de acordo com o tipo de resíduo manuseado. Os laboratórios devem estar equipados com manuais de

procedimentos de segurança, e o manuseio deve ser feito por pessoas treinadas para evitar acidentes.

Procedimentos de Segurança e Equipamentos de Proteção

Cada laboratório deve implementar procedimentos de segurança específicos, conforme o tipo de resíduo e as actividades realizadas. Isso inclui o uso obrigatório de EPIs e a instalação de dispositivos de segurança, como chuveiros de emergência, ventilação adequada, extintores e kits de primeiros socorros. Treinamentos periódicos sobre o manejo de resíduos e a utilização correcta dos EPIs devem ser oferecidos a todos os envolvidos nas actividades laboratoriais.

Transporte Interno

O transporte dos resíduos do local de geração (laboratório) até o local de armazenamento central ou tratamento interno deve ser feito utilizando rotas e veículos adequados. Para resíduos perigosos, como químicos ou biológicos, é necessário o uso de carrinhos de transporte específicos e recipientes selados. Os transportadores devem seguir as normas de segurança e estar devidamente equipados com EPIs. O transporte deve ser rápido e seguro, evitando acidentes e contaminação.



Figura 5. Transporte Interno dos dos resíduos (Bruni V., 2016).

Tratamento e Reciclagem

Os resíduos recicláveis, como metais, plásticos e papéis, devem ser encaminhados para reciclagem. Em alguns casos, o tratamento de resíduos perigosos pode ser feito dentro da faculdade, com equipamentos especializados para neutralização de químicos, descontaminação de solos, entre outros.

Cada departamento deve destinar os resíduos recicláveis e perigosos para os centros de tratamento e empresas de reciclagem licenciadas.

Disposição Final

Após o tratamento e reciclagem, os resíduos que não podem ser reutilizados ou reciclados devem ser descartados de maneira adequada. A faculdade deve firmar parcerias com empresas especializadas e licenciadas para a disposição final de resíduos perigosos, como produtos químicos ou eletrônicos, e para a reciclagem de materiais comuns. A documentação de todo o processo, desde a geração até a disposição, deve ser mantida para auditorias e controle interno.

4.4. Propostas de Técnicas de Tratamento

As técnicas propostas para o tratamento de resíduos laboratoriais nos departamentos de engenharia da faculdade abrangem uma série de abordagens para garantir o descarte seguro e sustentável. Para resíduos químicos, a neutralização de ácidos e bases, bem como a precipitação de metais pesados, visa minimizar o impacto ambiental antes do descarte. Resíduos líquidos e biológicos são tratados com sistemas de efluentes e autoclaves, eliminando riscos de contaminação. Solventes são reaproveitados através de processos de destilação, enquanto materiais sólidos inertes e de construção são encaminhados para reciclagem ou aterros sanitários controlados. Óleos lubrificantes e eletrônicos recebem tratamento específico, como biorremediação e gestão de e-waste, assegurando que esses resíduos perigosos sejam manuseados de forma adequada, preservando o ambiente e promovendo a sustentabilidade.

Tabela 5. Técnicas de Tratamento de Resíduos

Categoria de Resíduo	Técnica de Tratamento	Aplicação por Departamento	Detalhes da Técnica
Resíduos Químicos	Neutralização de ácidos e bases	DEQUI, DECI	Adição de substâncias neutralizantes antes do descarte.
	Precipitação e Filtração de Metais Pesados	DECI, DEQUI	Separação de metais insolúveis para descarte seguro.
Resíduos Sólidos Inertes	Reciclagem de papel, plástico e metais	DECI, DEMA, DEEL	Colecta selectiva de embalagens e sucata para reciclagem.
	Reuso de Solventes	DEQUI	Purificação de solventes como etanol e acetona para reutilização.
Resíduos Eletrônicos	PGR Eletrônicos	DEEL	Descarte adequado de componentes eletrônicos para reciclagem.
Resíduos Perigosos	Acondicionamento em recipientes adequados	Todos os departamentos (DEQUI, DEMA, DECI, DEEL)	Armazenamento seguro em recipientes resistentes e rotulados.
Óleos Lubrificantes	Biorremediação ou Tratamento Físico-Químico	DEMA	Utilização de microrganismos ou produtos absorventes para tratar óleos.
Resíduos de Materiais de Construção	Reciclagem de materiais como concreto e ferros	DECI	Trituração e reaproveitamento de materiais de construção.
Resíduos Líquidos (Efluentes)	Tratamento de efluentes antes do descarte no esgoto	DEQUI, DECI	Sistemas de tratamento para evitar corrosão e contaminação do meio ambiente.
Resíduos Inertes	Encaminhamento para Aterros Sanitários	Todos os departamentos	Acondicionamento e envio de resíduos inertes para aterros controlados.

Detalhamento das Técnicas de Tratamento de Resíduos

Tabela 6. Detalhamento das Técnicas de Tratamento de Resíduos

Resíduo	Técnica	Descrição
Ácidos e Bases	Neutralização	Ácidos são neutralizados com bases e vice-versa antes do descarte, garantindo que o pH esteja seguro para descarte no esgoto.
Solventes (etanol, acetona)	Reuso de Solventes	Solventes são destilados e reutilizados, minimizando o descarte e os custos com a aquisição de novos produtos.
Metais pesados	Precipitação e Filtração	Metais pesados são convertidos em formas insolúveis e separados dos líquidos através de filtração, para descarte controlado.
Materiais Eletrônicos	Programa de Gestão de e-waste	Componentes eletrônicos são desmontados, e partes aproveitáveis são recicladas. Equipamentos sem reparo são encaminhados para empresas especializadas.
Óleos Lubrificantes	Biorremediação	Técnicas de tratamento biológico ou físico-químico são usadas para degradar óleos contaminantes, evitando seu despejo no solo.
Resíduos Sólidos (construção)	Reciclagem de Materiais	Materiais de construção, como concreto e ferros, são triturados e reciclados, reduzindo a geração de resíduos sólidos.
Resíduos Líquidos (químicos)	Tratamento de Efluentes	Líquidos contendo resíduos químicos são tratados em sistemas específicos antes de serem descartados no esgoto, evitando contaminação.
Resíduos Inertes	Aterro Sanitário	Resíduos que não podem ser reciclados são armazenados de forma segura e encaminhados para aterros sanitários controlados.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

A proposta de um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGRS) para a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) visa atender a uma necessidade crítica de gerenciamento responsável dos resíduos gerados nas actividades académicas e laboratoriais. Com base nos objectivos estabelecidos, o trabalho permitiu identificar, classificar e quantificar os diferentes tipos de resíduos sólidos produzidos em cada departamento da Faculdade, fornecendo uma visão clara da magnitude e diversidade dos resíduos gerados. O diagnóstico realizado sobre o sistema actual de gestão de resíduos evidenciou a existência de lacunas significativas no manejo e na destinação adequada dos resíduos, especialmente no que diz respeito aos resíduos laboratoriais, que requerem técnicas específicas de tratamento. As práticas inadequadas observadas podem gerar impactos ambientais negativos e aumentar os riscos à saúde pública. Assim, a implementação do PGRS é fundamental para a melhoria das condições de sustentabilidade da Faculdade de Engenharia.

Além disso, este trabalho propôs uma série de técnicas de tratamento específicas para os resíduos laboratoriais, levando em consideração a natureza química e física dos resíduos gerados. Essas propostas visam garantir a conformidade com as normas ambientais e promover uma cultura de sustentabilidade dentro da instituição.

5.2. Recomendações

Recomenda-se que futuros trabalhos avaliem a eficácia do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGRS) implementado na Faculdade de Engenharia. Esses estudos podem investigar o impacto das medidas adoptadas em termos de redução de resíduos, aumento de reciclagem, e cumprimento das regulamentações ambientais.

Recomenda-se para realizar comparações com outras instituições de ensino superior que já implementaram planos similares. Isso permitiria identificar boas práticas, desafios comuns, e soluções inovadoras que possam ser adaptadas para a Faculdade de Engenharia da UEM.

Recomenda-se pesquisas futuras podem explorar o uso de novas tecnologias no tratamento de resíduos laboratoriais, como biorremediação, tratamento por plasma ou outras técnicas emergentes que sejam economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

Recomenda-se que nos trabalhos futuros podem focar no monitoramento a longo prazo dos impactos ambientais da gestão de resíduos na Faculdade, analisando a qualidade do solo, da água e do ar nas proximidades, e verificando se o PGRS está efectivamente contribuindo para a mitigação dos riscos ambientais.

Recomenda-se que os futuros estudos podem propor a criação de uma política institucional abrangente de gestão de resíduos para a Universidade Eduardo Mondlane, com directrizes que envolvam todas as faculdades e departamentos, promovendo uma cultura de sustentabilidade em toda a instituição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10004, A. N. (30 de 11 de 2004). Acesso em 29 de 05 de 2024

Alcântra, P. B. (2017). *Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados*. Pernambuco. Recife.

Bittencourt, P. (2014). *Metodologia de Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Santa Catarina Campus de Florianópolis*. Florianópolis.

Brasil, A. &. (2020). *Equilíbrio ambiental: resíduos sólidos na sociedade moderna*. São Paulo.

Bruni, V. C. (2016). *Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas Escolas Paranaenses*. Parana.

Bruni, V. C. (2016). *Plano de gerenciamento de resíduos sólidos nas escolas paranaenses*. Curitiba.

Bruni, V. C. (2016). *Plano de gerenciamento de resíduos sólidos nas escolas paranaenses*. Curitiba.

Conto, S. M. (2010). *Gestão de Resíduos em Universidades*. Caxias do Sul.

Crespo, S. (2012). *Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos*. São Paulo.

Cruz, J. A. (2008). *Plano de gerenciamento de resíduos sólidos da Universidade Federal de Goiás*. Goiás .

Dias, R. (2016). *Gestão de Resíduos Sólidos: Conceitos e práticas no contexto brasileiro*. São Paulo: Editora XYZ.

Decreto n.º 13/2006. (2006). *Regulamento sobre a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos*. Moçambique: Governo de Moçambique.

Durães, P. (2016). *Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no campus da faculdade UnB de Planaltina*. Brasília.

- Faria, B. D. (2019). *Proposta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para a faculdade unb planaltina*. Brasília.
- Fernando, A. (2019). *Diagnostico sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Município de Maxixe, Inhambane/Moçambique*. Uberlândia/Mg.
- Ferreira, A. E. (2019). *Foco Na Gestão De Resíduos Sólidos em Escolas*. Santarém-Pará.
- Fijamo, L. H. (2021). *Avaliação da Consciência Ambiental para a Implementação da Política de Gestão de Resíduos Sólidos: caso do Município de Maputo (2014-2018)*. Maputo.
- Fortunato, Í. F. (2018). *Proposta De Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Em Escola Municipal De Educação Infantil E Ensino Fundamental*. Campo Mourão.
- Fortunato, Í. F. (2018). *Proposta De Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Em Escola Municipal De Educação Infantil E Ensino Fundamental*. Campo Mourão.
- Gondim, S. M. (2019). *Caracterização física e físico-química dos resíduos sólidos urbanos domésticos e comerciais da cidade de Palmas*. Palmas.
- Juliatto, D. L. (2018). *Gestão Integrada De Resíduos Sólidos Para Instituições Públicas De Ensino Superior*. Santa Catarina.
- Júnior, J. M. (2016). *Gestão integrada de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro.
- Lazzari, M. (2021). *Ciência & Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro.
- Marques, C. A. (2018). *Proposta Para Elaboração De Um Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Para Escola De Engenharia De Lorena - Universidade De São Paulo*. Lorena.
- Memon, M. A. *Integrated solid waste management based on the 3r approach sustainable solid waste management*. 2012. Disponível em: [doi:10.1007/s10163-009-0274-0](https://doi.org/10.1007/s10163-009-0274-0). Acesso em: 20 julho. 2024.

Ministros, C. d. (15 de Junho de 2006.). Boletim da República-Regulamento sobre gestão de resíduos. *I Série Numero 24 Nº 13/2006*, p. 24.

MIR, Ishfaq Showket; Cheema, Puneet Pal; SINGH, Sukhwinder Pal. *Implementation analysis of Solid waste Management in Ludhiana city of Punjab. Environmental Challenges*, p. 100023, 2021.

Moreno, J. H. (2019). *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro.

NBR, A. (30.11.2004).

Oyebode, Oludare Joshua. *Evaluation of Municipal Solid Waste Management for Improved Public Health and Environment in Nigeria. European Journal of Advances in Engineering and Technology*, v. 5, n. 8, p. 525-34, 2018.

Sales, G. (2018). *Diagnóstico da geração de resíduos sólidos em restaurantes públicos populares do município do Rio de Janeiro: Contribuição para minimização de desperdícios*. Rio de Janeiro.

Sousa, E. D. (2021). *Proposta De Um Plano De Gerenciamento De Resíduos Orgânicos Da Escola Municipal Checralla Salim Khayat*. Belém.

Souza, G. C. (2010). *Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos em uma Escola da Rede de Ensino Particular de Belém*. Pará.

Souza, L. O. (2017). *Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos -Pgrs*. Brasília/Df.

Steiner, P. (2010). *Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba-PR*. Curitiba.

Técnicas, A. 1.-A. (30 de 11 de 2004). Acesso em 29 de 05 de 2024, disponível em <<http://www.abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt>>.

ZVEIBIL, V. Z. (2020). *Manual de Gerenciamento Integrado de*. Rio de Janeiro.

ANEXOS

A. Anexo 1: PROCEDIMENTOS

Procedimento de Caracterização de Resíduos Sólidos

O procedimento de **caracterização de resíduos sólidos** é essencial para determinar a composição, as propriedades físicas e químicas, e as quantidades de diferentes tipos de resíduos.

Colecta dos Resíduos

Objectivo

- Obter uma amostra representativa dos resíduos sólidos gerados no local de estudo.

Etapas

- Identificar os pontos de geração de resíduos (departamentos e laboratório).
- Colectar os resíduos em recipientes apropriados, como sacos ou caixas plásticas. Certificar-se de que os recipientes estão limpos e devidamente identificados para evitar contaminação cruzada.
- Ferramentas: Recipientes de coleta, luvas, avental de protecção.

Espalhar os Resíduos

Objectivo

- Facilitar a visualização e manuseio dos resíduos para separação.

Etapas

- Em uma área limpa e segura, com protecção adequada contra contaminação, despejar os resíduos sobre uma superfície plana, como uma lona ou bancada protegida.
- Espalhar os resíduos uniformemente, evitando amontoamento. Isso ajuda na visibilidade e na facilidade de separação.

Separação dos Resíduos por Tipos

Objectivo

- Classificar os resíduos em categorias específicas de acordo com suas características físicas ou químicas.

Etapa

- Separar os resíduos em grupos como plásticos, metais, vidros, papel, orgânicos, não recicláveis, etc.
- Ferramentas: Pinças, luvas, recipientes de separação rotulados (caixas ou sacos).

Pesagem dos Resíduos

Objectivo

- Determinar a massa de cada categoria de resíduo.

Etapas

- Colocar cada grupo de resíduos em uma balança de precisão para obter o peso individual de cada categoria.
- Antes da pesagem, a balança deve ser tarada (ajustada a zero) com o recipiente vazio para garantir que apenas o peso dos resíduos seja medido.
- Ferramentas: Balança eletrônica ou analógica (com capacidade suficiente para o peso esperado).

Registro dos Dados

Objectivo

- Documentar as informações colectadas para análise posterior.

Etapas

- Registrar o peso de cada grupo de resíduos em uma planilha ou formulário de colecta de dados.
- As categorias de resíduos devem estar bem identificadas e organizadas por tipo (ex: plástico, vidro, papel), seguidas dos valores de peso medidos.

Cálculos dos Dados

Objectivo

- Analisar a distribuição percentual de cada tipo de resíduo dentro da amostra total.

Etapas

- **Peso total dos resíduos:** Somar todos os valores de peso medidos para obter o peso total dos resíduos na amostra.
- Cálculo da percentagem de cada tipo de resíduo:

$$\text{Percentagem} = \frac{\text{Peso do tipo de residuos}}{\text{Peso total}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

- Ferramentas: Calculadora, planilha eletrônica (como Excel).

Relatório Final

Objectivo

- Apresentar os resultados da caracterização.

Etapa

- No relatório, incluir tabelas e gráficos com os valores absolutos e percentuais de cada categoria de resíduo.
- Interpretar os resultados, apontando possíveis melhorias no gerenciamento dos resíduos, como reciclagem ou tratamento adequado.

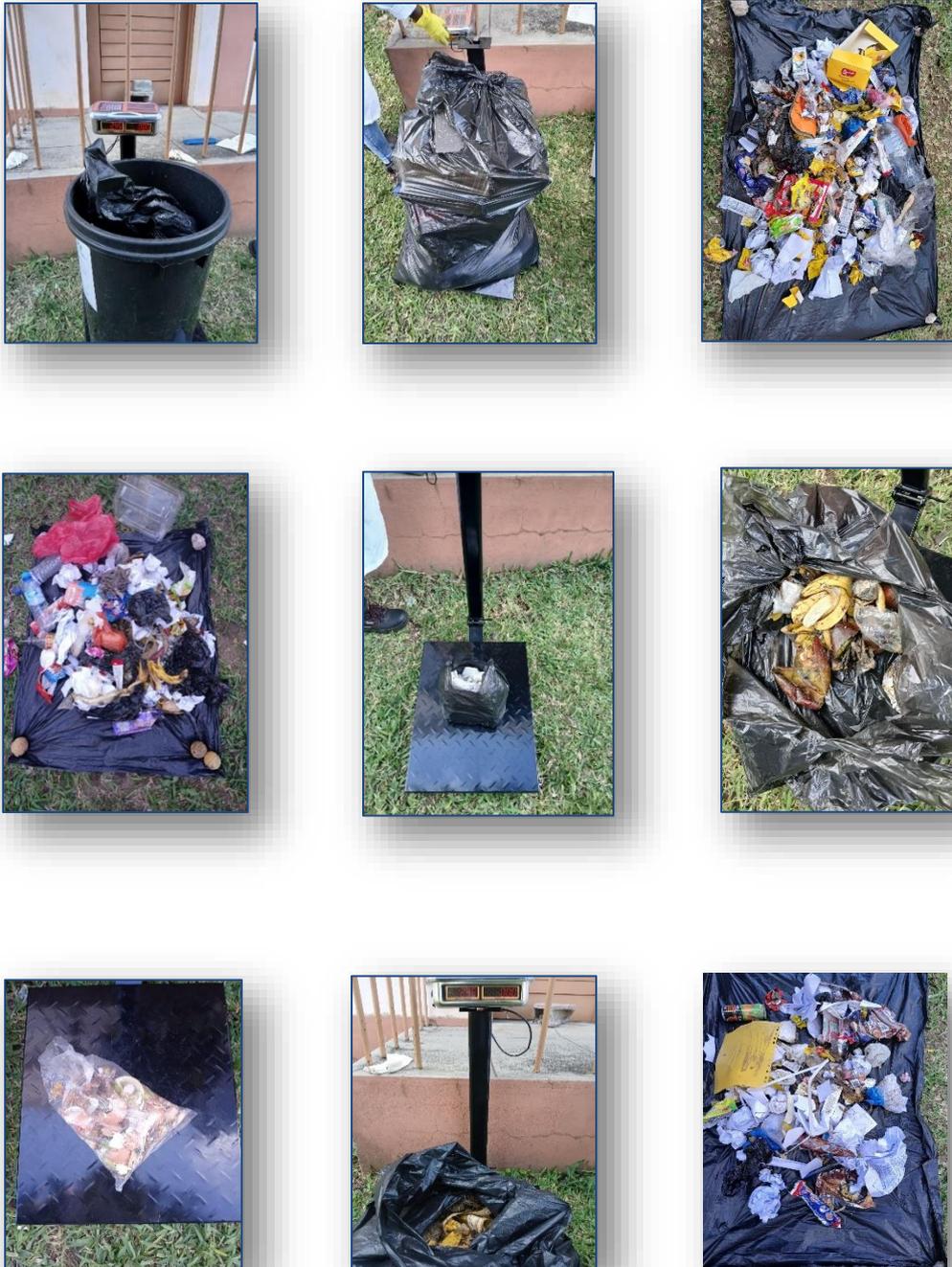


Figura. A1-4: Procedimento de Caracterização de Resíduos Sólidos

Equipamentos e Ferramentas Necessárias

- **Luvas de proteção:** Para evitar contaminação.
- **Balança de precisão:** Para pesar os resíduos.
- **Recipientes de colecta:** Para cada categoria de resíduo.

B. Anexo 2: Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos na FENG



Figura.B1-1: Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos-DEEL



Figura.B2-1: Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos-DEMA



Figura B3-1: Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos- DECI



Figura B3-2: Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos-DEQUI



Figura B4-2: Estado actual de Gestão de Resíduos Sólidos no contentor-FENG

C. Anexo 3: Cronograma de Implementação (PGRS)

Tabela.C1-1: Cronograma de Implementação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) no DEQUI

Item	Objectivo	Acção	Responsáveis	Cronograma
Planeamento	Definir a estrutura e directrizes do PGRS	Realizar diagnóstico dos resíduos gerados, identificar os pontos críticos	Coordenador do DEQUI, Equipe de Sustentabilidade	1ª semana de Janeiro
	Identificar e classificar os tipos de resíduos	Levantamento de informações sobre resíduos químicos, metálicos, recicláveis	Responsáveis pelos Laboratórios	2ª semana de Janeiro
	Estabelecer as metas do plano	Definir metas de redução, reciclagem e tratamento de resíduos	Coordenador do DEQUI, Engenheiro Ambiental	3ª semana de Janeiro
	Elaborar o plano de acção detalhado	Criar plano com etapas, recursos necessários e cronograma	Equipe Técnica e Consultores de Resíduos	4ª semana de Janeiro
Mobilização	Engajar os stakeholders e preparar a equipe para a implementação	Realizar treinamentos sobre gestão de resíduos e segurança	Coordenador de Segurança e Saúde, Recursos Humanos	1ª e 2ª semanas de Fevereiro
	Sensibilizar professores, alunos e técnicos	Palestras e workshops sobre a importância da gestão de resíduos	Comissão Interna de Meio Ambiente	3ª semana de Fevereiro
	Aquisição de equipamentos e materiais necessários para o PGRS	Comprar contentores, EPIs, e sinalização para laboratórios	Departamento de Compras e Suprimentos	4ª semana de Fevereiro

Implementação do PGRS	Colocar em prática as acções previstas no plano	Instalar contentores e organizar áreas de armazenamento temporário	Equipe de Logística e Técnicos de Laboratório	1ª semana de Abril
	Segregar, rotular e armazenar os resíduos correctamente	Aplicar o sistema de separação e identificação de resíduos nos laboratórios	Responsáveis pelos Laboratórios, Alunos e Técnicos	Durante todo o mês de Abril
	Garantir o manuseio seguro e transporte dos resíduos	Implementar rotinas de manuseio e transporte interno	Coordenador de Segurança, Equipe de Logística	2ª semana de dezembro
	Realizar o tratamento e reciclagem dos resíduos	Iniciar os procedimentos de tratamento e reciclagem de resíduos gerados	Equipe de Reciclagem e Empresas Especializadas	3ª semana de dezembro
	Implementar a disposição final de resíduos	Contratar e gerenciar empresas para a disposição final de resíduos perigosos	Coordenador do PGRS, Equipe Técnica	Final de Abril e contínuo
Monitoramento do Plano	Acompanhar a eficácia e conformidade do PGRS	Auditorias internas para verificar a implementação correcta das etapas	Equipe de Sustentabilidade e Auditoria Interna	Revisões trimestrais, a partir de Maio
	Avaliar o cumprimento das metas de redução de resíduos	Análise de resultados, ajustes e melhorias contínuas	Coordenador do PGRS, Engenheiro Ambiental	A cada seis meses
	Realizar treinamentos contínuos para a equipe	Actualizações periódicas sobre segurança e procedimentos	Coordenador de Segurança e Equipe de Capacitação	Semestral

Tabela.C2-3: Cronograma de Implementação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) no DECI

Item	Objectivo	Acção	Responsáveis	Cronograma
Planeamento	Definir a estrutura e directrizes do PGRS	Realizar diagnóstico dos resíduos gerados nos laboratórios de Solos, Hidráulica Geral, Hidráulica Sanitária, Estruturas	Coordenador do DECI, Engenheiro Ambiental	1ª quinzena de janeiro
	Identificar e classificar os tipos de resíduos	Levantamento de resíduos como amostras de solo, resíduos de concreto, metais, plásticos	Responsáveis pelos Laboratórios de DECI	2ª quinzena de janeiro
	Estabelecer metas do plano	Definir metas para redução de resíduos, reciclagem e destinação final	Coordenador do DECI, Equipe Técnica de Sustentabilidade	3ª quinzena de janeiro
	Elaborar plano de acção detalhado	Definir cronograma e recursos necessários para implementação do PGRS	Equipe Técnica, Consultores Ambientais	4ª quinzena de janeiro
Mobilização	Engajar os stakeholders e preparar a equipe	Realizar treinamentos sobre gestão de resíduos e segurança nos laboratórios	Coordenador de Segurança e Recursos Humanos	1ª quinzena de fevereiro
	Sensibilizar professores, alunos e técnicos	Palestras e workshops sobre a importância da gestão de resíduos	Comissão Interna de Meio Ambiente	2ª quinzena de fevereiro
	Aquisição de equipamentos e materiais necessários	Comprar contentores, EPIs, sinalização de segurança para laboratórios	Departamento de Compras e Suprimentos	3ª quinzena de fevereiro

Implementação do PGRS	Implementar as ações planejadas	Instalar contentores e organizar áreas de armazenamento de resíduos	Equipe de Logística e Técnicos de Laboratório	1ª quinzena de março
	Segregar, rotular e armazenar os resíduos correctamente	Aplicar sistema de separação e identificação de resíduos nos laboratórios	Responsáveis pelos Laboratórios, Alunos e Técnicos	2ª quinzena de março
	Garantir manuseio seguro e transporte dos resíduos	Implementar rotinas de transporte seguro para resíduos	Coordenador de Segurança e Equipe de Logística	3ª quinzena de março
	Realizar tratamento e reciclagem de resíduos	Iniciar procedimentos de reciclagem e tratamento para materiais gerados	Empresas Especializadas e Equipe de Reciclagem	4ª quinzena de março
Monitoramento do Plano	Verificar conformidade do PGRS	Auditorias internas para verificar implementação correcta das etapas	Equipe de Auditoria Interna, Sustentabilidade	Revisões trimestrais, a partir de abril
	Avaliar o cumprimento das metas estabelecidas	Análise de resultados e ajustes no plano conforme necessário	Coordenador do PGRS, Equipe Técnica de Sustentabilidade	A cada seis meses
	Realizar treinamentos contínuos	Capacitar continuamente a equipe sobre segurança e novas práticas	Coordenador de Segurança e Equipe de Capacitação	Semestral

Tabela.C3-5: Cronograma de Implementação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) no DEMA

Item	Objectivo	Ação	Responsáveis	Cronograma
Planeamento	Definir a estrutura e diretrizes do PGRS	Diagnóstico dos resíduos gerados nos laboratórios de Máquinas de Ferramentas, Termodinâmica, Soldadura, Motores de Combustão Interna, Mecânica Aplicada	Coordenador do DEMA, Engenheiro Ambiental	1ª quinzena de janeiro
	Identificar e classificar os tipos de resíduos	Levantamento de resíduos metálicos, óleos usados, resíduos de solda, plásticos, e outros resíduos industriais	Responsáveis pelos Laboratórios do DEMA	2ª quinzena de janeiro
	Estabelecer metas do plano	Definir metas de redução, reciclagem e tratamento dos resíduos gerados	Coordenador do DEMA, Equipe Técnica de Sustentabilidade	3ª quinzena de janeiro
	Elaborar plano de ação detalhado	Criar cronograma de ações, distribuição de recursos e estrutura do PGRS	Equipe Técnica, Consultores Ambientais	4ª quinzena de janeiro

Mobilização	Preparar e engajar a equipe para a execução do PGRS	Realizar treinamentos e capacitações sobre gestão de resíduos e segurança nos laboratórios	Coordenador de Segurança e Saúde, Recursos Humanos	1ª quinzena de fevereiro
	Sensibilizar professores, alunos e técnicos	Palestras e workshops sobre a importância da gestão de resíduos e práticas sustentáveis	Comissão Interna de Meio Ambiente	2ª quinzena de fevereiro
	Aquisição de equipamentos e materiais necessários	Comprar contentores específicos para resíduos metálicos, perigosos, EPIs, e sinalizações	Departamento de Compras e Suprimentos	3ª quinzena de fevereiro

Tabela.C2-7: Cronograma de Implementação do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) no DEEL

Item	Objectivo	Ação	Responsáveis	Cronograma
Planeamento	Definir as directrizes e estrutura do PGRS	Realizar diagnóstico dos resíduos gerados nos laboratórios de Oficinas de Eletricidade, Telecomunicações, Alta Tensão, Máquinas Eléctricas, Informática, Medidas Eléctricas	Coordenador do DEEL, Engenheiro Ambiental	1ª quinzena de janeiro
	Identificar e classificar os tipos de resíduos	Levantamento de resíduos como fios eléctricos, baterias, metais, plásticos, componentes electrónicos	Responsáveis pelos Laboratórios do DEEL	2ª quinzena de janeiro
	Estabelecer metas de gestão de resíduos	Definir metas para redução, reciclagem e destinação final de resíduos	Coordenador do DEEL, Equipe Técnica de Sustentabilidade	3ª quinzena de janeiro
	Elaborar o plano de ação	Definir cronograma de implementação e recursos necessários para o PGRS	Equipe Técnica, Consultores Ambientais	4ª quinzena de janeiro
Mobilização	Engajar e capacitar os envolvidos no plano	Treinamentos sobre gestão de resíduos, EPIs e manuseio de materiais perigosos	Coordenador de Segurança, Recursos Humanos	1ª quinzena de fevereiro
	Sensibilizar professores, alunos e técnicos	Palestras e workshops sobre a importância da gestão de resíduos	Comissão Interna de Meio Ambiente	2ª quinzena de fevereiro
	Aquisição de materiais e equipamentos necessários	Compra de contentores, EPIs, materiais de segregação e sinalização	Departamento de Compras e Suprimentos	3ª quinzena de fevereiro

Implementação do PGRS	Implementar as acções do PGRS nos laboratórios	Instalação de contentores para resíduos, áreas de armazenamento temporário	Equipe de Logística e Técnicos de Laboratório	1ª quinzena de março
	Realizar a segregação, rotulagem e armazenamento adequado dos resíduos	Aplicar o sistema de separação e identificação de resíduos como electrónicos e plásticos	Responsáveis pelos Laboratórios, Técnicos e Alunos	2ª quinzena de março
	Garantir manuseio seguro e transporte adequado dos resíduos	Implementar rotinas de transporte seguro dos resíduos até as áreas de tratamento	Coordenador de Segurança e Logística	3ª quinzena de março
	Tratamento e reciclagem de resíduos	Iniciar reciclagem de metais e componentes electrónicos, tratamento de baterias	Empresas Especializadas e Equipe de Tratamento	4ª quinzena de março
Monitoramento do Plano	Verificar a execução e conformidade do PGRS	Auditorias internas para garantir a conformidade com as metas do PGRS	Equipe de Auditoria Interna, Sustentabilidade	Revisões trimestrais, a partir de abril
	Avaliar os resultados e o impacto do PGRS	Analisar o cumprimento das metas de redução e destinação final de resíduos	Coordenador do PGRS, Engenheiro Ambiental	A cada seis meses
	Manter a equipe actualizada sobre novos procedimentos	Treinamentos contínuos sobre segurança e novas práticas de gestão de resíduos	Coordenador de Segurança e Recursos Humanos	Semestral

Planeamento: Esta etapa envolve a identificação e avaliação inicial dos tipos de resíduos gerados, seguido de uma análise detalhada dos processos e fluxos de geração de resíduos. O objectivo é definir as directrizes e metas do PGRS, como redução da quantidade de resíduos, reciclagem e destinação adequada.

Também é nesta fase que se estabelece o cronograma e se definem os recursos necessários para a execução do plano.

Mobilização: O objectivo desta etapa é preparar e engajar a equipe para a implementação do PGRS. Envolve a realização de treinamentos sobre gestão de resíduos, segurança no manuseio, e o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Além disso, sensibiliza-se todos os envolvidos, como funcionários, alunos e técnicos, sobre a importância da gestão de resíduos e práticas sustentáveis. A aquisição de materiais necessários, como contentores e sinalizações, também é parte da mobilização.

Implementação do PGRS: Esta é a fase prática onde as ações planejadas são executadas. Inclui a instalação de contentores para diferentes tipos de resíduos, segregação e rotulagem correcta dos materiais, e o armazenamento temporário adequado. Assegura-se o manuseio seguro dos resíduos, bem como o transporte interno para áreas de tratamento, reciclagem ou descarte final. Dependendo dos resíduos gerados, pode haver a necessidade de tratamento especializado e reciclagem, como no caso de metais, resíduos electrónicos ou produtos químicos.

Monitoramento do Plano: Esta etapa consiste no acompanhamento contínuo da implementação do PGRS para garantir que as metas estabelecidas estejam sendo atingidas. Realizam-se auditorias internas para verificar a conformidade das ações com o plano, e ajustes são feitos, se necessário. Além disso, é fundamental realizar avaliações periódicas do impacto do plano, como a redução de resíduos ou aumento da reciclagem. Treinamentos contínuos são oferecidos para garantir que todos os envolvidos mantenham-se atualizados sobre novos procedimentos e boas práticas.

D. Anexo 4: Resultados de caracterização dos resíduos

Tabela.D1-1: Resultados de caracterização dos resíduos no DEQUI

Departamento de Engenharia Química								
Categoria	Peso (kg)			Composicao gravimetrica				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	% do Dia 1	% do Dia 2	% do Dia 3	Média	%
Plastico	0,5	0,28	0,3	3%	3%	6,6%	0,36	3%
Papel	12,8	3,85	1,88	75%	35%	41,5%	6,17667	57%
Organico	1,75	1,75	2,35	10%	16%	51,9%	1,95	18%
Metal	0	4,5	0	0%	41%	0%	1,5	14%
Vidro	0	0,2	0	0%	2%	0%	0,06667	1%
Outro tipo	2,05	0,35	0	12%	3%	0%	0,8	7%
Massa Total	17,1	10,93	4,53	100%	100%	100%	10,8533	100%

Tabela.D2-1: Resultados de caracterização dos resíduos no DEMA

Departamento de Engenharia Mecânica								
Categoria	Peso (kg)			Composicao gravimetrica				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	% do Dia 1	% do Dia 2	% do Dia 3	Média	%
Plastico	2,1	1,7	3,1	40%	19%	38,5%	2,3	31%
Papel	1,75	4,8	3,3	34%	53%	41,0%	3,28333	44%
Organico	0,4	2,6	1,65	8%	29%	20,5%	1,55	21%
Metal	0,1	0	0	2%	0%	0%	0,03333	0%
Vidro	0,15	0	0	3%	0%	0%	0,05	1%
Outro tipo	0,7	0	0	13%	0%	0%	0,23333	3%
Massa Total	5,2	9,1	8,05	100%	100%	100%	7,45	100%

Tabela.D3-1: Resultados de caracterização dos resíduos no DECI

Departamento de Engenharia Civil								
Categoria	Peso (kg)			Composicao gravimetrica				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	% do Dia 1	% do Dia 2	% do Dia 3	Média	%
Plastico	3,1	3,4	3,1	30%	29%	34,4%	3,2	31%
Papel	2,5	3,9	2,4	24%	33%	26,7%	2,93333	28%
Organico	4,7	4,5	3,5	46%	38%	38,9%	4,23333	41%
Metal	0	0	0	0%	0%	0%	0	0%
Massa Total	10,3	11,8	9	100%	100%	100%	10,3667	100%

Tabela.D4-E1: Resultados de caracterização dos resíduos no DEEL

Departamento de Engenharia Electrotecnicia								
Categoria	Peso (kg)			Composicao gravimetrica				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	% do Dia 1	% do Dia 2	% do Dia 3	Média	%
Plastico	2,5	3,1	3,1	24%	39%	33,7%	2,9	32%
Papel	4,15	3,3	2,1	40%	41%	22,8%	3,1833	35%
Organico	1,8	1,65	2,5	17%	20%	27,2%	1,9833	22%
Metal	1,9	0	1,5	18%	0%	16%	1,1333	12%
Vidro	0	0	0	0%	0%	0%	0	0%
Outro tipo	0	0	0	0%	0%	0%	0	0%
Massa Total	10,35	8,05	9,2	100%	100%	100%	9,2	100%

E. Anexo 5: Resíduos gerados na Faculdade de Engenharia

Tabela.E1-1: Resultados de Resíduos Laboratoriais

Departamento	Número de Laboratórios	Laboratório	Resíduos Gerados	Tipo de Resíduo
DEQUI	4	Metalurgia	Ácidos, Solventes, Vidros quebrados	Resíduos Químicos, Vidraria
		Moagem	Poeira de materiais (rocha, carvão)	Resíduos de Poeira
		Panificação	Restos de farinha, Casca de ovo, Embalagens	Resíduos Orgânicos e Embalagens
		Operações Unitárias	Solventes inorgânicos, Vidrarias quebradas	Resíduos Químicos e Vidraria
DEMA	5	Máquinas de Ferramentas	Óleos lubrificantes, Resíduos metálicos	Resíduos Perigosos e Metálicos
		Termodinâmica (ensaios de fluxos)	Óleos usados	Óleos
		Soldadura	Resíduos metálicos	Resíduos Metálicos
		Motores de Combustão Interna	Óleos lubrificantes,	Resíduos Perigosos e Óleos

			Resíduos de combustão	
		Mecânica Aplicada	Resíduos de peças, Óleos, Fibras	Resíduos Metálicos e Perigosos
DECI	3	Solos	Amostras de solo, Resíduos de ensaios de solos	Resíduos de Solo
		Hidráulica Sanitária	Químicos, Plásticos,	Resíduos Sanitários
		Estrutura	Resíduos de concreto, Ferros, Argamassa	Resíduos de Construção
DEEL	6	Oficinas de eletricidade	Fios e cabos eléctricos, Equipamentos eléctricos	Resíduos Eléctricos
		Telecomunicações	Placas de circuito impresso (PCI), Solda electrónica	Resíduos Electrónicos
		Alta Tensão	Equipamentos eléctricos, Fios	Resíduos Eléctricos
		Máquinas Eléctricas	Equipamentos eléctricos, Fios, Isolantes	Resíduos Eléctricos e Isolantes
		Informática	Equipamentos electrónicos, Cabos, PCI	Resíduos Electrónicos
		Medidas Eléctricas	Equipamentos eléctricos, Placas de circuito impresso	Resíduos Eléctricos e Electrónicos

Tabela.E2-3: Resultados de Depósito da Faculdade

Tipo de Item	Item	Quantidade
Lâmpadas	Lâmpadas fluorescentes	6 Unidades
Garrafas para produção de Biogás	Esterco de vaca	4 Unidades
	Esterco de aves	4 Unidades
	Esterco de porco	4 Unidades
	Tubos	2 Unidades
Produtos Químicos	Acetic acid glacial (CH₃CO₂H)	1L - 1 Unidade
	Diethyl ether (C₄H₁₀O)	1L - 3 Unidades
	Sulphuric acid (H₂SO₄)	1L - 5 Unidades
	Hydrochloric acid (HCL)	1L - 2 Unidades
Petroleum ether	1L	11 Unidades
	2,5L	3 Unidades
N-Hexane (C₆H₁₄)	1L	1 Unidade
	2,5L	2 Unidades
Produtos Químicos	Methanol	2,5L - 3 Unidades
	Hydrochloric acid	2,5L - 1 Unidade
	Chloroform	2,5L - 1 Unidade
	Potassium iodide ar	500 gm 1 Unidade
	Diethyl ether [(C₂H₅)₂O]	2,5L - 4 Unidades
	Acetone (CH₃)	1L - 4 Unidades
	Sulfuric acid	2,5L - 1 Unidade
	Nitric acid	2,5L - 1 Unidade
Sodium hydroxide	500 gm	1 Unidade
	200 gm	1 Unidade
Óleos lubrificantes	25L	4 Unidades
	5L	4 Unidades
Garrafas	Garrafas não rotuladas	10 Unidades
Garrafas sem identificação contendo substâncias	50 ml	5 Unidades
Garrafas sem identificação sem substâncias	50 ml	10 Unidades

F. Anexo 6: Departamentos da FENG

Tabela.F1-1: Departamentos da FENG

Departamento	Nr de Lab	Tipo de Laboratório
DEQUI	4	Metalurgia Moagem Panificação Operações Unitárias
DEMA	5	Máquinas de Ferramentas Termodinâmica (ensaios de fluxos) Soldadura Motores de Combustão Interna Mecânica Aplicada
DECI	4	Solos Hidráulica Geral Hidráulica Sanitária Estrutura
DEEL	6	Oficinas de electricidade Telecomunicações Alta Tensão Máquinas Eléctricas Informática Medidas Eléctricas

Tabela.F2-1: Departamentos da FENG

Tipo de Departamento	Nome	Sigla
Departamentos Académicos	Engenharia Civil	DECI
	Engenharia Electrotécnica	DEEL
	Engenharia Mecânica	DEMA
	Engenharia Química	DEQUI
	Cadeiras Gerais	DCG
Departamentos Não Académicos	Departamento de Património e Manutenção	DPM
	Departamento do Registo Académico	DRA
	Departamento de Tecnologias de Informação e Comunicação	DTICs
	Departamento de Administração e Finanças	DAF
	Departamento de Informação e Biblioteca	DIB
Centro de Estudos	Centro de Estudos de Engenharia - Unidade de Produção	CEE-UP

G. Anexo 7: Inquérito sobre Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Faculdade de Engenharia (UEM)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade De Engenharia

Departamento De Engenharia Química

Inquérito sobre Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Faculdade de Engenharia (UEM)- Funcionários de Limpeza

1. Qual tipo de resíduo sólido é mais comum durante suas atividades de limpeza na Faculdade de Engenharia?

- (a) Papel e Cartão
- (b) Plástico e Material de Embalagem
- (c) Resíduos Orgânicos (Alimentos)
- (d) Outros (especificar): _____

2. Como é actualmente realizada a gestão dos resíduos sólidos na sua rotina de trabalho?

- (a) Segregação em diferentes tipos de resíduos
- (b) Colecta regular em horários específicos
- (c) Armazenamento em recipientes adequados
- (d) Todas as opções anteriores

3. Quais são os maiores desafios que você enfrenta ao lidar com os resíduos sólidos na Faculdade de Engenharia?

- (a) Falta de conscientização dos usuários sobre segregação de resíduos
- (b) Falta de equipamentos adequados para a colecta
- (c) Dificuldades na organização do armazenamento temporário
- (d) Outros (especificar): _____

4. Como é feita a recolha dos resíduos sólidos nas salas e laboratórios da faculdade?

- (a) Diariamente
- (b) A cada dois dias
- (c) Semanalmente
- (d) Outro (especificar): _____

5. Onde os resíduos sólidos são armazenados após a recolha?

- (a) Áreas de armazenamento designadas
- (b) Em recipientes específicos em cada sala
- (c) Em baldes de lixo comum
- (d) Outro (especificar): _____

6. Com que frequência os baldes de lixo das salas e laboratórios estão cheios e precisam ser esvaziados?

- (a) Diariamente
- (b) A cada dois dias
- (c) Semanalmente
- (d) Outro (especificar): _____

7. Quanto tempo, em média, leva para encher os baldes de lixo das salas e laboratórios até serem transferidos para os baldes do departamento?

- (a) Menos de um dia
- (b) De um dia a três dias
- (c) Mais de três dias
- (d) Não sei / Não tenho certeza

8. Após serem transferidos para os baldes do departamento, quanto tempo esses baldes costumam permanecer dentro do departamento antes de serem recolhidos para o descarte final?

- (a) Menos de um dia
- (b) De um dia a três dias
- (c) Mais de três dias
- (d) Não sei / Não tenho certeza

9. Na sua experiência, existem meses ou períodos do ano em que a geração de resíduos sólidos aumenta significativamente na Faculdade de Engenharia?

- (a) Sim
- (b) Não
- (c) Não sei / Não tenho certeza

10. Se sim, quais são esses meses?

- (a) Janeiro a Março
- (b) Abril a Junho
- (c) Julho a Setembro
- (d) Outubro a Dezembro

Inquérito sobre Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Faculdade de Engenharia (UEM)- Estudantes

1. Qual é o seu curso na Faculdade de Engenharia?
 - a) Engenharia do Ambiente
 - b) Engenharia Civil
 - c) Engenharia de Gestão Industrial
 - d) Engenharia Informática
 - e) Engenharia Mecânica
 - f) Engenharia Eléctrica
 - g) Engenharia Electrónica
 - h) Engenharia Química
 - i) Outro (especificar)

2. Você está ciente dos problemas relacionados à gestão de resíduos sólidos na Faculdade de Engenharia?
 - a) Sim
 - b) Não
3. Com que frequência você observa práticas inadequadas de descarte de resíduos sólidos na faculdade?
 - a) Diariamente
 - b) Semanalmente
 - c) Mensalmente
 - d) Raramente
 - e) Nunca
4. Você acredita que a Faculdade de Engenharia deve implementar medidas para melhorar a gestão de resíduos sólidos?
 - a) Sim
 - b) Não
 - c) Não sei
5. Onde você geralmente descarta os resíduos sólidos que você produz durante suas atividades acadêmicas?
 - a) Lixeiras específicas para reciclagem
 - b) Lixeiras comuns
 - c) Áreas de colecta selectiva designadas
 - d) Outro local (especificar)
6. Quais tipos de resíduos sólidos você mais observa sendo produzidos pelos estudantes? (Marque todas as opções aplicáveis)
 - a) Papel e papelão
 - b) Embalagens plásticas
 - c) Garrafas de vidro ou plástico
 - d) Resíduos de alimentos
 - e) Materiais de laboratório
 - f) Outros (especificar)
7. Você está ciente se há um sistema de recolha de resíduos sólidos na faculdade?
 - a) Sim
 - b) Não

8. Se houver um sistema de recolha, você considera que é eficiente?
- a) Sim
 - b) Não
 - c) Não sei
9. Como você acha que a conscientização sobre a gestão de resíduos sólidos poderia ser aumentada entre os estudantes da Faculdade de Engenharia?
10. Quais são os principais obstáculos que você enxerga para uma gestão eficaz de resíduos sólidos na faculdade? (Marque todas as opções aplicáveis)
- a) Falta de métodos adequados para reciclagem
 - b) Falta de informações sobre como separar os resíduos corretamente
 - c) Falta de incentivo por parte da instituição
 - d) Falta de conscientização dos estudantes
 - e) Outros (especificar)
11. Você gostaria de ver mais cooperativas de reciclagem disponíveis na faculdade?
- a) Sim
 - b) Não
12. Você está disposto(a) a participar de actividades ou campanhas relacionadas à gestão de resíduos sólidos na faculdade?
- a) Sim
 - b) Não
13. Você tem alguma sugestão ou ideia para melhorar a gestão de resíduos sólidos na Faculdade de Engenharia?
14. Você acredita que a gestão adequada de resíduos sólidos é importante para a reputação da Faculdade de Engenharia?
- a) Sim
 - b) Não
15. Você já enfrentou algum problema relacionado à gestão de resíduos sólidos na faculdade? Se sim, por favor, descreva.
16. Como você avaliaria a actual gestão de resíduos sólidos na faculdade?
- a) Excelente
 - b) Boa

c) Regular

d) Ruim

17. Como você avalia o armazenamento dos resíduos sólidos na faculdade?

É adequado ou existe algum problema em relação a isso?

18. Você tem mais algum comentário ou sugestão sobre este assunto?

Lista de Verificação para Colecta de Dados de Resíduos Laboratoriais- DEQUI

1. Identificação do Laboratório:

Nome do Laboratório: _____

Localização: _____

Responsável pelo Laboratório: _____

Data da Colecta de Dados: _____ / _____ / _____

2. Tipos de Resíduos Gerados:

Resíduos Químicos

Resíduos Biológicos

Resíduos Radioactivos

Resíduos de Vidro

Resíduos de Metais

Outros (especificar):

3. Quantidades de Resíduos Gerados:

Resíduos Químicos:

- Ácidos:
- Bases:
- Solventes Orgânicos:
- Solventes Inorgânicos:
- Outros (especificar):

Resíduos Biológicos:

- Culturas Microbianas:
- Materiais Biológicos Contaminados:
- Agulhas e Outros Materiais Perfurocortantes:
- Outros (especificar):

Resíduos Radioativos:

- Fontes Seladas:
- Materiais de Proteção Contaminados:
- Outros (especificar):

Resíduos de Vidro:

- Tubos de Ensaio:
- Vidrarias Quebradas:
- Outros (especificar):

Resíduos de Metais:

- Embalagens de Metais:
- Sobras de Experimentos de Metalurgia:
- Outros (especificar):

4. Métodos de Armazenamento Temporário:

- Recipientes Rotulados:
- Áreas de Armazenamento Designadas:
- Armários de Segurança Específicos:
- Outros (especificar):

5. Medidas de Segurança Adotadas:

- Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs):
- Treinamento sobre Manuseio de Resíduos:
- Procedimentos de Emergência Estabelecidos:
- Ventilação Adequada:
- Outros (especificar):

Observações Adicionais:

Lista de Verificação para Colecta de Dados de Resíduos Laboratoriais-DEMA

1. Identificação do Laboratório:

Nome do Laboratório: _____

Número/Nome do Laboratório: _____

Data da Colecta: ____/____/____

Responsável pelo Laboratório: _____

Cargo/Função: _____

2. Tipos de Resíduos Gerados:

- Óleos e Lubrificantes Usados
- Solventes e Fluidos de Limpeza
- Resíduos Metálicos (ex: aparas de usinagem)
- Peças e Componentes Danificados ou Descartados
- Resíduos Químicos (especificar)
- Outros (especificar)

3. Quantidades de Resíduos Gerados:

- Óleos e Lubrificantes Usados (litros/kg):
- Solventes e Fluidos de Limpeza (litros/kg):
- Resíduos Metálicos (kg):
- Peças e Componentes Danificados ou Descartados (unidades):
- Resíduos Químicos (litros/kg):
- Outros (especificar) (litros/kg/unidades):

4. Armazenamento Temporário:

- Recipientes Adequados e Rotulados
- Áreas de Armazenamento Designadas
- Armários de Segurança Específicos
- Outros (especificar)

5. Medidas de Segurança Adoptadas:

- Uso de EPIs (Equipamentos de Protecção Individual)
- Procedimentos de Manuseio Seguro Estabelecidos
- Treinamento sobre Segurança e Gestão de Resíduos

6. Segregação de Resíduos

- Resíduos Orgânicos
- Resíduos Inorgânicos
- Resíduos Perigosos
- Resíduos Não Perigosos
- Reciclagem e Reutilização

7. Resíduos Recicláveis Separados Adequadamente

- Materiais Reutilizáveis Identificados e Armazenados
- Práticas de Reciclagem Implementadas

8. Descarte Final

- Colecta por Empresa de Gestão de Resíduos
- Reciclagem (especificar tipo de reciclagem)
- Descarte em Aterro Sanitário
- Incineração Controlada
- Outro (especificar)

9. Documentação e Registos

- Registos de Quantidades de Resíduos Gerados
- Registos de Procedimentos de Descarte
- Certificados de Destino Final de Resíduos

10. Monitoramento e Avaliação

- Inspeções Regulares de Resíduos e Armazenamento
- Análise de Tendências de Geração de Resíduos
- Avaliação de Efectividade das Medidas Implementadas

11. Treinamento e Conscientização:

- Treinamentos Periódicos sobre Gestão de Resíduos
- Campanhas de Conscientização para Funcionários e Estudantes

12. Economia de Recursos e Custos

- Identificação de Oportunidades de Redução de Resíduos
- Análise de Custos Associados à Gestão de Resíduos
- Ações Corretivas e Melhoria Contínua:
- Implementação de Ações Correctivas em Caso de Não Conformidade
- Identificação de Oportunidades de Melhoria Contínua

13. Observações Adicionais

Lista de Verificação para Colecta de Dados de Resíduos Laboratoriais-CIVIL

1. Identificação do Laboratório:

Nome do Laboratório: _____

Número/Nome do Laboratório: _____

Data da Colecta: ____/____/____

Responsável pelo Laboratório: _____

Cargo/Função: _____

2. Tipos de Resíduos Específicos Gerados

- Concreto e Argamassa Excedentes
- Solos Contaminados
- Resíduos de Amostras de Materiais (ex: Betão, Asfalto)
- Materiais de Construção Descartados (ex: Tijolos, Telhas)
- Resíduos de Ensaios de Mecânica dos Solos
- Outros (especificar)

3. Quantidades de Resíduos Gerados

- Concreto e Argamassa Excedentes (m³/kg): _____
- Solos Contaminados (kg): _____
- Resíduos de Amostras de Materiais (kg): _____
- Materiais de Construção Descartados (unidades): _____
- Resíduos de Ensaios de Mecânica dos Solos (kg): _____
- Outros (especificar) (m³/kg/unidades): _____

4. Armazenamento Temporário

- Recipientes Adequados e Rotulados
- Áreas de Armazenamento Designadas
- Armários de Segurança Específicos
- Outros (especificar): _____

5. Medidas de Segurança Adoptadas:

- Uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual)
- Procedimentos de Manuseio Seguro Estabelecidos
- Treinamento sobre Segurança e Gestão de Resíduos

6. Segregação de Resíduos:

- Resíduos Orgânicos
- Resíduos Inorgânicos
- Resíduos Perigosos (especificar)
- Resíduos Não Perigosos

7. Reciclagem e Reutilização:

- Resíduos Recicláveis Separados Adequadamente
- Materiais Reutilizáveis Identificados e Armazenados
- Práticas de Reciclagem Implementadas

8. Descarte Final:

- Colecta por Empresa de Gestão de Resíduos
- Reciclagem (especificar tipo de reciclagem)
- Descarte em Aterro Sanitário
- Incineração Controlada
- Outro (especificar):

9. Documentação e Registos:

- Registos de Quantidades de Resíduos Gerados
- Registos de Procedimentos de Descarte
- Certificados de Destino Final de Resíduos

10. Monitoramento e Avaliação

- Inspeções Regulares de Resíduos e Armazenamento
- Análise de Tendências de Geração de Resíduos
- Avaliação de Efectividade das Medidas Implementadas

11. Treinamento e Conscientização:

- Treinamentos Periódicos sobre Gestão de Resíduos
- Campanhas de Conscientização para Funcionários e Estudantes

12. Economia de Recursos e Custos:

- Identificação de Oportunidades de Redução de Resíduos
- Análise de Custos Associados à Gestão de Resíduos

13. Ações Correctivas e Melhoria Contínua:

- Implementação de Ações Correctivas em Caso de Não Conformidade
- Identificação de Oportunidades de Melhoria Contínua

Lista de Verificação para Colecta de Dados de Resíduos Laboratoriais-DEEL

1. Identificação do Laboratório:

Nome do Laboratório: _____

Número/Nome do Laboratório: _____

Data da Colecta: ____/____/____

Responsável pelo Laboratório: _____

Curso Associado: Engenharia Informática / Eléctrica / Electrónica _____

2. Tipos de Resíduos Específicos Gerados:

Engenharia Informática:

- Placas de Circuito Impresso (PCI)
- Resíduos de Componentes Electrónicos
- Resíduos de Impressão (Toner, Cartuchos)
- Outros (especificar): _____

Engenharia Eléctrica:

- Fios e Cabos Eléctricos
- Equipamentos Eléctricos Danificados
- Resíduos de Isolantes Eléctricos
- Outros (especificar): _____

Engenharia Electrónica:

- Circuitos Integrados (CIs)
- Resíduos de Solda Electrónica
- Componentes de Equipamentos Electrónicos
- Outros (especificar): _____

3. Quantidades de Resíduos Gerados:

Engenharia Informática:

- Placas de Circuito Impresso (PCI) (kg/unidades) _____

Resíduos de Componentes Eletrônicos (kg/unidades) _____

- Resíduos de Impressão (Toner, Cartuchos) (kg/unidades): _____
- Outros (especificar) (kg/unidades): _____

Engenharia Eléctrica:

- Fios e Cabos Eléctricos (kg/metros): _____
- Equipamentos Eléctricos Danificados (unidades): _____
- Resíduos de Isolantes Eléctricos (kg/unidades): _____
- Outros (especificar) (kg/unidades): _____

Engenharia Electrónica:

- Circuitos Integrados (CIs) (kg/unidades): _____
- Resíduos de Solda Electrónica (kg/unidades): _____
- Componentes de Equipamentos Electrónicos (kg/unidades): _____
- Outros (especificar) (kg/unidades): _____

4. Armazenamento Temporário:

- Recipientes Adequados e Rotulados
- Áreas de Armazenamento Designadas
- Armários de Segurança Específicos
- Outros (especificar): _____

5. Medidas de Segurança Adoptadas:

- Uso de EPIs (Equipamentos de Protecção Individual)
- Procedimentos de Manuseio Seguro Estabelecidos
- Treinamento sobre Segurança e Gestão de Resíduos
- Ventilação Adequada
- Outros (especificar) _____

6. Segregação de Resíduos:

- Resíduos Eletrônicos
- Resíduos Metálicos
- Resíduos de Impressão
- Resíduos Químicos (se aplicável)

7. Reciclagem e Reutilização:

- Resíduos Recicláveis Separados Adequadamente
- Materiais Reutilizáveis Identificados e Armazenados
- Práticas de Reciclagem Implementadas

8. Descarte Final:

- Colecta por Empresa de Gestão de Resíduos
- Reciclagem Específica para Resíduos Eletrônicos
- Descarte em Aterro Sanitário (se aplicável)
- Incineração Controlada (se aplicável)
- Outro (especificar): _____

9. Documentação e Registos:

- Registos de Quantidades de Resíduos Gerados
- Registos de Procedimentos de Descarte
- Certificados de Destino Final de Resíduos

10. Monitoramento e Avaliação:

- Inspeções Regulares de Resíduos e Armazenamento
- Análise de Tendências de Geração de Resíduos
- Avaliação de Efectividade das Medidas Implementadas

11. Treinamento e Conscientização:

- Treinamentos Periódicos sobre Gestão de Resíduos
- Campanhas de Conscientização para Funcionários e Estudantes
- Economia de Recursos e Custos:
- Identificação de Oportunidades de Redução de Resíduos
- Análise de Custos Associados à Gestão de Resíduos