

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGE

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO NA IDENTIFICAÇÃO  
E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS  
LABORATÓRIOS DE QUÍMICA DO ISB/COARI: ESTUDO DE CASO.

ELINILCIA RIBEIRO DE ALMEIDA

MANAUS – AM  
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGE

ELINILCIA RIBEIRO DE ALMEIDA

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO NA IDENTIFICAÇÃO  
E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS  
LABORATÓRIOS DE QUÍMICA DO ISB/COARI: ESTUDO DE CASO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do grau de mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gestão da Produção e linha de pesquisa Gestão Ambiental e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. **Raimundo Kennedy Vieira**

MANAUS – AM  
2021

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A447a Almeida, Elinilcia Ribeiro de  
Aplicação de metodologias de gestão na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais dos laboratórios de química do ISB/Coari: estudo de caso. / Elinilcia Ribeiro de Almeida . 2021  
158 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Raimundo Kennedy Vieira  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. FMEA-Failure mode and effect analysis. 2. Produção mais limpa. 3. IRA- Índice de risco ambiental. 4. Aspectos e impactos ambientais. I. Vieira, Raimundo Kennedy. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

**ELINILCIA RIBEIRO DE ALMEIDA**

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE GESTÃO NA IDENTIFICAÇÃO  
E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS  
LABORATÓRIOS DE QUÍMICA DO ISB/COARI: ESTUDO DE CASO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do grau de mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gestão da Produção e linha de pesquisa Gestão Ambiental e Sustentabilidade.

**Aprovado em 02 de dezembro de 2021**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

---

Profa. Dra. Ocildeide Custódio da Silva, Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

---

Prof. Dr. Genilson Pereira Santana, Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por não ter me abandonado em nenhum momento, sempre me fornecendo o ânimo necessário para percorrer esta longa jornada de aprendizado, que foi o Mestrado.

A minha família pela torcida e apoio, principalmente a minha mãe, que sempre acreditou que sou capaz, sempre me deu forças para superar qualquer obstáculo e assumiu na prática o papel de avó todas as noites acolhendo meus filhos na minha ausência.

Aos meus amados filhos Enzo Vinícius e Sophia Eloá por terem suportado bravamente por um ano minhas ausências sempre que eu tinha que me deslocar para a capital devido ao mestrado e foram meu porto seguro sempre que a tristeza batia e ao meu companheiro e amigo Jonney Silva que assumiu o papel de pai dos meus filhos, me apoiando e compreendendo minhas ausências.

A minha amiga e babá dos meus filhos Fabiana Oliveira que passou a ser nas minhas ausências a segunda mãe deles me passando tranquilidade a distância sabendo que eles estavam bem, me mandando vídeos deles e palavras amigas para suportar a saudade.

Ao casal Edilson Nazaro e Adelaide Rodrigues por terem me acolhido junto a sua família me fornecendo um abrigo e meios para eu seguir nessa caminhada.

A amiga e professora estimada Ana Claudia Kaminsk pelo apoio desde antes de ter sido aprovada para esse mestrado e pelas ideias iniciais na escrita do pré projeto.

Ao meu amigo Maycon por toda ajuda desde o compartilhamento de material para nossa preparação para o mestrado e as experiências vividas nessa caminhada. Minha eterna gratidão, você tem uma grande parcela dessa vitória.

A todos os meus amigos de mestrado por todas as experiências vividas.

À secretária do PPGEPI Beatriz Pereira Cardoso Mar por sempre ter me atendido com presteza e dedicação. Muito obrigada.

Ao meu estimado orientador, professor Dr. Raimundo Kennedy Vieira, pela aceitação de ser meu orientador, pela presteza, apoio e ensinamentos ao longo desses dois anos e a paciência quando não falávamos a mesma língua.

Aos professores da banca pelas contribuições e, sobretudo, pela forma cortês com a qual as expuseram.

Aos amigos do Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB, pela colaboração, em nome da professora Vera, Romulo, Jath, Sandro, Fernando e o Técnico dos laboratórios Edivã Bernardo pela participação voluntária e colaboração na coleta de dados, fornecendo todas as informações necessárias para efetivação deste projeto.

Enfim a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a construção e conclusão deste trabalho. Fica aqui minha eterna gratidão a todos.

## RESUMO

Um dos temas ambientais mais preocupantes na atualidade é a geração de resíduos e as instituições de ensino estão inseridas nesse contexto pelas suas atividades administrativas além de aulas práticas e pesquisas, sendo estes de sua responsabilidade. É importante que a organização identifique os aspectos e impactos ambientais decorrentes de suas atividades e o uso das metodologias como FMEA e Produção Mais Limpa – P+L podem ajudar nesse levantamento e auxiliar na implementação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA adequado a sua realidade. Assim, buscou-se identificar e avaliar os aspectos e impactos ambientais relacionados as atividades de ensino e pesquisa dos laboratórios de química do Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari, realizando uma avaliação minuciosa da situação local para adoção de medidas de eliminação ou redução dos riscos gerados ao ambiente. O uso do formulário da FMEA juntamente com observações e registros realizados no local possibilitaram o levantamento e análise dos dados propiciando a confecção de quadros de prioridades determinado pelo Índice de Risco Ambiental – IRA, resultando em níveis de prioridades I, II, III e IV. Dos 67 processos, foram analisados vinte e um (21) e os resultados mostram que todos apresentam seu nível de prioridades, pois se foram detectados como problemas devem ser resolvidos. Foram detectadas trinta e duas (32) prioridades, sendo duas (02) prioridade I, que são os que apresentaram IRA igual ou maior que 365 sem controle atual dos aspectos e impactos ambientais, oito (08) com prioridade nível II, com IRA igual ou maior que 365, porém, com algum controle atual, seguido de seis (06) prioridades III e dezesseis (16) com prioridade IV onde estão os que se classificam com IRA menor que 365 sem controle atual e ou com controle atual respectivamente. A ferramenta se mostrou satisfatória na coleta de dados, possibilitando a confecção de um relatório para o Instituto com os resultados e ações propostas visando servir como importante instrumento gerencial e que as tomadas de decisões possam ser concretizadas pela ação e envolvimento do gestor e sua equipe de biossegurança na busca de parceria para a concretização das ações recomendadas em prol do todo (alunos, servidores, instituição, sociedade e meio ambiente).

Palavras-chaves: FMEA; Produção Mais Limpa; IRA; Aspectos e impactos ambientais.

## ABSTRACT

One of the most worrying environmental issues today is the generation of waste and educational institutions are inserted in this context for their administrative activities in addition to practical classes and research, which are their responsibility. It is important for the organization to identify the environmental aspects and impacts resulting from its activities and the use of methodologies such as FMEA and Cleaner Production - P+L can help in this survey and assist in the implementation of an Environmental Management System - SGA appropriate to its reality. Thus, we sought to identify and evaluate the environmental aspects and impacts related to the teaching and research activities of the chemistry laboratories of the Institute of Health and Biotechnology - ISB/Coari, carrying out a thorough assessment of the local situation to adopt measures to eliminate or reduce of the risks generated to the environment. The use of the FMEA form together with observations and records made on the spot made it possible to collect and analyze the data, enabling the creation of priority tables determined by the Environmental Risk Index - IRA, resulting in priority levels I, II, III and IV. Of the 67 processes, twenty-one (21) were analyzed and the results show that all of them present their level of priorities, because if they were detected as problems, they must be solved. Thirty-two (32) priorities were detected, with two (02) priority I, which are those that presented IRA equal to or greater than 365 without current control of environmental aspects and impacts, eight (08) with priority level II, with IRA equal to or greater than 365, however, with some current control, followed by six (06) priorities III and sixteen (16) with priority IV, where are those classified with ARI less than 365 without current control and or with current control, respectively. The tool proved to be satisfactory in the collection of data, enabling the preparation of a report for the Institute with the results and proposed actions aiming to serve as an important management instrument and that decision-making can be implemented by the action and involvement of the manager and his team of biosafety in the search for a partnership to implement the recommended actions for the benefit of the whole (students, servers, institution, society and the environment).

Keywords: FMEA; Cleaner Production; WILL; Environmental aspects and impacts.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Síntese dos estudos encontrados sobre a aplicação da FMEA.....	31
Quadro 2. Síntese das publicações sobre P+L.....	35
Quadro 3. Modelo adaptado da ferramenta FMEA por Campani et al., (2006) .....	47
Quadro 4. Modelo de FMEA adaptado para o estudo.....	48
Quadro 5. Lista das atividades práticas dos laboratórios de Química.....	57
Quadro 6. Processos (aulas práticas) e seus respectivos laboratórios.....	61
Quadro 7. IRA por laboratório estudado.....	64
Quadro 8. IRA's e suas prioridades.....	65
Quadro 9. Resultados dos laboratórios de Química geral obtidos com aplicação do formulário FMEA.....	67
Quadro 10. Resultados do Laboratório de Química orgânica.....	71
Quadro 11. Resultados do Laboratório de Físico-química e Química Analítica.....	76
Quadro 12. Resultados do gerenciamento dos resíduos provenientes das aulas práticas dos laboratórios de Química.....	80
Quadro 13. Fases de Implantação da P+L.....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exemplo de escala de severidade.....	28
Tabela 2. Modelo de escala de ocorrência.....	29
Tabela 3. Escala de detecção das causas e falhas.....	29
Tabela 4. Escala de NPR.....	30
Tabela 5. Alguns estudos sobre a aplicação do FMEA.....	30
Tabela 6. Aplicações da P+L.....	34
Tabela 7. Escala de gravidade.....	49
Tabela 8. Escala de ocorrência.....	49
Tabela 9. Escala de detecção das causas.....	50
Tabela 10. Determinação da prioridade do IRA.....	51
Tabela 11. Produção média de resíduos por semestre.....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de formulário do FMEA.....	27
Figura 2. Escala de prioridades do PGR.....	39
Figura 3. Classificação dos grupos de resíduos.....	41
Figura 4. Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/UFAM/Coari.....	54
Figuras A1 e A2. Estruturação dos laboratórios de Química.....	55
Figuras B1, B2 e B3. Organização padrão dos laboratórios de Química.....	56
Figuras C1 e C2. Organização dos laboratórios - vidrarias, reagentes e armário dos alunos.....	57
Figura 5. Livros de controle das atividades práticas.....	60
Figura 6. Fluxograma de entradas (input) e saídas (output) de um modo geral dos laboratórios de Química do ISB/Coari.....	62
Figura 7. Equipamentos queimados abandonados nas bancadas dos laboratórios.....	83
Figuras D1, D2, D3 e D4. Armazenamento dos resíduos laboratoriais.....	84
Figura 8. Depósito dos resíduos comuns.....	85
Figura 9. Planta baixa do Bloco I (localização das salas de depósito e dos laboratórios de química) .....	90
Figura 10. Sala destinada à depósito dos resíduos dos laboratórios de química.....	90
Figura 11. Croqui com a localização dos equipamentos de biossegurança.....	91
Figura 12. Equipamentos de biossegurança (lava olhos e chuveiro) instalados no corredor dos laboratórios de química.....	92
Figura 13. Instalação do extintor de incêndio no interior dos laboratórios.....	92

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Incidência dos Aspectos Ambientais por laboratório.....	63
Gráfico 2. Incidência dos Impactos Ambientais por laboratório.....	64
Gráfico 3. Qualificação das prioridades.....	66
Gráfico 4. Prioridades de IRA's do laboratório de Química Geral.....	70
Gráfico 5. Prioridades de IRA's do laboratório de Química Orgânica.....	73
Gráfico 6. Prioridades de IRA's do laboratório de Físico – Química e Química Analítica.....	78
Gráfico 7. Prioridades de IRA's relacionado ao gerenciamento de resíduos provenientes das aulas práticas.....	81

## LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1. $NPR = N^{\circ} (S) \times (O) \times (D)$ .....	30
Equação 2. $IRA = N^{\circ} (G) \times (O) \times (D)$ .....	51

## LISTA DE SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANVISA** – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- Art.** – Artigo
- C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>** - Ácido Etanoico
- Ca (OH)<sub>2</sub>** – Hidróxido de Cálcio
- CF** – Constituição Federal
- CLBio** – Comitê Local de Biossegurança
- CNS** – Conselho Nacional de Saúde
- CNTL** – Centro Nacional de Tecnologia Limpa
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CP** – Cleaner Production
- ECO 92** - Conferência de Meio ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas
- FEAM** – Fundação Estadual de Meio Ambiente
- FMEA** – Failure Mode and Effect Analysis
- S, G, O, D** – Severidade, Gravidade, ocorrência e detecção
- GA** – Gestão ambiental
- GR** – Gerenciamento de Resíduos
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** – Ácido Sulfúrico
- HCl** – Ácido Clorídrico
- HNO<sub>3</sub>** – Ácido Nítrico
- IBAM** – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IRA** – Índice de Risco Ambiental
- ISB** – Instituto de Saúde e Biotecnologia
- ISO** – International Standardization Organization
- KOH** – Hidróxido de Potássio
- NaOH** – Hidróxido de Sódio
- NASA** – National Aeronautics and Space Administration
- NBR** – Norma Brasileira
- NH<sub>4</sub>OH** - Hidróxido de Amônio
- OPAS** – Organização Pan-Americana de Saúde
- P + L** – Produção Mais Limpa
- PGR** – Plano de Gerenciamento de Resíduos

**PIBIC** – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

**PNUMA** – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

**RDC** – Resolução da Diretoria Colegiada

**RDC** – Resolução da Diretoria Colegiada

**RPN** – Número de Prioridade de Risco

**RSL** – Revisão sistemática da Literatura

**SGA** – Sistema de Gestão ambiental

**TCLE** – Termo de Consentimento Livre Esclarecido

**UFAM** – Universidade federal do Amazonas

**UNISINOS** – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.2 Delimitação do Estudo.....	21
1.3 Estrutura do Trabalho.....	21

### CAPÍTULO 2

<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
2.1 Objetivo Geral.....	22
2.1.2 Objetivos Específicos.....	22

### CAPÍTULO 3

<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
3.1 Resíduos Laboratoriais.....	22
3.2 Meio Ambiente e Aspectos e Impactos Ambientais.....	23
3.3 <i>Failure Mode and effect Analysis</i> - FMEA.....	25
3.3.1 Princípios do FMEA.....	26
3.3.2 Formulário do FMEA.....	26
3.3.3 Aplicações do FMEA e suas vantagens.....	30
3.4 Produção Mais Limpa - P+L.....	34
3.4.1 Aplicações e vantagens da P+L.....	34
3.5 Plano de Gerenciamento de Resíduos.....	38
3.5.1 Etapas de um gerenciamento de resíduos.....	40
3.6 Sistema de Gestão Ambiental - SGA.....	44

### CAPÍTULO 4

<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>45</b>
4.1 Delineamento da pesquisa.....	45
4.2 Coleta de dados.....	52
4.3 Características do local.....	53

### CAPÍTULO 5

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>55</b>
5.1 Os laboratórios de Química do ISB/Coari.....	55
5.2 Atividades práticas dos laboratórios de Química.....	57
5.3 Levantamento e análise dos aspectos e impactos ambientais.....	60

5.4 Contribuição da P+L nas ações recomendadas .....	86
5.5 Proposição da metodologia para implementação de um Sistema de Gestão de Resíduos.....	88
5.6 Ações recomendadas realizadas pelo instituto durante a coleta de dados.....	89

## **CAPÍTULO 6**

<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>94</b>
6.1 Contribuições Acadêmica, econômica, social e ambiental.....	95
6.2 Limitações.....	96
6.3 Sugestões de Trabalhos Futuros.....	98

## **CAPÍTULO 7**

<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>Anexo 1. Ofício de solicitação para autorização de coleta de dados.....</b>	<b>106</b>
<b>Anexo 2. Autorização para coleta de dados do Comitê Local de Biossegurança do ISB / Coari – CLBio.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo 3. Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE.....</b>	<b>108</b>
<b>Anexo 4. Formulário de solicitação de aula prática.....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 5. Formulário completo do FMEA com os resultados obtidos no estudo.....</b>	<b>110</b>
<b>Anexo 6. Relatório dos resultados obtidos nos laboratórios estudados.....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 7. Lista do inventário permanente da UFAM somente dos laboratórios de Química.....</b>	<b>157</b>

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

Diversos eventos catastróficos ocorridas no mundo e na atualidade são decorrentes das ações impensadas do homem ao longo dos anos em relação ao meio ambiente (AFONSO et al., 2016).

Para Delatorre (2018), um dos temas ambientais mais preocupantes na atualidade é a geração de resíduos e as instituições de ensino estão inseridas nesse contexto.

De acordo com Guedes, Simone e Barata (2011), as práticas de pesquisa e ensino trazem benefícios à sociedade, porém geram resíduos diversificados que são despejados de qualquer forma na natureza, negligenciados pelos seus produtores, as instituições de ensino.

Meira, Corveloni e Lisboa (2016), enfatizam que as universidades são responsáveis por seus resíduos e que estes geram grandes impactos ao meio ambiente sendo necessário a identificação e avaliação dos mesmos como primeiro passo para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental - SGA e assim evitar danos futuros com fiscalizações ambientais.

O SGA descrito pela Norma Brasileira ISO 14001 está relacionado à especificação dos requisitos necessários para que a organização desenvolva e implemente uma política ambiental, considerando os requisitos legais e informações referentes aos aspectos ambientais considerados significativos (ABNT NBR ISO 14001, 2004).

Cerezini, Amarali e Polli (2016) ressaltam que é importante que a organização identifique os aspectos e impactos ambientais decorrentes de suas atividades e isto é possível com o uso de diversas metodologias como a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos – FMEA (do inglês, *Failure Mode and Effects Analysis*) e Produção Mais Limpa – P+L que podem ajudar nesse levantamento e auxiliar na implementação do SGA.

A ferramenta FMEA, permite identificar os possíveis modos e falhas de um processo, produto ou serviço, possibilitando ações preventivas ou corretivas para evitar os efeitos negativos causados por essas falhas (BRAND et al., 2013). E a P+L atua no melhor aproveitamento da matéria prima nas aulas de ensino e pesquisa, para evitar desperdício de materiais, energia e água e com isso minimizar ao máximo a geração de resíduos sejam eles sólidos e líquidos, e a emissão de gases

e assim ter redução nos custos e no impacto gerado ao meio pelas atividades da instituição (GUEDES, 2013).

Barbieri (2011) enfatiza que a identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais das atividades de uma organização é de suma importância e essencial para o desenvolvimento SGA adequado a sua realidade.

Assim, identificar e avaliar os aspectos e impactos ambientais relacionados as atividades de ensino e pesquisa dos laboratórios de química do Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari se torna essencial e necessário.

Diante desse contexto surgiu o seguinte questionamento: Quais aspectos e impactos ambientais são gerados nos laboratórios de Química? Diante desta situação surgiu a necessidade de uma avaliação minuciosa da situação local para adoção de medidas de eliminação ou redução dos riscos gerados ao ambiente visando atender a um padrão de sistema de gestão sustentável, o que pôde ser direcionado com adoção integrada das ferramentas FMEA e P+L. Assim este trabalho visou identificar os aspectos e impactos ambientais gerados nesses laboratórios devido às atividades de ensino e pesquisa e o gerenciamento dos resíduos provenientes dessas atividades. Isto foi atingido, por meio da ferramenta de gestão FMEA que possibilitam detectar os erros e falhas com a eliminação ou minimização dos impactos ambientais, planejamento das melhorias no processo e redução de custos e a adoção da prática de ecoeficiência. Também através da P+L como ações recomendadas somando aos benefícios do gerenciamento ambiental e a redução de custo, além da melhoria da imagem da instituição perante a sociedade e aos órgãos competentes. Diante do exposto e dos resultados obtidos propor essa metodologia como subsídio para implementação de um plano de gerenciamento de resíduos adequado à realidade local, cumprindo a legislação vigente, proporcionando um ambiente seguro para seus usuários e servidores e atendendo ao SGA ambiental sustentável em prol do meio ambiente, da sociedade e da organização.

O tema foi escolhido mediante o conhecimento da situação local, visto que a pesquisadora além de servidora da instituição estudada, também já foi aluna do curso de química e reconhece a necessidade da instituição em adequar suas atividades laboratoriais aos parâmetros legais exigidos por leis, pois algumas instituições de ensino já seguem esse padrão estando adiantada em relação a futuras fiscalizações e cobranças pertinentes dos órgãos competentes e da

sociedade em relação a atividades executadas dentro de um sistema de gestão sustentável.

A escolha dos laboratórios de química se deve também ao fato dos mesmos atenderem não somente aos cursos de química como a todos os demais cursos que têm em sua grade curricular a disciplina de química seja geral, orgânica, inorgânica, analítica e bioquímica e que necessite de aulas práticas laboratoriais, além dos mesmos serem representativo dentro dos 28 laboratórios que o instituto tem, 4 deles são de química sendo 3 de ensino e 1 de pesquisa e suas características serem comuns a vários outros laboratórios apresentando os mesmos aspectos e impactos e por meio dos resultados obtidos servir de referência para adoção da metodologia seguindo os mesmos parâmetros nos demais laboratórios do ISB/Coari.

Infelizmente segundo Teixeira et al., (2012), as universidades até o momento são isentas de licenciamento e isso de certa forma não os obriga a adotar práticas correta de gerenciamento e disposição dos resíduos.

Segundo os mesmos autores Teixeira et al., (2012), a falta de fiscalização e a isenção de licenciamento não dá o direito das universidades de negligenciar seus resíduos, pois as mesmas são formadoras de opiniões, de futuros profissionais proativos para o mercado de trabalho e conscientes de sua responsabilidade com a sociedade e isso inclui o meio ambiente.

Porém, dentro desse contexto, Oliveira (2012) ressalta que essa realidade está preste a mudar, pois as instituições estão percebendo a necessidade de se adequarem, de terem o controle dos aspectos ambientais significativos referentes às suas atividades, onde se destaca as universidades da Espanha, Portugal, Reino Unido, França, Alemanha e América Latina.

No Brasil a primeira Universidade da América Latina a ser certificada foi a Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, no Rio grande do Sul (UNISINOS, Relatório 2005).

O insuficiente conhecimento do correto gerenciamento de resíduos e da potencialidade que os laboratórios de ensino e pesquisa têm em gerar impacto ao ambiente, aliado a falta de interesse do gestor e dos envolvidos (docentes, discentes e técnicos), faz com que esse problema seja negligenciado e as consequências sejam inevitáveis.

Segundo Couto (2010), a redução e a correta destinação final de resíduos gerados em instituições de pesquisa constituem-se num grande desafio que requer a mobilização de todos os envolvidos no processo.

Assim diante do exposto é de extrema valia o estudo que foi proposto por esse trabalho visando à identificação dos impactos causados pelas atividades de ensino, pesquisa e o gerenciamento dos resíduos produzidos por elas por meio do auxílio das ferramentas de gestão FMEA e P+L.

Visa-se ao final deste trabalho além de alcançar os objetivos propostos e responder ao questionamento surgido, propor essas metodologias como subsídio para implementação pela instituição de um plano de gerenciamento atendendo a um SGA em prol da diminuição dos riscos gerados ao trabalhador, à instituição, ao meio ambiente e que esta metodologia possa servir de subsídio para outros trabalhos que visam estimular, despertar estudos e pesquisas relacionadas ao tema e a conscientização ambiental.

De acordo com Figueiredo et al., (2011), os benefícios alcançados por meio desse planejamento técnico vão muito além de cumprir a legislação, é uma resposta positiva de importância educacional, científica, social, ambiental e econômica.

## **1.2 Delimitação do Estudo**

A pesquisa delimita-se a identificação e avaliação dos impactos gerados pelas atividades de ensino, pesquisa e gerenciamento de resíduos executadas nos laboratórios de Química do Instituto de Saúde e Biotecnologia do Município de Coari – AM.

## **1.3 Estrutura do Trabalho**

O trabalho será estruturado em capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se a Introdução, com a contextualização do problema, delimitação do estudo e estrutura do trabalho. No capítulo 2 a descrição do objetivo geral e os objetivos específicos.

Uma revisão da literatura sobre conceitos necessários ao entendimento do tema da pesquisa – resíduos laboratoriais, meio ambiente e aspectos e impactos ambientais, ferramentas de gestão de produção (FMEA e produção + limpa), Plano de gerenciamento de resíduos e Sistema de gestão Ambiental – são apresentados no capítulo 3.

No capítulo 4 são detalhados os procedimentos metodológicos usados na execução da pesquisa e uma breve apresentação do local de estudo seguido do capítulo 5 onde está descrito os resultados encontrados mediante às pesquisas documentais, coleta direta, visitas técnicas e aplicação do formulário FMEA. No

capítulo 6 está a considerações finais do estudo, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

Na sequência apresentam-se as referências e os anexos do trabalho.

## **CAPÍTULO 2**

### **2 OBJETIVOS**

#### **2.1 Objetivo Geral**

Identificar os aspectos e impactos ambientais gerados pelas atividades dos laboratórios de química do ISB/Coari à luz de metodologias de gestão.

#### **2.1.2 Objetivos Específicos**

- Descrever os laboratórios de Química do ISB/UFAM/Coari;
- Descrever as atividades de ensino e pesquisa realizadas nesses laboratórios;
- Levantar os aspectos e impactos presentes nesses laboratórios;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais presentes com o uso da FMEA e P+L;
- Propor metodologia para a implementação do Sistema de Gestão de Resíduos.

## **CAPÍTULO 3**

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo será apresentado uma breve revisão de literatura sobre conceitos necessários ao entendimento do tema da pesquisa como resíduos laboratoriais, meio ambiente e aspectos e impactos ambientais, Ferramentas de gestão de produção (FMEA e P+L), Plano de gerenciamento de resíduos e por fim o Sistema de Gestão Ambiental.

#### **3.1 Resíduos Laboratoriais**

Para definição em relação a universidades os resíduos de laboratórios são os provenientes das atividades de ensino e pesquisa destes estabelecimentos. De

acordo com Teixeira et al., (2012), esses resíduos são considerados provenientes de ensaios, atividades de ensino e pesquisa, que geram resíduos complexos, diversificados com características que podem ser classificadas em perigosas ou não, apresentando-se em diversos estados: sólidos, semissólidos, líquido e gasoso. Essas soluções e materiais gerados ou encontrados nos laboratórios podem ser classificados como químicos, biológicos, resíduos de saúde onde se incluem os perfurocortantes.

Ainda segundo Teixeira et al., (2012), os demais materiais que acabam sendo gerados nos laboratórios devido às atividades burocráticas e administrativas como papéis, cartuchos de tinta, copos plásticos, vidros, metais entre outros que estes ficam excluídos da definição de resíduos laboratoriais, mesmo sendo descartados no ambiente interno desse setor.

Figueiredo et al., (2011) enfatiza que esses resíduos laboratoriais provenientes de aulas prática, pesquisa e até mesmo atendimento ao público, quando simplesmente jogados no meio ambiente, geram com o passar dos anos danos drásticos e irreversíveis ao meio ambiente.

### **3.2 Meio Ambiente e Aspectos e Impactos Ambientais**

Meio ambiente tem várias definições, mais de uma maneira geral é compreendido por tudo que nos cerca e a interação do homem provoca mudanças que podem afetar consideravelmente o meio ambiente.

De acordo com o Art.225 da Constituição Federal de 1988 (CF/88) e no Art. 3º da Lei 6938/81 a definição de Meio Ambiente pode ser entendida como:

“O meio ambiente é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite abrigar e reger a vida em todas as suas formas”. (BRASIL. CF. Art. 225, 1988. Art. 3º, Lei 6.938,1981).

Na visão de Engelmam, Guisso e Fracasso (2009), a mudança no comportamento humano em relação à busca por um desenvolvimento de forma sustentável irá amenizar o panorama de preocupação com o meio ambiente e com os aspectos econômico-sociais. Essa sustentabilidade ambiental provém da participação, cooperação e responsabilidade dos atores envolvidos na produção e no consumo, visando superar a ideia de que o ambiente se auto - recupera, não requer cuidados e que atua apenas como provedor de recursos naturais.

Feroldi (2014) ressalta que para que se tenha um desenvolvimento sustentável, com um ambiente protegido e equilibrado, faz-se necessário gerenciar, tratar, armazenar, reciclar e transportar os resíduos perigosos de maneira adequada, havendo uma cooperação mútua entre a unidade geradora, o governo local e a sociedade.

De acordo com Zanon (2014), os espaços de ensino e neste se incluem as universidades, são importantes para enfatizar a importância da educação ambiental, atuando na conscientização e sensibilização dos alunos e futuros profissionais para que despertem à concepção ecológica desde a produção dos resíduos até seu descarte final.

A preparação desses profissionais requer a complementação nos laboratórios com aulas práticas e pesquisas. Neste setor estão presentes aspectos que segundo a ABNT (2004) “são os elementos ou serviços das atividades de podem interagir com o meio ambiente” e essa interação pode levar a impactos importantes, ou seja, significativos ao meio ambiente.

De acordo com Barbieri (2007), os aspectos ambientais são decorrentes do consumo (inputs ou entradas) por meio do uso de insumo, como espaço, matérias-primas, energia, água e outros recursos produtivos e do uso do meio ambiente como receptor (outputs ou saídas) de resíduos, emissões de gases, ruídos, vibrações, radiações e efluentes líquidos, oriundos das atividades ou serviços realizados.

Sanches (2006) enfatiza que o aspecto ambiental antecede o impacto, ou seja, para que o impacto aconteça existe o aspecto que o gerou, assim o impacto é o efeito do aspecto. Assim a geração de resíduos, por exemplo, é aspecto e não impacto.

Segundo o mesmo autor o impacto é descrito como alterações positivas ou negativas causadas ao meio ambiente provenientes dos aspectos ambientais.

O Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) conceitua impacto ambiental como:

“Qualquer alteração das propriedades do meio ambiente sejam elas físicas, químicas ou biológicas, causadas por qualquer forma de matéria resultantes de atividades que direta ou indiretamente, afete a saúde e as atividades sociais e econômicas da população, a biota, as condições estéticas e sanitárias e a qualidade dos recursos naturais (BRASIL, CONAMA, 1986).

Para que uma organização atue em conformidade com a legislação vigente no que se refere ao sistema de Gestão Ambiental a identificação dos aspectos e impactos ambientais é imprescindível (RAMALHO et al., 2018).

Nesse contexto, as ferramentas de gestão de produção podem auxiliá-lo de forma integrada na identificação dos aspectos e impactos ambientais visando o alcance de um sistema de produção eficiente em prol da sustentabilidade ambiental como o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) e a Cleaner production (Produção Mais Limpa).

### **3.3 *Failure Mode and Effect Analysis* - FMEA**

A busca pela melhoria da qualidade de um produto ou processo em qualquer área de atuação é constante, porém para o alcance são necessários planejamentos e identificação dos problemas que afetam a eficiência e eficácia do sistema. Paladini (2008) enfatiza que muitas ferramentas podem ser adotadas visando direcionar as ações para o foco alvo do problema, porém o problema passa a ser a escolha correta da ferramenta visando alcançar o objetivo proposto pela organização que é a melhoria da qualidade dos seus processos e por meio destes atender também a melhoria para o meio ambiente atendendo a um sistema de gestão ambiental - SGA.

A FMEA é uma dessas ferramentas de qualidade que atua na análise do tipo de falha e efeitos ocorridos no sistema. De acordo com Mcdermott et al., (2009), essa ferramenta foi testada pela primeira vez em 1949 pelos militares com o objetivo de determinar os efeitos da ocorrência das falhas em sistemas e equipamentos. Posteriormente já na década de 60 a mesma foi aplicada no projeto Appolo da NASA, pois permite identificar e prevê problemas sejam em projetos ou processo antes mesmo de sua ocorrência. Para Caetano, Lobosco e Arcari (2015) ela trabalha na identificação das falhas potenciais daquele processo, produto, sistema possibilitando a geração de ações que visam à prevenção e solução do problema com a melhoria da qualidade de gestão, trazendo grandes benefícios para a organização e conseqüentemente atendendo também ao meio ambiente e à saúde do trabalhador.

### 3.3.1 Princípios do FMEA

O princípio para análise do processo requer o seguimento de diversos passos para que a coleta seja realizada de maneira efetiva e organizada e que sejam alcançadas as metas propostas. Segundo Stersi e Rito (2019) esses passos são:

- O processo deve ser desdobrado em atividades individuais;
- As análises do processo devem ser realizadas por uma equipe multidisciplinar visando o alcance de uma visão geral e ampla do processo. Esta equipe deve estar comprometida e envolvida no processo para a efetiva elaboração e aplicação desta ferramenta. Todas as etapas devem ser criadas e analisadas em consenso com o grupo;
- A aplicação do formulário deve ser realizada por um facilitador ou responsável pela aplicação da ferramenta. Este será responsável pelo agendamento das reuniões, o adequado registro destas reuniões, treinamento da equipe, acompanhamento do progresso do trabalho e mediação dos encontros. Este deve ter conhecimento da ferramenta para facilitar o repasse de sua utilização à equipe visando o correto preenchimento do formulário com o objetivo de alcançar o propósito de sua aplicação e saber se comunicar de maneira a facilitar sua aplicação;
- Que seja demonstrado à equipe um esboço do formulário a ser aplicado, com os itens básicos a serem avaliados podendo este ser adequado em comum acordo ao escopo de estudo para suprir as necessidades da avaliação;
- As escalas de severidade (S) ocorrência (o) e detecção devem ser definidas pela equipe;
- E o Número de Prioridade de Risco - RPN seja determinado pela equipe, pois através deste serão propostas as ações de prioridade para eliminar ou reduzir os riscos gerados pelo processo. Este RPN é obtido pela multiplicação dos valores de severidade (S) ocorrência (O) e detecção (D). O Limite está dentro dessa faixa de 1 a 1000.

### 3.3.2 Formulário do FMEA

O formulário da ferramenta FMEA não segue a um modelo pronto, pois este deve ser adequado ao que se pretende estudar, porém este tem alguns elementos considerados básicos e que não constantes na adoção desta ferramenta. Esses elementos básicos são: cabeçalho, etapas do processo, funções, falha potencial ou modo de falha, efeitos causas, severidade ou gravidade, ocorrência que darão

origem ao NPR, forma de controle, detecção e ações recomendadas. A Figura 1 apresenta um modelo de formulário do FMEA, demonstrando detalhadamente os elementos básicos e o que corresponde cada etapa para o preenchimento do formulário.

Figura 1. Modelo de Formulário do FMEA

FMEA											
Organização:		Objetivo:		Responsável:				Data Inicial:			
Local do estudo:		Processo:		Equipe:				Data de revisão:			
Avaliação dos riscos							Controles Finais				
Etapas do processo	Função do processo	Falha potencial do processo	Dano Efeito da falha	S	Potencial causa raiz	O	Controle Atual	D	N P R	Ações recomendadas	Responsável/ Prazo

Fonte: Adaptado de Toledo e Amaral (2010).

- **Cabeçalho:** é a estrutura do formulário onde devem estar informações que forneçam orientações básicas sobre o que será trabalhado, local, responsável, data de início e data de reavaliação dos dados. O modelo apresentado já adaptado que será adotado na proposta desse projeto.
- **Equipe:** O nome de cada membro da equipe e sua respectiva área deve ser registrado no formulário FMEA.
- **Etapas do processo:** nesta etapa deve estar descrito as atividades individuais que fazem parte do processo a ser analisado.
- **Função do processo:** está fase corresponde a descrever a função propósito da realização da etapa do processo. A pergunta para direcionar essa função é: “O que esse processo se propõe a fazer?” Dependendo da etapa do processo, várias funções serão identificadas.
- **Falha potencial:** nesta etapa descrevem-se as possíveis falhas que pode ocorrer naquela etapa do processo. Uma pergunta que pode ser usada para direcionar esta etapa é: O que pode dar errado (ou já deu errado) na execução dessa atividade no processo? “Como a função pode deixar de ser atendida?”. Os dados, registros históricos disponíveis e conhecimento dos profissionais da equipe ajudam muito para auxiliar na listagem das falhas existentes. Uma forma prática e útil para se listar a falha potencial é considerar a forma negativa da função do processo. Exemplo se a função

definida para a atividade é “separar os resíduos” a forma negativa será “não medir a temperatura”.

- **Dano / Efeito da falha:** Correspondem as consequências provenientes da ocorrência da falha. Consiste em responder a seguinte pergunta: “Qual o possível dano ou impacto no gerenciamento dos resíduos e na segurança dos trabalhadores caso a falha ocorra?”.
- **Severidade:** nessa etapa deve-se avaliar a gravidade da falha por meio da tabela de severidade/gravidade elaborada pela equipe. A severidade é classificada em um índice de 1 a 10. A Tabela 1 apresenta um modelo para verificar o critério de severidade do efeito da falha.

Tabela 1: Exemplo de escala de severidade

Índice de severidade	Classificação da severidade
9,10	<b>Muito Alta:</b> Efeitos que podem oferecer risco de vida ou podem causar um sério risco à saúde ou um problema temporário de saúde (ex: morte, doença efeitos colaterais irreversíveis) e alto impacto ao ambiente.
7, 8	<b>Alta:</b> efeitos que podem causar impacto na saúde e ao meio ambiente, mas não estão cobertos pelos mesmos exemplos da classificação “Muito Alta”.
4, 5, 6	Moderada: Efeitos que não causam sérios riscos à saúde e ao meio ambiente, mais que podem ser observados.
2, 3	Pequena: Efeitos que não causam risco à saúde e ao meio ambiente.
1	Mínima: sem efeito

Fonte: Adaptado de Stersi e Rito (2019)

- **Potencial causa raiz:** nesta etapa são listados os motivos que podem ter causado a falha. Listar os motivos como algo que deve ser corrigido e controlado. A pergunta que pode ajudar na identificação da causa raiz é “Quais são as causas que fazem está falha ocorrer?”.
- **Ocorrência (O):** refere-se à frequência de ocorrência da falha ou causa, ou seja, corresponde a probabilidade que causa venha a ocorrer. Perguntas realizadas:
  - ✓ Qual a chance desse procedimento falhar?
  - ✓ Qual a chance de o trabalhador sofrer um acidente ocupacional?
  - ✓ Qual a chance de causar danos ao ambiente ou afetar o gerenciamento?

A análise da ocorrência também é feita numa escala qualitativa de 1 a 10. Quanto mais o valor da ocorrência se aproxima do índice 10 mais aumenta a

probabilidade de ocorrer às causas das falhas. A Tabela 2 apresenta um modelo de critério de avaliação da ocorrência.

Tabela 2 – Modelo de escala de ocorrência

Índice de ocorrência	Escala de Ocorrência
1	Improvável
2	Não provável, remoto
3	Não comum mais pode acontecer
4	Menos de 1 vez em 10 procedimentos
5	Menos de 1 vez a cada 4 procedimentos
6	Menos de 1 vez a cada 2 procedimentos
7	Mais de 1 vez a cada 2 procedimentos
8	A maioria do tempo
9	Quase contínuo
10	Constante, contínuo

Fonte: Oliveira (2016)

- **Controle Atual:** É a descrição do que prevenir ou diminuir a possibilidade de ocorrência da falha ou detectar a causa da falha antes que a mesma ocorra. Duas questões podem auxiliar a determinar o controle: “Como esta falha pode ser detectada? e Em que forma ela pode ser prevenida?”.

Podem ser controles de processo ou Controle Estatístico de Processo (CEP), ou então avaliações posteriores ao processo.

A avaliação poderá ser feita para a operação em análise ou operação subsequente.

- **Detecção (D):** Detecta a causa ou a falha antes ou durante a realização do procedimento. Segue a uma escala de 1 a 10. O índice 1 representa a maior probabilidade de detectar a causa antes ou durante a realização do procedimento e 10 a impossibilidade de detectar a falha dentro do processo. A Tabela 3 mostra um exemplo de escala de detecção das causas e falhas.

Tabela 3 – Escala de detecção das causas e falhas

Índice de detecção	Escala de detecção
1	Quase certa de detecção
2	Probabilidade muito alta de detecção
3	Alta probabilidade de detecção
4	Chance moderada de detecção
5	Chance média de detecção
6	Baixa probabilidade de detecção
7	Probabilidade muito baixa de detecção
8	Probabilidade remota de detecção
9	Muito remota a chance de detecção
10	Detecção quase impossível

Fonte: Adaptado de Roos et al., (2007)

- **NPR:** é o Número de Prioridade de Risco obtido pela multiplicação do índice de severidade (S), de ocorrência (O) e detecção (D) como mostra a equação 1 abaixo.

$$\text{NPR} = N^{\circ} (S) \times (O) \times (D)$$

Este resultado possibilita identificar quais riscos devem ser tratados com prioridade. Sua escala vai de 1 a 1000. A Tabela 4 mostra um exemplo de escala de NPR.

Tabela 4. Escala de NPR

NPR	Escala de detecção
Muito Alto (200 – 1000)	Item vulnerável e importante. Requer ações preventivas.
Alto (100 – 200)	Item vulnerável e importante. Requer ações preventivas ou corretivas.
Médio (50 – 100)	Item vulnerável. Requer ações preventivas ou corretivas.
Baixo (1 – 50)	Item pouco vulnerável e importante. Requer ações preventivas.

Fonte: Oliveira (2016)

- **Ações recomendadas:** refere-se às ações que foram listadas pela equipe para eliminar ou reduzir as falhas de gravidade.
- **Responsável e Prazo:** refere-se à identificação do profissional responsável pelo acompanhamento das atividades e que este garanta sua execução até a data estipulada no plano de ação.

### 3.3.3 Aplicações do FMEA e suas vantagens

A ferramenta FMEA não é usada somente na avaliação de riscos. De acordo com Mendes e Ebner (2013) essa ferramenta é usada para avaliar a elaboração de planos para controlar processos recentemente estabelecidos, para tomada de decisões sobre a introdução de novo produto ou processo, no aumento da satisfação do cliente e análise de falhas em processos existentes para melhorar a qualidade.

Publicações mostram que a metodologia FMEA tem sua aplicação em vários setores como mostra os títulos das publicações abaixo listadas na tabela 5.

Tabela 5. Alguns estudos sobre a aplicação do método FMEA

Ano	Autores	Títulos
2015	SILVA, E. P.; CHAGAS, R. L.; AVELAR, R. J.; SILVA, R. H.	FMEA: Aplicação da ferramenta de qualidade de processo produtivo do iogurte em um laticínio de pequeno porte.

2015	MORAIS, L. S.; BORGES, K. K.; RIBEIRO, V. N.; MENDES, A. F.	Aplicação da ferramenta FMEA para reduzir impactos ambientais: Um estudo de caso em uma empresa localizada em Mossoró/RN.
2016	PONTES, R. S.; FREITAS, L. S.; MACIEL, D. S. C.	Análise dos modos e efeitos de falhas (FMEA): Um estudo dos serviços odontológicos de um posto de saúde em queimadas – PB.
2016	MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S.	Utilização do método FMEA na identificação e análise de impactos ambientais: o caso de uma empresa produtora de embalagens flexíveis.
2017	CASOTTI, R. F.; BATISTA, B. C.; FREITAS, R. R.	Análise dos elos produtivos e aplicação do Método de Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) na pesca artesanal no Norte do Espírito Santo, BRASIL.
2017	SILVA, B. M.; ANDRADE, C. S.; CRUZ, L. M. O.; CRUZ, L. M. O.	Análise e aplicação do FMEA em um frigorífico na região de Coxim – MS.
2017	FONSECA, J. M.; PERES, A. P.	Aplicação das ferramentas produção mais limpa e FMEA em Abatedouro-Frigorífico de suínos.
2018	BEZERRA, K. C. A.; DIAS, Y. N.; ALVES, R. J. M.; FILHO, H. R. F.; PONTES, A. N.	FMEA como subsídio para a implementação do sistema de gestão ambiental em laboratório da UFRA.
2019	BREMM, L. B.; WIEDENHOFT, A. G.; OLIVEIRA, A. S.	FMEA como ferramenta para análise de falha de um produto – Avaliação da rugosidade superficial do processo de torneamento a quente.
2020	JUNIOR, A. O.; SILVA, E. C.; HERMOSILLA, J. L. G.	Um estudo de aplicação do método FMEA: pesquisa-ação em um processo de fabricação de uma empresa de grande porte do setor metal mecânico.

Fonte: Autora com base nas pesquisas encontradas

Nesses estudos a metodologia se apresentou como aplicável e confiável nos mais diversos setores, trazendo resultados satisfatórios com benefícios/melhorias para os empreendimentos como listados no quadro 1. As vantagens de sua aplicação vão desde: redução de custos, redução dos impactos gerados, redução da geração de resíduos e melhoria com o melhor aproveitamento dos insumos, sendo um retorno positivo não somente as empresas, mais aos funcionários, ao meio ambiente e a sociedade em geral.

Quadro 1. Síntese dos estudos encontrados sobre a aplicação da FMEA

Autor (es)	Aplicação	Resultados	Benefícios/Melhorias
Silva et al., (2015)	FMEA no processo produtivo de iogurte em um pequeno laticínio.	Número de Prioridade de Risco (NPR): teste de acidez e o envase. Ações preventivas: treinamentos e manutenções dos equipamentos.	- Melhoria na estruturação do processo de produção pelo controle das falhas potenciais; - Confiabilidade e qualidade no processo de produção do iogurte.
Morais et al., (2015)	FMEA em uma empresa do ramo animal e vegetal que atende ao princípio da permacultura	Causas potenciais de falhas do processo (administração de defensivos e geração de rejeitos pelo descarte de sacos e vasos plásticos). Ações propostas: evitar uso de	- Em virtude do tempo limitado, não teve como verificar as melhorias. - Porém se aplicada servirá de orientação ao gestor nas tomadas de

		agrotóxico ou optar por mais eficiente e menos tóxico (óleo mineral) e controles biológicos: uso de insetos, bactérias que combatem as pragas e treinamento dos operadores para administração correta dos defensivos, e correto das embalagens e quanto aos sacos e vasos plásticos fazer a reciclagem do rejeito e substituição do material plástico por outro de maior durabilidade e reutilização.	decisões nessa produção integrada e com isso redução de custos e melhoria ambiental.
Pontes, Freitas e Maciel (2016).	FMEA na análise dos aspectos e impactos ambientais gerados pela atividade odontológica em um Posto de Saúde.	29 impactos em todo empreendimento, sendo que o procedimento de restauração apresenta os riscos ambientais mais intensos.	- A ferramenta possibilita a orientação do gestor devido a descrição dos processos e seus respectivos aspectos e impactos, mensurando-os e definindo as práticas a serem utilizadas em cada caso específico
Maciel e Freitas (2016).	FMEA na identificação e análise dos impactos ambientais em uma empresa produtora de embalagens flexíveis	Pontos críticos: nas etapas de produção e nas demais atividades da empresa no que tange as suas dependências (escritórios, banheiros e refeitório). Os altos impactos foram: consumo de energia, geração de resíduos e emissões gasosas. Ações: treinamento externo para os funcionários, a fim de reduzir falhas que levem a geração de aparas, redução do consumo de energia através e alternativas tecnológicas; utilização de solventes a base de produtos não agressivos; entre outras alternativas	Contribuiu para a disseminação da avaliação de impacto ambiental nas empresas do setor e serve como base para que estas possam conhecer os impactos gerados por suas atividades. A FMEA promove a possibilidade de constante avaliação do risco ambiental e a adoção de ações para mitigá-lo, o que conduzirá a organização à melhoria e acompanhamento de seus processos.
Casotti, Batista e Freitas (2017).	FMEA nos processos de insumos, produção, beneficiamento e comercialização do pescado nas comunidades pesqueiras de Guriri e Barra Nova.	Os problemas encontrados na cadeia produtiva estão ligados principalmente a falta de qualidade no processamento e a falta de incentivos do poder público.	- Incentivo e orientação com o uso da ferramenta para a busca de melhorias na qualidade e processamento do pescado. - Parceria com o poder público.
Silva et al., (2017).	Aplicação do FMEA em um frigorífico na região de Coxim – MS	41 (quarenta e um) aspectos decorrentes as atividades. O maior risco se deu na geração de resíduos de efluentes provenientes do processo produtivo e do confinamento (curral), resíduos sólidos e orgânicos decorrentes do refeitório e da organização e	A FMEA possibilitou a orientação da empresa na tomada de decisão e planejamento ambiental, facilitando a construção e a reformulação de metas e programas que possibilitem o aprimoramento da

		limpeza da empresa. As ações recomendadas foram: Tratamento dos efluentes líquido e reaproveitamento da água tratada para lavagem do curral e implantação de lixeiras de coleta seletiva para segregação dos resíduos na empresa, realização de compostagem dos restos orgânicos, treinamento dos funcionários e implantação de programas de educação ambiental.	gestão ambiental empresarial.
Fonseca e Peres (2017).	FMEA e P+L em um abatedouro de suínos visando detectar pontos críticos ao longo da cadeia produtiva.	Aspectos ambientais que apresentaram maior risco: setor de tratamento de resíduos orgânicos (efluentes, sangue animal e ossos). Ações recomendadas: substituição dos produtos químicos da estação de tratamento por micro-organismos decompositores, a compostagem e a produção de farinha e ração animal a partir dos resíduos sólidos.	- Melhoria ambiental; - Melhoria econômica.
Bezerra et al., (2018).	FMEA no Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), em Belém-PA.	Principais problemas são: o despejo inadequado de efluentes, a má gestão de água e o descarte inadequado de resíduos, que devem ter ações corretivas prioritárias; assim como, de imediato, mudanças na postura dos profissionais quanto ao uso e gestão dos recursos laboratoriais, a fim de melhorar o processo de análises químicas.	FMEA demonstrou ser eficiente na identificação e avaliação dos riscos ambientais, nas causas e nos efeitos in loco, propondo-se ações preventivas e/ou corretivas e gerando subsídios para a implementação do SGA.
Bremm, Wiedenhof e Oliveira (2019).	FMEA na avaliação da rugosidade superficial do processo de torneamento a quente, visando melhorias nesse processo no aço ABNT 1045.	Identificou-se as falhas e possíveis prevenções no equipamento de medição de temperatura, o manuseio das amostras e obtenção dos resultados do experimento. As ações recomendadas: verificação dos manuais, uso e verificação dos corretos parâmetros do equipamento e o uso adequado de material de forma a evitar choques de temperatura durante o manuseio. Os resultados coletados da superfície cilíndrica tiveram como ação recomendada uma verificação do manual do equipamento, onde o operador, responsável pela melhoria fez uma correta verificação dos parâmetros, evitando dessa forma erros	- Melhorias nos parâmetros; - Redução das não-conformidades.

		decorrentes de medições.	
Junior, Silva e Hermosilla (2020).	FMEA em um processo de fabricação de uma empresa de grande porte do segmento metal mecânico.	Durante o processo de desenvolvimento do FMEA, a ferramenta foi além do esperado, revelando modos de falhas em potencial, antes não documentadas e formalizadas, contribuindo com a melhoria do processo e principalmente mostrando que uma ação pode ocasionar grandes efeitos ao cliente e também ao próprio fabricante.	- Melhoria do processo; - Satisfação do cliente e do fabricante; -Facilitação na identificação das falhas potenciais e orientação ao gestor nas tomadas de decisões.

Fonte: Autora com base nas publicações encontradas

### 3.4 Produção Mais Limpa – P+L

Não adianta pensar em melhoria de qualidade de um processo ou produto se não pensar agregado a essa ideia a sustentabilidade desse processo em prol do meio ambiente. Visando atender a sustentabilidade do sistema, entra em ação a P+L que de acordo com o Centro Nacional de Tecnologia Limpa – CNTL (2003) é usada como estratégia técnica econômica e ambiental e integrada a outras ferramentas e associada ao processo visa aumentar a eficiência do uso de energia, matéria prima, água e atender ao princípio da hierarquia da geração de resíduos, com benefício ambiental, à saúde dos trabalhadores, a sociedade e a organização.

#### 3.4.1 Aplicações e vantagens da P+L

Na visão de Guedes, Simone e Barata (2011) a implantação do programa de P+L em laboratórios propõem mudanças tanto de tecnologia como nos processos adotados anteriormente no laboratório para atender a redução de custos, o impacto gerado pelo processo e manter a qualidade da pesquisa realizada neste local.

Para se adotar qualquer ferramenta de qualidade dentro de uma instituição é preciso compromisso de toda a equipe investida no processo (gestor, técnico, professores, alunos, terceirizados), para que cada etapa seja alcançada com sucesso.

Trabalhos publicados enfatizam as diversidades de aplicações da P+L nos mais variados segmentos como mostra os estudos listados na tabela 6.

Tabela 6. Aplicações da P+L

Ano	Autores	Estudo
2015	DE OLIVEIRA, J. A.; GUARDIA, M.; QUEIROZ, G. A.; COBRA, R. L. R.; OMETTO, A. R.	Identificação dos benefícios e dificuldades da Produção Mais Limpa em empresas industriais do Estado de São Paulo.
2015	NARA, E. O. B.; SEHN, K. T.; MORAES, J. A. R.	Aplicação da metodologia de produção mais limpa em um processo de rotomoldagem como uma ferramenta

	SILVA, A. L. E.	sustentável aplicada à segurança do trabalho.
2015	BRONSTRUP, D. E.; MORAES, J.; BRUM, T. M. M.; SILVA, A. L. E.	Proposta de implantação de P + L em um frigorífico de Suínos de grande porte: Estudo de caso.
2016	BARBOSA, M. F. N.	Avaliação da aplicação da ferramenta Produção Mais Limpa em laboratório de Anatomia Patológica e Citológica: Um estudo de caso em um Hospital Universitário.
2017	HERZER, E.; ROBINSON, L. C.; NUNES, F. L.	Simbiose industrial e produção mais limpa como estratégias de gestão ambiental.
2018	SANTOS, F. F.; QUEIROZ, R. C. S.; NETO, J. A. A.	Avaliação da aplicação das técnicas da Produção Mais Limpa em um latínio no Sul da Bahia.
2018	BAUER, A. C.; FAGUNDES, A. B.; BEUREN, F. H.; PEREIRA, D.; Junior, M. C. P.	Aplicação da produção mais limpa como processo de melhoria na produção de pisos laminados: um estudo de caso.
2018	LEITE, R. R.; NETO, G. C. O.	Avaliação econômica da aplicação da Produção Mais Limpa em uma estação de Tratamento de Efluentes: Estudo de caso em uma empresa metal mecânico.
2019	MUNIZ, D. C. G.; SOUZA, A. M. G. F.	Produção Mais Limpa como princípio para a Gestão Ambiental em Farmácias de Manipulação
2021	VARELLA, W. A.; OLIVEIRA NETO, G. C.; SOUSA, T. B.	Adoção de Produção Mais Limpa em uma fábrica de palmito pupunha: Um Sistemática de Revisão Literatura e um estudo de caso.

Fonte: Autora com base nas publicações encontradas

Estes estudos demonstraram benefícios e melhorias alcançados pela aplicação desta metodologia, sintetizados no quadro 2.

Quadro 2. Síntese das publicações sobre P+L

Autor (es)	Aplicação	Resultados	Benefícios/Melhorias
De Oliveira et al., (2015)	Benefícios e dificuldades da P + L em quatro empresas industriais de SP.	Benefícios ambientais significativos: redução da utilização de insumos de produção e na deposição dos resíduos da produção. Dificuldades: aspecto econômico para a implantação de projetos de P + L.	- Ganhos econômicos pelo gerenciamento racional de seus processos produtivos - Melhoria ambiental;
Nara et al., (2015)	P+L na busca de redução no consumo de luvas de algodão no processo de rotomoldagem.	Substituição das luvas simples (algodão) por luvas de material mais resistente (pigmentada).	- Melhoria Social; - Melhoria Econômica com a redução de 78% nos gastos com luvas e redução de 68% na geração de resíduos; e - Melhoria ambiental.
Bronstrup et al., (2015)	P+L em um frigorífico de suínos de grande porte	Ponto crítico: consumo de água no processo de limpeza das instalações.	- Redução no consumo de água; - Redução nos custos de produção da empresa; - Conscientização para o uso racional da água e a agregação de valores aos resíduos gerados.
Barbosa e De Lima (2016).	P+L em laboratórios de anatomia	Alto consumo de água e energia e o grande risco ambiental na	P+L traz vários benefícios ambientais

	patológica e citologia de um hospital universitário	questão dos efluentes em relação ao despejo do material químico na pia. Foi percebido a necessidade da aplicação da P+ L visando ganhos econômicos atraentes e reduções significativas nos impactos ambientais, além de que o atendimento à legislação ambiental.	tais como, o conhecimento dos processos, a eliminação dos desperdícios, a minimização de matérias-primas, redução de resíduos e de emissões, além de incremento na saúde e segurança no trabalho
Herzer, Robinson e Nunes (2017).	P + L e Simbiose Industrial que auxiliem na gestão dos resíduos sólidos em uma Indústria de Laminados Sintéticos do Vale do Sinos	Existe a possibilidade de aplicação da ferramenta para reduzir a geração de resíduos sólidos e com a Simbiose Industrial com a venda ou troca de resíduos com empresas parceiras da região que reutilizem ou reciclem em seus processos. Os resultados apontam a redução do passivo ambiental e uma economia projetada de 95% com destinação de resíduos comparado com o estimado gasto na situação sem a aplicação destas estratégias.	- Melhoria ambiental; -Melhoria econômica.
Santos, Queiroz e Neto (2018).	Identificar as técnicas adotadas e as oportunidades de P + L em um laticínio no Sul da Bahia.	As descargas de efluentes são as principais causadoras de impactos ambientais do setor de laticínios. Esses efluentes são basicamente constituídos de quantidades variáveis de leite diluído, materiais sólidos flutuantes, finos de queijo, gorduras, produtos de limpeza e esgoto doméstico, além do soro do leite. A empresa já tinha algumas ações de P+L implantadas como: Controle de recebimento de matéria-prima, estabelecendo critérios de aceitação, procedimentos operacionais, treinamento e qualificação do pessoal, CIP de limpeza, Manutenção preventiva, uso do soro para alimentação animal, utilização de água da chuva e da iogurteira entre outras.	- Melhoria econômica pela redução de custos da matéria-prima, tratamento/disposição de resíduos e/ou produtos rejeitados, redução no investimento em recursos humanos, redução dos custos com equipamentos para teste, redução no tratamento de efluentes, na conta de água entre outros.
Bauer et al., (2018).	P+L com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria através da análise do fluxo produtivo de uma indústria madeireira do interior do Paraná, com foco para a destinação correta dos resíduos gerados.	A área com oportunidade de melhoria foi a que utiliza a máquina de prensa e corte, e principalmente na ação de descarte do resíduo gerado, que anteriormente era desprezado de forma não controlada. Como resultado, o referido resíduo passou a ser gerado em menores quantidades e parte dele destinado para venda à outra empresa que o utiliza para a	-Redução dos resíduos gerados; -Destinação dos resíduos para outra empresa que usa em caldeiras; -Melhoria no processo; -Melhoria econômica; - Melhoria ambiental.

		geração de calor em uma caldeira	
Leite e Neto (2018).	Avaliação econômica da aplicação da P+L na Estação de Tratamento de Efluentes de uma empresa brasileira do ramo metal mecânico.	O estudo demonstrou um ganho econômico de R\$ 4.994,67 por mês obtidos com um investimento de R\$ 4.560,00, demonstrando que a P+L proporciona, com pouco investimento inicial, resultados econômicos positivos em curto prazo por meio do uso consciente dos recursos hídricos e atendendo a legislação ambiental local que trata de efluentes industriais.	- Ganhos econômicos e melhorias ambientais por meio de ações direcionadas à minimização dos impactos causados ao meio ambiente pelos processos produtivos industriais.
Muniz e Souza (2019).	Possibilidade de implantação da P+L em uma farmácia de manipulação do interior de São Paulo.	Identificadas oportunidades de aplicação de algumas propostas de P + L e três indicadores ambientais foram determinados para futura avaliação da eficácia da implantação dessas propostas. A partir do consumo de água, geração de resíduos e consumo de energia elétrica, foi possível a determinação de indicadores ambientais que auxiliarão no monitoramento da gestão ambiental da empresa após a implantação das práticas de P + L.	- A práticas de P+ L geraram uma base de dados para futuras ações de melhoria contínua do processo dentro da empresa.
Varella, Oliveira Neto e Sousa (2021).	Avaliação dos benefícios ambientais e econômico da P + L no reaproveitamento de resíduos gerados no processamento da pupunha	constatou que o uso da P + L aumentou o conhecimento teórico sobre o tratamento e o uso dos resíduos, reduziu o impacto ambiental, permitiu o desenvolvimento de um novo negócio e gerou ganhos econômicos através da criação de emprego e aumento de renda.	-Aumento do conhecimento teórico sobre o tratamento e o uso dos resíduos, - Melhoria ambiental; -Ganhos econômicos.

Fonte: Autora com base nas publicações encontradas

Pimenta e Gouvinhas (2012) enfatizam que a P+L atua não somente em reduzir os riscos gerados pelo processo ao meio ambiente, ao trabalhador, a sociedade e à organização, mais no estímulo da organização de se autoavaliar constantemente visando à melhoria da qualidade e prestando uma resposta corretamente sustentável à sociedade. A aplicação dela não requer grandes investimentos, tecnologias sofisticadas e mudanças radicais, o que facilita sua adoção dando como resposta diversos benefícios listados abaixo:

- Redução dos custos da operação com o gerenciamento de resíduos;
- Redução da quantidade de resíduos produzidos com o controle na fonte;
- Reaproveitamento dos recursos;
- Redução dos riscos gerados ao meio ambiente, ao local de trabalho, ao funcionário com a melhoria das atividades adotadas;
- Produção de forma sustentável, consciente;

- Aumento de produtividade e qualidade da produção o que proporciona a competitividade e resposta efetiva em relação ao sistema de gestão ambiental entre outras.

O PNUMA (2005) destaca que mesmo com tantas vantagens a implementação dessa ferramenta é dificultada por diversas barreiras como:

- Falta de participação ou interesse da alta chefia e de todos os demais envolvidos no local onde se pretende implantar;
- Dificuldade em se manter o acompanhamento, evolução das ações previstas;
- Falta de conhecimento da ferramenta e falta de investimento em capacitação dos trabalhadores;
- Falta de divulgação e compreensão da grande importância da adoção desta ferramenta em prol da melhoria geral.

### **3.5 Plano de Gerenciamento de Resíduos**

Com base na Resolução 306/04, o Plano de Gerenciamento de Resíduos – PGR consiste em um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados com bases científicas, técnicas, normativas e legais, cujo objetivo consiste em minimizar a produção de resíduos, proporcionando aos mesmos um encaminhamento adequado, seguro e eficiente, visando à proteção dos trabalhadores, e conseqüentemente preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente.

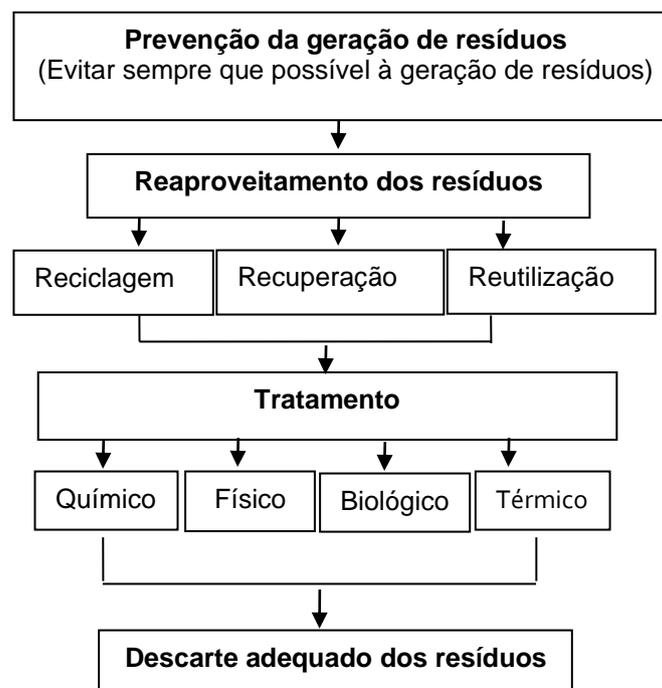
De acordo com Medeiros et al., (2015), esse tipo de planejamento permite ainda avaliar como está sendo gerenciado os resíduos no ambiente possibilitando reprogramar medidas de correção visando retratar as inadequadas ou inexistentes.

Figueiredo et al., (2011) ressalta que o PGR deve englobar dois tipos de resíduos: o ativo, que são os resíduos provenientes das atividades diárias da unidade geradora, sendo este o principal alvo de um programa de gerenciamento, e o passivo, que são os resíduos que ficam estocados, não caracterizados, ao aguardo da destinação final adequada. A maioria das universidades não dispõe do passivo, de estoques de resíduos, o que facilita o estabelecimento de um programa de gerenciamento.

De acordo com Tavares e Bendassolli (2005), a implantação do PGR obedece a uma escala de prioridades ou hierarquia, que inicia com a prevenção da geração de resíduos, isto é, deve-se evitar, sempre que possível, a geração, obtida pela

modificação de um processo, substituição de matérias-primas ou insumos. Se não for possível prevenir a geração de resíduos, esta, porém pode ser minimizada. Na sequência o reaproveitamento do resíduo gerado, por meio da reciclagem, recuperação ou reutilização, onde reciclar é quando determinado material retorna como matéria-prima ao seu processo produtivo, recuperar consiste em retirar do resíduo um componente energético de interesse, reutilizar é quando um resíduo é utilizado, tal qual foi gerado. Em seguida vem o tratamento, podendo ser químico, físico, biológico ou térmico. Figueiredo et al., (2011), enfatiza que sempre que possível o tratamento deve ser feito ao máximo nos resíduos produzidos dentro da unidade geradora visando enviar o mínimo de resíduos sem tratamento para fora da unidade. E a última etapa da hierarquia é o descarte adequado dos resíduos. Essa escala de prioridades do PGR pode ser mais bem observada por meio do esquema apresentado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Escala de prioridades do PGR



Fonte: Autoria própria (2021)

Azevedo, Kiperstok e Moraes (2006) destacam regras primordiais para o sucesso de um PGR:

- Responsabilidade objetiva, que preconiza a regra de que quem gera o resíduo é o responsável por ele.
- Treinamento e capacitação continuada dos técnicos responsáveis das unidades geradoras, pois são esses multiplicadores que terão contato diário

com os problemas referentes à geração de resíduos nos seus laboratórios, facilitando a adoção das medidas necessárias para a gestão correta.

- E a ampla divulgação interna e externa do PGR que pode ser realizada através de informativos e participação em eventos científicos.

### 3.5.1 Etapas de um gerenciamento de resíduos

O processo de gerenciamento de resíduos (GR) é uma atividade complexa, pois resulta na manipulação de uma diversidade de resíduos e em alguns casos com um grande potencial de risco para o manipulador. De acordo com a Resolução RDC 306/2004 da ANVISA os resíduos passam por diversas etapas que são discriminadas de acordo com o tipo de resíduo e suas particularidades, porém de uma maneira geral o GR compreende duas fases em relação à manipulação: Gerenciamento intra- estabelecimento e gerenciamento extra - estabelecimento.

No Gerenciamento Intra - estabelecimento, as etapas ocorrem dentro do estabelecimento gerador e compreendem as seguintes fases:

#### **1ª Fase: Segregação**

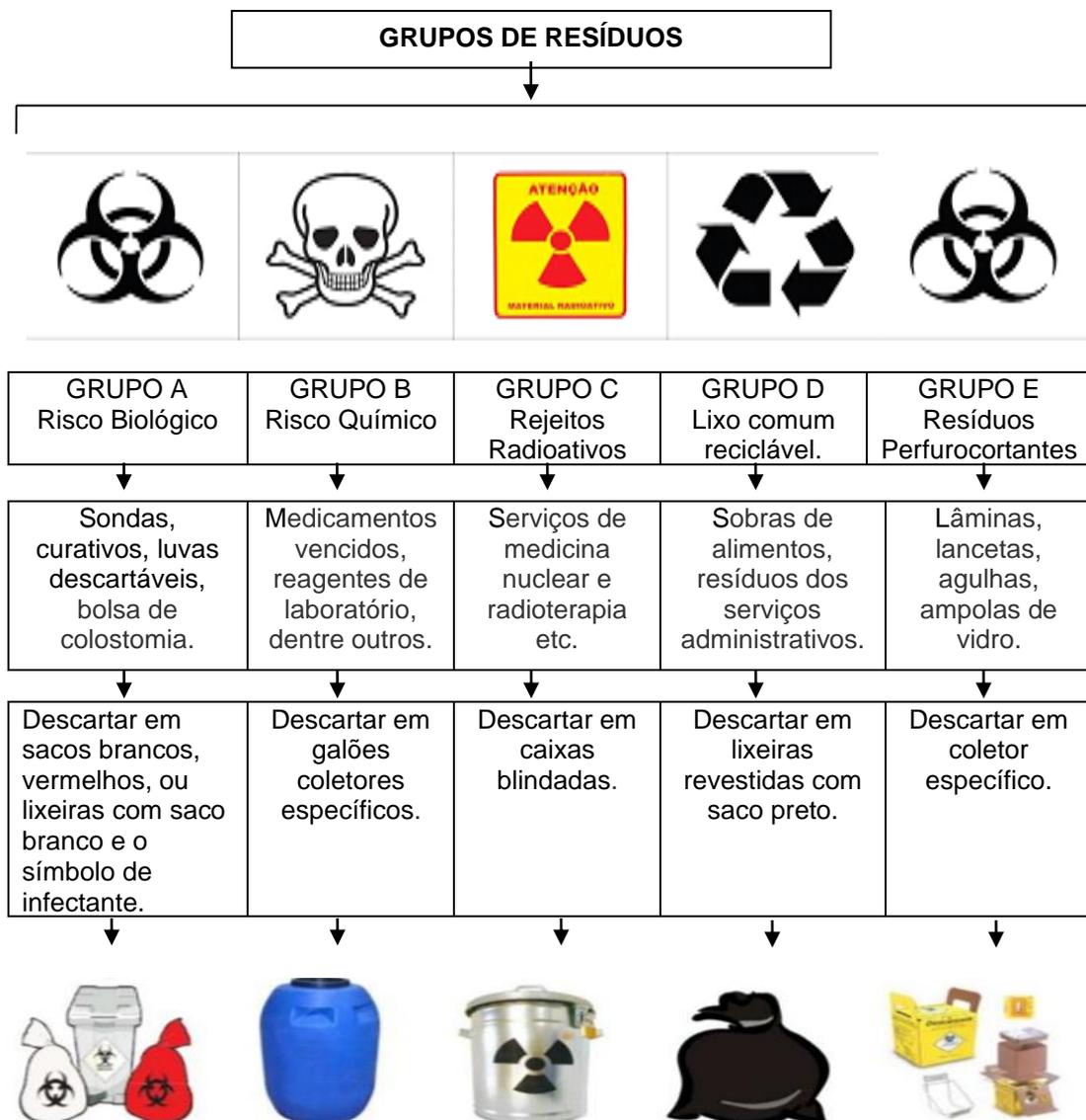
A Segregação é a primeira fase ou etapa do gerenciamento intra - estabelecimento que consiste na separação dos resíduos produzidos de acordo com a sua classificação, características físicas, químicas e biológicas, estado físico e os riscos inerentes. Esse procedimento deve ser realizado na própria fonte geradora no momento em que o resíduo é produzido, pois é inadmissível a separação posterior. Segundo Vieira (2013), para que a segregação dos resíduos seja realizada de maneira correta é necessário o treinamento e conscientização de todos os envolvidos, além de contar com recipientes e equipamentos em número adequado e suficiente.

A segregação é uma das operações de fundamental importância para que sejam cumpridos todos os objetivos de um sistema eficiente de manuseio de resíduos. Barros (2007) destaca as vantagens que essa etapa apresenta com relação à redução dos riscos a saúde e ao ambiente, pois há a separação dos resíduos infectados dos demais resíduos que podem ser reciclados, com isso tem-se a diminuição de gastos já que só será tratada pequena parcela dos resíduos que foram segregados, ocorre à reciclagem direta dos resíduos que não precisam de tratamento e nem acondicionamento prévio e há a redução do volume de resíduos com potencial risco e com isso a diminuição da possibilidade de acidentes ocupacionais.

## 2ª Fase: Acondicionamento e Identificação

Acondicionar se refere ao ato de embalar os resíduos que foram segregados em sacos ou recipientes resistentes a vazamento ou ruptura. Deve ser realizado no momento de sua geração, no seu local de origem ou próximo a ele, em recipientes adequados a seu tipo, quantidade que não deve ultrapassar a capacidade de 2/3 do volume do recipiente e de acordo com as características dos resíduos, possibilitando assim um manuseio mais seguro aos trabalhadores responsáveis pela coleta e remoção dos resíduos e a identificação é o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos ou recipientes. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2006), o acondicionamento e identificação devem ser feita de acordo com o grupo ao qual o resíduo faz parte como mostra o esquema da Figura 3 a seguir:

Figura 3 – Classificação dos grupos de resíduos



Fonte: Autoria própria (2021)

### **3ª Fase Coleta Interna e Transporte Interno**

É o traslado do resíduo do ponto de sua produção para um local de armazenamento temporário ou para a coleta externo. Este procedimento necessita ser realizado de forma segura. De acordo com a Agência nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2006) é fundamental que a remoção seja realizada por pessoas treinadas e usando sempre Equipamentos de Proteção individual (EPI's) e nesse transporte é necessário o uso carros de coleta constituídos de material rígido, lavável, impermeável, provido de tampa articulada ao próprio corpo do equipamento, cantos e bordas arredondados, rodas revestidas com material que reduza o ruído.

### **4ª Fase Armazenagem Interna / Temporária**

É a guarda temporária dos recipientes que contém resíduos já acondicionados, em local próximo aos pontos de geração. Esta etapa possibilita agilizar a coleta dentro do estabelecimento e otimizar o deslocamento entre os pontos geradores e o ponto destinado à coleta externa. A sala deve ser identificada como sala de resíduos. (BRASIL- ANVISA, 2006). Porém é facultativa em estabelecimento de pequeno porte, devido à geração de resíduos ser muito baixa.

### **5ª Fase: Armazenamento Externo**

Consiste na guarda dos recipientes de resíduos em um ambiente de fácil acesso aos veículos coletores que realizarão a coleta externa. De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS (1997), o local destinado ao armazenamento de resíduos deve possuir as características de acessibilidade, exclusividade (sala de resíduos), segurança (protegido contra sol, chuva, ventos), sinalizado e identificado, higiene e saneamento com boa iluminação e ventilação, pisos e paredes pintadas de cor clara e a sala de armazenamento devem conter um sistema de esgoto apropriado além de uma boa localização para facilitar as operações de transporte externo. Deve contar com facilidades para o acesso do veículo de transporte e para a operação de carga e descarga.

No Gerenciamento extra – estabelecimento as etapas ocorrem fora do estabelecimento gerador, dentre elas podemos citar:

#### **1ª Etapa: Coleta Externa e Transporte Externo**

A coleta externa é a remoção dos resíduos do armazenamento externo até o local de tratamento ou disposição final. A ANVISA (2006) preconiza que cabe ao

estabelecimento gerador recolher e dispor seus resíduos de maneira adequada, de modo a facilitar a coleta externa destes, assim como aos órgãos públicos é incumbido à disponibilização de carros para a coleta, a capacitação dos trabalhadores que recolherão os resíduos, o tratamento e a destinação final ambientalmente correta.

## **2ª Etapa: Tratamento**

De acordo com a Resolução ANVISA nº 306/04, o tratamento consiste na aplicação de método, técnica ou processo que modifique as características dos riscos inerentes aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de danos ao meio ambiente. Geralmente é realizado na própria fonte geradora ou em outro estabelecimento.

Segundo a FEAM (2008), o tratamento possibilita converter resíduos infecciosos ou especiais em resíduos comuns, diminuir significativamente a quantidade de resíduos perigosos a ser tratados posteriormente, reduzir ou eliminar o risco de contaminação, de acidentes ocupacionais ou de dano ao meio ambiente, além de diminuir gastos com transporte, tratamento e disposição final, porém é necessário considerar as vantagens e desvantagens de cada um dos processos e buscar o mais adequado às necessidades particulares de cada estabelecimento.

Há uma diversidade de tipos de tratamentos que devem ser usados de acordo com os resíduos produzidos e suas características (particularidades). Entre os existentes podemos citar neutralização, incineração, pirólise, autoclavagem, micro-ondas, radiação ionizante, desativação eletrotérmica, tratamento químico entre outros.

## **3ª Etapa: Disposição Final dos Resíduos**

Disposição final de resíduos segundo Paula e Otenio (2018), é o termo técnico utilizado para designar a forma e os locais escolhidos para receber definitivamente qualquer resíduo descartado, ou seja, é a disposição definitiva no solo ou em um local preparado para seu recebimento. Dentre os métodos mais utilizados para a disposição final dos resíduos estão o aterro sanitário, aterro controlado, aterro industrial e o lixão, porém infelizmente em alguns casos a disposição final dos resíduos muitas vezes não tratados, são os rios e córregos da cidade.

Com o correto gerenciamento dos resíduos a organização passa a cumprir uma etapa necessária para a inserção de um Sistema de Gestão Ambiental.

### **3.6 Sistema de Gestão Ambiental - SGA**

A cada ano a sociedade se volta ao desenvolvimento de forma sustentável, que está relacionado à qualidade de vida da população presente sem afetar a geração futura. Diante deste contexto, Seiffert (2011) enfatiza a importância de dois pontos cruciais relacionados à gestão ambiental que foi a Conferência de Meio ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (ECO 92) que ocorreu no Rio de Janeiro e que deu origem a dois importantes instrumentos que foi a Agenda 21 e as normas da série ISO 14001.

De acordo com mesmo autor a Agenda 21 é um documento de ampla abrangência desde o nível municipal até o internacional onde estão descritas as diretrizes para se alcançar a sustentabilidades.

As normas ISO relacionadas mais especificamente ao SGA são a ISO 14001 e a ISO 14004. No Brasil foram traduzidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, assim passou a ser: ABNT 14001:2015 - trata no SGA dos requisitos com orientações para uso e a ABNT 14004:2005 que fala sobre as diretrizes gerais - princípios, sistemas e técnicas de apoio (RAMALHO et al., 2018).

Para Forno (2017), a situação atual mostra que a gestão ambiental é uma das peças-chave para solucionar os problemas do meio ambiente que afeta o planeta e que as organizações precisam investir na gestão ambiental, por meio do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), caracterizado como um conjunto de ações, visando o planejamento, a organização, o controle e a minimização dos impactos ambientais causados pelos processos produtivos; pois sem esta gestão, não poderá desenvolver meios para o avanço e recuperação da qualidade ambiental na instituição.

Ainda segundo Forno (2017) esse sistema faz parte de um esforço integrado e contínuo de toda uma organização investida na busca pela excelência ambiental, visando à prevenção e a melhoria contínua do seu desempenho em direção ao desenvolvimento de forma sustentável.

Félix (2018) enfatiza que somente a partir do reconhecimento por parte das organizações da necessidade de se adotar políticas ambientais para a melhoria de suas atividades é que ela poderá ter o controle dos aspectos e impactos inerentes a elas e assim melhorar continuamente o seu SGA.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. METODOLOGIA**

No capítulo 4 é detalhada a metodologia usada na execução da pesquisa como delineamento da pesquisa, coleta de dados e as características do local estudado.

#### **4.1 Delineamento da pesquisa**

Este trabalho parte de uma pesquisa bibliográfica que de acordo com o conceito de Lakatos e Marconi (2003), refere-se à pesquisa a partir de material disponível como livros, periódicos, artigos, dissertações e outros em relação ao assunto estudado. Na visão de Alyrio (2009), a pesquisa bibliográfica auxilia na escolha de um método mais apropriado, assim como em um conhecimento das variáveis e na autenticidade da pesquisa.

Foram realizadas pesquisas em bases eletrônicas como plataforma Scielo, Portal Periódicos CAPES, Google Scholar, portal Aprepro e Web of Science, com o uso dos termos FMEA, P+L, impactos ambientais e gerenciamento de resíduos em inglês, português e espanhol e o uso do operador booleano AND. Foram selecionados somente artigos completos que retratassem sobre o assunto, sem limitação de tempo de publicação, sendo utilizados de 2006 a 2021. O Site da APREPRO foi escolhido por reunir publicações de artigos dentro da área de Engenharia de Produção apresentando grande relevância ao trabalho. Além de artigos, foram usados livros, manuais, dissertações e tese relacionados ao uso das ferramentas FMEA e P+L principalmente direcionado a adoção das mesmas em laboratórios de Instituições de ensino, e o uso das ferramentas relacionados ao levantamento dos aspectos e impactos ambientais e gerenciamento de resíduos provenientes das atividades laboratoriais, dando atenção também as diversas áreas de aplicação das ferramentas do estudo.

Este trabalho é caracterizado como uma pesquisa aplicada, descritiva, dedutiva, qualitativa e exploratória em virtude da busca literatura referente ao assunto, um estudo de caso. Apoiou-se no método de pesquisa Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que de acordo com Nakano & Muniz jr. (2018), esse tipo de investigação é centrado em questões definidas pelo interesse do pesquisador, buscando identificar, avaliar e interpretar as pesquisas disponíveis sobre a temática citada que consiste no uso das ferramentas no levantamento dos aspectos e

impactos ambientais relacionados as atividades de ensino e gerenciamento dos resíduos provenientes dos laboratórios de Química do ISB/Coari.

A pesquisa aplicada consiste em gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos e que envolve verdades e interesses locais (GIL, 2008).

A pesquisa descritiva segundo Gil (2008) tem como foco a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Seu objetivo é identificar, registrar e analisar pontos relacionados com o processo em estudo. Assim a presente pesquisa quanto aos fins é descritiva retratando a realidade local dos laboratórios, revelando os aspectos e impactos presentes e o modo de gerenciamento dos resíduos produzidos pelas atividades de ensino nesses laboratórios.

O método dedutivo consiste segundo Gil (2008) numa avaliação do geral para o particular, ou seja, parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões formais em virtude unicamente de sua lógica.

É uma pesquisa aplicada de abordagem qualitativa, utilizado à estratégia de estudo de caso de caráter descritivo e exploratório.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, que de acordo com Alyrio (2009), trata-se do estudo de um objeto, com análise subjetividade do pesquisador e o objetivo é considerar a totalidade, e não dados ou aspectos isolados. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa qualitativa tem como características a objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar, precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno; observação das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados os mais fidedignos possíveis. Porém em um determinado ponto ela se apresenta quali-quantitativa, em virtude da necessidade de utilização de dados quantitativo, atribuição de valores para a compreensão e interpretação dos aspectos observados no ambiente de estudo onde são atribuídos valores aos critérios de criticidade atendendo ao critério de prioridade exigido pelo formulário FMEA.

E a pesquisa exploratória tem por finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Pesquisas

exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Esse tipo de pesquisa habitualmente envolve levantamento bibliográfico que foi realizado desde o estabelecimento do tema e questão da pesquisa e a documental para descrição de dados referentes a instituição e principalmente aos laboratórios estudados e diálogo dentro de uma roda de conversa visando conhecer os laboratórios estudados e obter dados necessário para alcançar os objetivos propostos e se trata de um estudo de caso em particular dos laboratórios de Química do ISB/Coari. Para Gil (2007), o estudo de caso consiste no estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social e busca conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. No estudo de caso o pesquisador não intervém sobre o objeto estudado, mas o revê-la como ele o percebe. Não houve necessidade de submissão do presente trabalho ao comitê de ética pois o mesmo não gerou constrangimento aos envolvidos e não envolvia o trabalho executado pelos mesmos nesse local, sendo diretamente relacionado aos laboratórios estudados e foi alterado sua metodologia para evitar duplo entendimento de que todo é qualquer trabalho que envolva ser humano tenha que passar por comitê de ética.

O **instrumento da pesquisa** foi o uso do **formulário da FMEA** adaptado ao segmento do estudo, confeccionado pela pesquisadora. A equipe foi composta pela pesquisadora, coordenador/técnico dos laboratórios e o orientador do estudo.

O formulário usado na pesquisa sofreu algumas modificações adaptando ao escopo do estudo, tomando como base o formulário adaptado proposto por Campani et al.; (2006) como mostra o quadro 3.

Quadro 3. Modelo adaptado da ferramenta FMEA por Campani et al., (2006)

Asp. Ambiental	Imp. ambiental	G	Causa potencial	O	Forma atual de controle	D	Ação recomendada	Facilidade de Implementação da ação (F)	I R A
-------------------	-------------------	---	--------------------	---	-------------------------------	---	---------------------	---	-------------

Fonte: Adaptado de Campani et al., (2006)

Partindo do conhecimento dos elementos que constitui a ferramenta FMEA e buscando adequar o formulário ao estudo proposto, o modelo usado neste estudo segue a disposição mostrada no quadro 4 abaixo, com dez (10) itens a serem supridos neste estudo, que como já foi explicado devido ao tempo reduzido e ao

fator pandemia, este trabalho se limitará até a proposição de ações de melhorias para os ambientes estudados.

Quadro 4. Modelo de FMEA adaptado para o estudo

1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Processo	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Causa Potencial	Controle Atual	G	O	D	I R A	Ação recomendada

Fonte: Adaptado de Campani et al., (2006)

Adequando o formulário ao estudo proposto visando atender aos requisitos ambientais, o formulário sofreu várias alterações nominais, tabelas de avaliações e cálculos visando tabular os resultados encontrados dentro das prioridades de risco e assim identificar quais impactos geram maiores danos ao meio ambiente sendo estes de maior grau prioridade requerendo controle imediatos, porém não descartando os demais impactos encontrados.

Na primeira coluna está o processo onde será descrito a atividade prática estudada e o laboratório correspondente. Na segunda coluna refere-se ao aspecto ambiental que é o que se propõe detectar não somente referente as atividades e gerenciamento de resíduos mais também em relação a estruturação e organização laboratorial. Na terceira coluna refere-se ao impacto que pode ser causado devido o aspecto detectado. O aspecto refere-se a causa que levou ao impacto que se apresenta como a consequência. Na quarta coluna esta as causas potenciais que era anteriormente conhecido como “Potencial causa raiz”, decorrentes de cada aspecto e suas particularidades. Na quinta coluna será descrito se o aspecto encontrado tem algum controle atual. A gravidade substituiu o termo severidade e está relacionada a complexidade do dano que o impacto pode atingir, seguida da ocorrência na sétima coluna que está ligado a causa potencial, onde se tem uma estimativa de quantas vezes a causa potencial pode ocorrer no decorrer das atividades. Na oitava coluna está a detecção referente ao tempo que se leva para perceber dentro do atual controle a falha do sistema, seguida na nona coluna está Índice de Risco Ambiental (IRA) que substituiu o termo “Número de Prioridade de Risco – NPR”, que o resultado da multiplicação do critério de gravidade, ocorrência e detecção, revelando assim quais aspectos devem ser dados prioridades (nível I, II, III e IV) para resolução e por fim na décima coluna estão as ações propostas viáveis para melhoria do processo.

Com a reestruturação da ferramenta FMEA, as tabelas de avaliação dos índices de Gravidade (G), ocorrência (O) e Detecção e IRA foram readequados para o escopo do estudo, visando facilitar a compreensão na hora da coleta e na análise dos dados como mostra a tabela 7.

Tabela 7. Escala de gravidade

Índice de gravidade	Classificação da gravidade
10	<b>Muito Alta:</b> Efeitos que podem oferecer risco ao meio ambiente com repercussão à saúde das pessoas na organização e nos arredores.
9	Alto prejuízo à saúde das pessoas diretamente envolvidas com a tarefa, com moderado impacto ao ambiente
8	Prejuízo significativo à saúde das pessoas diretamente envolvidas com a tarefa, com baixo impacto ao ambiente
7	Prejuízo moderado ao meio ambiente com repercussão a saúde das pessoas diretamente envolvidas com as tarefas laboratoriais
6	Não conformidade com os requisitos legais e outros requisitos. Potencial de prejuízo moderado ao meio ambiente
5	Não conformidade com os requisitos legais e outros requisitos. Potencial de prejuízo baixo ao meio ambiente.
4	Não conformidade com a política ambiental da organização
3	<b>Baixa:</b> pode ocasionar impactos a saúde e ao meio ambiente a longo prazo
2	<b>Muito baixa:</b> Efeitos que não causam risco à saúde e ao meio ambiente.
1	<b>Mínima:</b> dificilmente será visível

Fonte: Fonte: Adaptado com base em Vandenbrande (1998) e Campani et al., (2006)

A **Gravidade (G)** está relacionado ao impacto ambiental, ou seja, o modo como ele pode afetar o meio ambiente e a saúde das pessoas. A gravidade é classificada em um índice de 1 a 10 que vai de “dificilmente será visível” a “impacto muito alto que oferece risco ao meio ambiente e as pessoas na organização e nos arredores”.

A **Ocorrência (O)** refere-se à frequência ou estimativa de ocorrência da causa potencial dentro de um período. O período estipulado foi de 1 mês.

A análise da ocorrência também é feita numa escala qualitativa de 1 a 10. Quanto mais o valor da ocorrência se aproxima do índice 10 mais aumenta a probabilidade de ocorrer a causa potencial. A tabela 8 apresenta o critério de avaliação da ocorrência.

Tabela 8. Escala de ocorrência

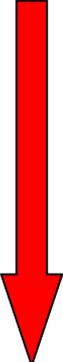
Índice de ocorrência	Escala de Ocorrência
1	É altamente improvável que ocorra
2	Improvável: não foi observado ocorrência em período maior que o de referência
3	Remota: ocorreu uma vez no período, mas é improvável uma nova ocorrência

4	Muito baixo: ocorreu uma vez no período e pode ocorrer novamente
5	Baixo: ocorreu duas vezes no período de observação
6	Moderado: ocorreu mais de duas vezes no período e pode ocorrer novamente
7	Alto: ocorreu mais de três vezes no período e pode ocorrer novamente
8	Alto: ocorre mais de quatro vezes no período
9	Muito alta: a condição ocorre com regularidade e/ou durante um período
10	Muito alta: Constante, contínuo

Fonte: Adaptado com base em Vandenbrande (1998) e Campani et al., (2006)

A escala de **Detecção (D)** que pode ser vista na tabela 9 está relacionada na possibilidade de detecta a sua respectiva causa potencial. Segue a uma escala de 1 a 10. O índice 1 representa “Detecção rápida e solução rápida” a 10 “Sem detecção e/ou sem solução”.

Tabela 9. Escala de detecção das causas



Índice de detecção	Escala de detecção
1	Detecção rápida e solução rápida
2	Detecção rápida e solução a médio prazo
3	Detecção a médio prazo e solução rápida
4	Detecção rápida e solução a longo prazo
5	Detecção a médio prazo e solução a médio prazo
6	Detecção a longo e solução rápida
7	Detecção a médio prazo e solução a longo prazo
8	Detecção a longo prazo e solução a médio prazo
9	Detecção a longo prazo e solução a longo prazo
10	Sem detecção e/ou sem solução

Fonte: Adaptado com base em Vandenbrande (1998) e Campani et al., (2006)

E o **Índice de Risco Ambiental (IRA)** obtido pela multiplicação do índice de gravidade (G), de ocorrência (O) e detecção (D) demonstrado na equação 2 abaixo.

$$IRA = N^{\circ} G \times O \times D$$

Este resultado possibilita identificar quais riscos devem ser tratados com prioridade. Esse nível de prioridade classificado de I a IV está condicionado ao fato de possuir ou não uma forma atual de controle para o tratamento do aspecto e impacto ambiental. Utilizando-se um corte arbitrário para determinar as prioridades, este foi determinado com base no maior valor encontrado no estudo, sendo assim foi configurado como base um IRA igual ou superior a 365, o que corresponde ao valor da metade do maior IRA alcançado no escopo em estudo, sendo assim 50% estão

para as prioridades I e II e 50% para as prioridades III e IV, relacionado ao fator de controle existente ou não. Este critério facilitou a tabulação e classificação dos dados dentro de suas prioridades, baseado no trabalho de Mendonça e Silva (2015) sobre “Aspectos e impactos ambientais de um Laboratório de Biologia que tirou a média de cada aspecto classificando apenas em prioridade I são os 50% dos aspectos ambientais com os maiores resultados. Esses são considerados os aspectos ambientais significativos. E o de prioridade II são os demais aspectos ambientais, ou seja, aqueles que não se enquadram nos critérios da prioridade I. Esses serão considerados aspectos ambientais não significativos. Porém, neste trabalho a média foi com relação ao maior valor de aspecto ambiental e a classificação dos 50% enquadra todos os aspectos dentro de suas respectivas prioridades de I a IV baseada também ao fator de ter controle atual ou não. A tabela 10 “Determinação de prioridade do IRA” esclarece a classificação realizada

Tabela 10. Determinação da prioridade do IRA

<b>Prioridades</b>	<b>Controle</b>	<b>IRA</b>
I	Sem controle atual	IRA $\geq$ 365
II	Com controle atual	IRA $\geq$ 365
III	Sem controle atual	IRA $<$ 365
IV	Com controle atual	IRA $<$ 365

Fonte: Adaptado com base em Amorim (2017)

Os dados coletados foram obtidos por meio direto com visitas no local, roda de conversa, formulário, registro fotográfico e pesquisa documental fornecida pela instituição. Após esse processo os dados foram tratados e aplicado às ferramentas de gestão que facilitou nas tomadas de decisões orientando os pontos a serem trabalhados de maneira direcionada. A FMEA atua na identificação das possíveis falhas e erros ocorridos no processo possibilitando a identificação das prioridades para adoção de ações preventivas ou corretivas, visando a melhoria do sistema de gestão de resíduos e integrada a P+L possibilita substituir métodos de maior potencial de risco por outros de baixa potencialidade, reciclagem e reutilização dos produtos gerados atuando no melhor aproveitamento desses resíduos, atendendo a uma produção de forma sustentável, ecologicamente correta.

#### 4.2 Coleta de dados

A coleta de dados se deu em diversos momentos diferentes. Primeiramente foi solicitado por meio de ofício autorização para coleta de dados diretamente à Direção do Instituto (Anexo 1) que enviou a Comitê Local de Biossegurança do ISB - CLBio essa solicitação para análise. Após autorização (Anexo 2) a direção designou o coordenador geral dos laboratórios que é atualmente o técnico dos laboratórios de química estudados. Foram planejadas as visitas com o técnico que se prontificou a participar voluntariamente deste trabalho assinando o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (Anexo 3). Sua participação se deu em todas etapas da coleta, desde a apresentação dos laboratórios, identificação e levantamento dos aspectos e impactos em relação as atividades de ensino e pesquisa e gerenciamento dos resíduos provenientes dessas atividades e com a tabulação dos dados atribuição dos valores de criticidades e ações recomendadas para os processos que alcançaram o índice de prioridade de risco ambiental. A participação do técnico foi crucial pois por deter conhecimento fidedigno dos laboratórios estudados e dos processos (aulas práticas) desenvolvidas nesse ambiente facilitou muito a percepção dos aspectos e impactos ambientais, pois a dificuldade da coleta estaria no fato dos laboratórios estarem com suas atividades paradas. Porém ao se prontificar em participar do trabalho esse problema foi sanado, onde o detalhamento do trabalho foi explanado em uma roda de conversas.

Buscando responder à pergunta norteadora do estudo e alcançar os objetivos propostos a coleta de dados seguiu o passo a passo descrito abaixo:

1. Primeiro momento da coleta se deu com uma breve apresentação ao técnico dos laboratórios sobre o projeto de estudo, descrevendo os objetivos do trabalho para que facilitasse o fornecimento de informações que pudessem responder e alcançar os objetivos propostos. Após apresentação realizamos a primeira visita, com observações sistemáticas e registro fotográfico visando a descrição dos laboratórios para ter o real conhecimento do local de estudo, sua estruturação e organização. Neste ponto eliminamos o levantamento no laboratório de pesquisa pois o mesmo serve apenas para reunião dos envolvidos em projetos não tendo registro das atividades ali realizadas, sendo descrito pelo técnico como um local de encontro dos professores com seus alunos orientados de PIBIC e atividades de extensão;

2. Na segunda visita realizou-se o levantamento dos processos (aulas práticas) dos laboratórios de química (segundo objetivo proposto), registrados pelo

técnico em um livro de controle das atividades desenvolvidas nos laboratórios. O fato das atividades em geral no instituto estarem paradas, não possibilitou o registro presencial da realização de nenhuma aula prática. Esse registro em um livro de controle possibilitou conhecer e caracterizar com a ajuda do técnico que conhece e prepara todas as práticas de aula do curso de química, os aspectos ambientais relacionados aos laboratórios analisados;

3. No terceiro momento, para dar entrada na aplicação do formulário foi demonstrado ao voluntário a estruturação do formulário adaptado de campani et al., (2006) ao escopo do estudo (Quadro 3). Com a explicação de cada item do formulário os dados coletados foram inserido no mesmo e após esse processo realizamos por parte cada etapa do formulário que consiste no levantamento dos processos (atividades) estudadas, aspectos ambiental, impacto ambiental, causa potencial, controle atual, atribuição dos valores de G, O e D com base nas tabelas 3,4 e 5, e com a multiplicação deste valores obtemos o IRA que avalia os riscos ambientais que devem ser priorizados (I, II, III e IV adotado pra esse trabalho) tomando como base o valor 100 dos IRA'S relacionados a com ou sem controle atual e finalmente a proposição de ações de melhoria de prevenção ou correção visando a eliminação ou mitigação dos danos causados ao meio ambiente e as pessoas envolvidas. O trabalho se restringe até as ações recomendadas pois não foi possível devido a paralização das atividades a reaplicação do formulário para analisar as melhorias ocorridas por meio da adoção das ações recomendadas sendo realizado a confecção de um relatório com os resultados encontrados e as ações recomendadas visando propor essa metodologia na adoção de melhorias necessárias aos locais observados e analisados para servir de orientação à direção do instituto sobre a real situação dos laboratórios e assim tomar as atitudes necessárias juntamente com a equipe de biossegurança do instituto.

#### **4.3 Características do Local**

O local de estudo é o Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, localizado na Estrada Coari - Mamiá, nº 305, bairro Espírito Santo no município de Coari – AM (figura 4).

Figura 4. Instituto de saúde e Biotecnologia – ISB/ UFAM/Coari



Fonte: <https://www.google.com>

É um instituto de ensino de nível superior que apresenta todas as atividades de uma universidade como administrativa, de ensino, pesquisa e atendimento ao público.

Esse instituto representa o Pólo da área de Saúde da região do Médio Solimões, sediado em 2006.

O Instituto tem por finalidade institucional planejar, executar e avaliar atividades de ensino, de pesquisa e de extensão. Conta com sete (7) cursos implantados: enfermagem, fisioterapia, medicina, nutrição, biotecnologia e duas (02) licenciaturas duplas – Biologia e Química e Matemática e Física e com 28 laboratórios para atender os cursos implantados. Dos vinte e oito (28) laboratórios, quatro (4) são do curso da área de química (unidades alvo deste estudo), sendo três (3) de ensino e um (1) de pesquisa. Infelizmente o laboratório de pesquisa não pode ser analisado por não ter nenhum dado sobre as pesquisas ali realizadas. Os três (3) laboratórios de química estudados são: Química Geral, Química Orgânica e Físico Química e Analítica, que apresentam a mesma organização e estrutura física padrão, como mostra o modelo das figuras A1 e A2 do laboratório de Química geral.

Figuras A1 e A2. Estrutura dos laboratórios de Química



Fonte: Autora (2021)

## CAPÍTULO 5

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão descritos os resultados obtidos por meio da coleta de dados, possibilitando sua descrição e discussão dos dados dentro de cada objetivo proposto.

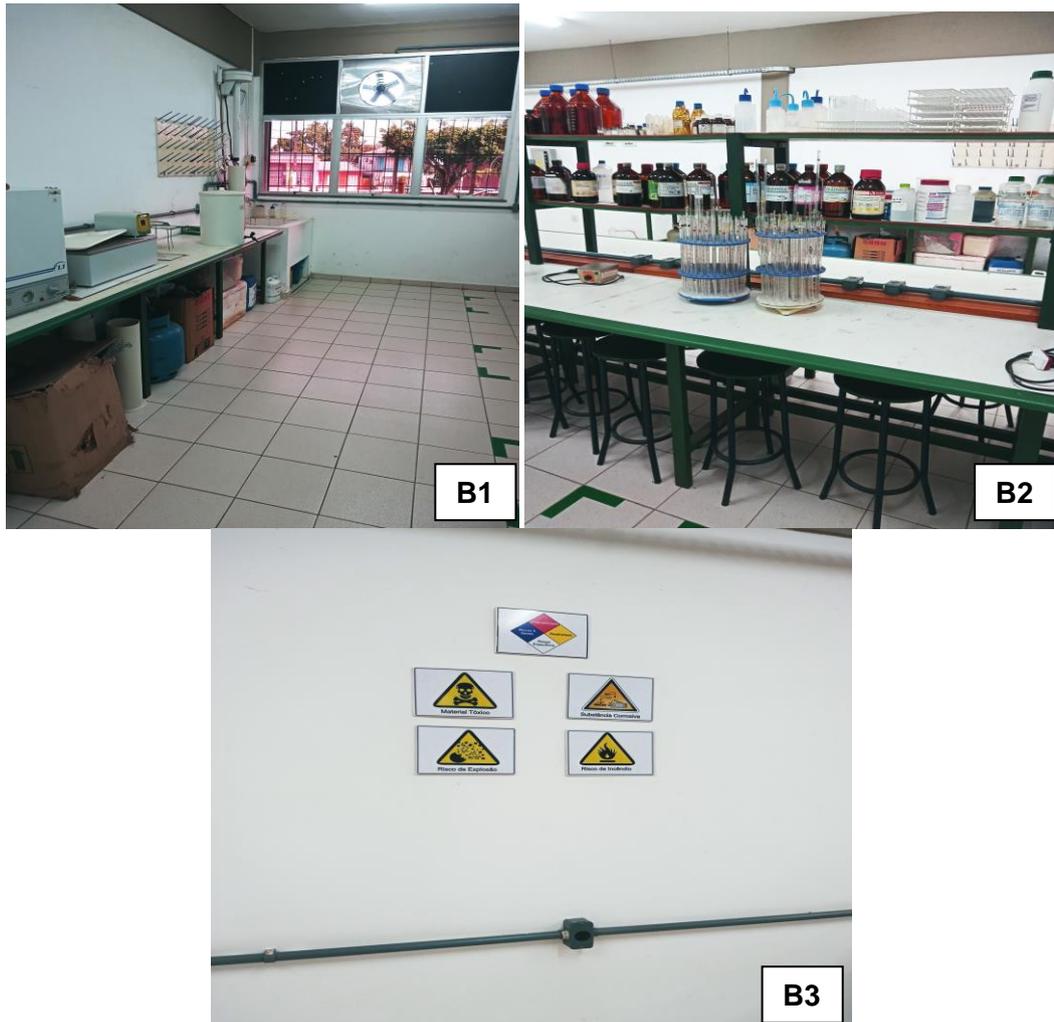
#### 5.1 Os laboratórios de Química do ISB/Coari

A primeira visita realizada no dia 09/08/2021 possibilitou o conhecimento e registros fotográficos dos três laboratórios, onde foi registrado a organização dos mesmos e descrição de sua estrutura além da identificação de símbolos de biossegurança. Todos os três (03) laboratórios apresentam o mesmo layout, estrutura organizacional e capacidade. Tamanho de 64,80 m<sup>2</sup>, duas (2) bancadas laterais e uma (1) central onde estão distribuídos equipamentos, reagentes e vidrarias e capacidade para em média 15 a 20 alunos por aula. As figuras B1, B2, demonstram a organização do espaço dos laboratórios que seguem o mesmo padrão.

Na porta estão fixadas as normas de segurança como um mapa de biossegurança informando os níveis de risco em cada parte do laboratório. Nas

paredes estão os símbolos de segurança e em sua entrada a instalação de um reservatório de álcool em gel (figura B3).

Figuras B1, B2 e B3. Organização padrão dos laboratórios de Química



Fonte: Autora (2021)

Todos os laboratórios tem armários suspensos e embaixo das bancadas laterais, onde estão organizados vidrarias e produtos químicos com identificação em cada armários dos produtos contidos ali, além de um armário de ferro para organização das bolsas dos alunos nas aulas práticas. As figuras C1, C2, C3, C4 mostram a organização das vidrarias e reagentes.

Figura C1, C2, C3, C4. Organização dos laboratórios - Vidrarias, reagentes e armário dos alunos



Fonte: Autora (2021)

## 5.2 As atividades práticas dos laboratórios de Química

Na segunda visita dia 10/08/2021, foi realizado o levantamento das atividades práticas desenvolvidas nos laboratórios e listadas no quadro 5, visando sua identificação para serem usadas no levantamento dos aspectos e impactos ambientais que foi a próxima etapa de coleta com a aplicação do formulário do FMEA.

Quadro 5. Lista das atividades práticas dos laboratórios de Química

Laboratório de Química Geral		
Nº de Atividades	Aulas práticas	Curso (s)
01	Preparo de soluções	Biologia/Química
02	Processo de separação de misturas	Biologia/Química e Nutrição
03	Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L	Biologia/Química
04	Indicadores de pH	Biologia/Química
05	Manuseio de vidrarias, medidas, volume e pesagem	Biologia/Química, Biotecnologia e Nutrição
06	Reações químicas	Biologia/Química
07	Extração de extrato natural	Biotecnologia

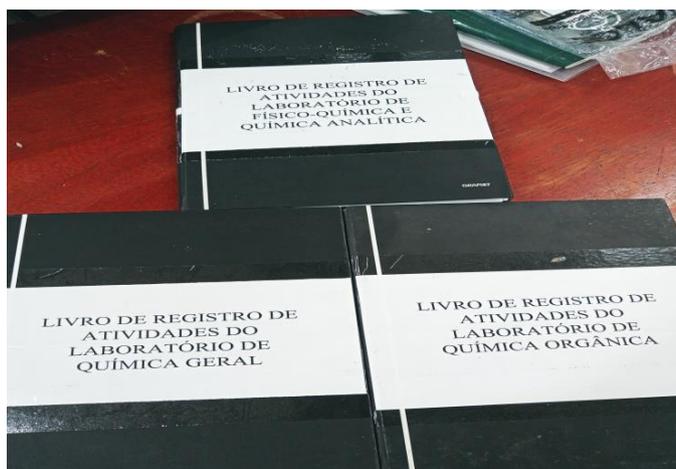
08	Propriedades das substâncias de solubilidade	Biologia/Química
09	Cristalização de compostos	Biologia/Química
10	Série eletroquímica e síntese do hidrogênio	Biologia/Química
11	Ácido-base	Biologia/Química, Biotecnologia e Nutrição
12	Prática dos elementos oxigênio e enxofre	Biologia/Química
13	Extração da cafeína do guaraná em pó	Biotecnologia
14	Prática de recolhimento do gás em água	Biologia/Química
15	Sabonificação	Biologia/Química e Biotecnologia
16	Prática de rendimento da cafeína	Biotecnologia
17	Deslocamento do gás O <sub>2</sub>	Biologia/Química
18	Síntese de um sal hidratado	Biologia/Química
19	Teste de chama com sais metálicos	Nutrição
20	Separação de corantes presentes em doces comerciais	Biotecnologia
21	Procura de Vit. C	Biotecnologia
22	Termodinâmica e termoquímica	Biologia/Química/Matemática/física e Biotecnologia
23	Preparando um indicador ácido-base natural do açaí	Biotecnologia
24	Concentração de soluções	Biotecnologia
25	Volumetria e precipitação	Biologia/Química
26	Introdução ao laboratório de química e técnica de transferência de sólidos e líquidos	Biologia/Química
27	Transformações químicas	Biologia/Química
28	Reações de caracterização, teste de confirmação de cátions e ânions	Biologia/Química
29	Leis dos gases	Biologia/Química
30	Reatividade dos metais	Biologia/Química
31	Técnicas de aquecimento em laboratório: Bico de bursen	Biologia/Química
32	Compostos iônicos e moleculares	Biologia/Química
33	Evidenciando o efeito do número de ligantes sobre a cor dos compostos de coordenação	Biologia/Química
34	Reações redox-bafômetro	Biologia/Química
35	Extração de DNA	Biotecnologia
36	Secagem de materiais e secagem de vidrarias	Biologia/Química / Biotecnologia
37	Eletroquímica: pilhas galvânicas	Biologia/Química
<b>Laboratório de Química Orgânica</b>		
<b>Aulas práticas</b>		<b>Curso (s)</b>
38	Purificação de um composto orgânico sólido	Biologia/Química e Biotecnologia
39	Atividade de Bioensaio	Biotecnologia
40	Propriedades físicas dos compostos orgânicos	Biologia/Química
41	Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	Biologia/Química
42	Extração e preparação de placas cromatográficas	Biologia/Química
43	Cromatografia	Biologia/Química e Biotecnologia
44	Solubilidade dos compostos	Biologia/Química

	orgânicos	
45	Calibração de termômetro	Biologia/Química
46	Síntese dos elementos do grupo 14	Biologia/Química
47	Estudos dos metais alcalinos e terrosos	Biologia/Química
48	Pigmentos inorgânicos	Biologia/Química
	<b>Laboratório de Físico-química e Química Analítica</b>	
	<b>Aulas práticas</b>	<b>Curso (s)</b>
49	Medidas e precisão	Biologia/Química
50	Propriedades das soluções	Biotecnologia
51	Lei dos gases ideais	Biotecnologia
52	Espectrofotometria	Biotecnologia
53	Maceração de KBr para leitura em infravermelho	Biotecnologia
54	Caracterização de sistemas tampões	Biologia/Química
55	Titulação de ácido forte e fraco com base forte	Biologia/Química
56	Determinação de ácido acético em vinagre	Biologia/Química
57	Equilíbrio químico	Biologia/Química e Biotecnologia
58	Cinética química	Biotecnologia
59	Determinação do equivalente em água de um calorímetro	Biologia/Química
60	Determinação do teor de álcool na gasolina	Biotecnologia
61	Entalpia de soluções e neutralização	Biologia/Química
62	Tonoscopia, ebulioscopia, crioscopia e pressão osmótica	Biologia/Química
63	Eletrólise	Biologia/Química
64	Caracterização de grupo funcionais: aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	Biologia/Química
65	Oxidação de aldeídos	Biologia/Química
66	Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos	Biologia/Química

Fonte: Autora, (2021)

Esta listagem só foi possível mesmo com os laboratórios parados, por que o técnico tem o controle das atividades ali realizadas pelo registro em livros de uso dos laboratórios com o nome das atividades, professor, curso, dia do experimento e técnico responsável. A figura 5 retrata esse registro. Além deste controle as atividades são solicitadas e marcadas por meio de formulário (Anexo 4) onde deve ser preenchido e entregue ao técnico 48 horas antes da prática para que o mesmo possa agendar e preparar os materiais solicitados de acordo com a prática que será desenvolvida. Ainda não há informatização desse processo.

Figura 5. Livros de controle das atividades práticas



Fonte: Autora (2021)

Foram listadas trinta e seis (37) atividades no laboratório de Química Geral, doze (11) no laboratório de Química Orgânica e dezoito (18) atividades no laboratório de Físico-química e química Analítica, além da análise de um (01) processo extra relacionado ao armazenamento dos resíduos produzidos por essas atividades dando um total de sessenta e seis (67) atividades.

Os laboratórios de química contam com dois (02) técnicos para preparação e acompanhamento das aulas práticas com carga horária de oito (08) horas diárias e cinco (05) dias semanais e uma capacidade média de aluno por aula prática de 15 a 20 alunos com tempo médio de duração de duas (02) horas cada aula.

### 5.3 Seleção e análise dos aspectos e impactos ambientais

Atendendo ao terceiro e quarto objetivo que consistiu no levantamento e análise das atividades, está se deu com as atividades listadas e a seleção das mesmas seguiu o critério das atividades mais comuns aos três cursos que mais usam o laboratório: Biologia/Química, Biotecnologia e nutrição, além das consideradas pelo técnico de maior facilidade de percepção dos aspectos e impactos ambientais. As demais atividades após análise percebemos apresentar aspectos e impactos comuns as demais selecionadas. Assim foram selecionadas nove (09) atividades do laboratório de química geral, seis (06) do laboratório de química orgânica e cinco (05) do laboratório de físico-química e química analítica num total de vinte (20) atividades relacionadas a aulas práticas e um (01) processo relacionado ao gerenciamento de resíduos provenientes dessas aulas, totalizando

vinte e um (21) processos analisados o que representa 31,34% do todo. No quadro 6 estão listados os processos selecionados.

Quadro 6. Processos (aulas práticas) e seus respectivos laboratórios

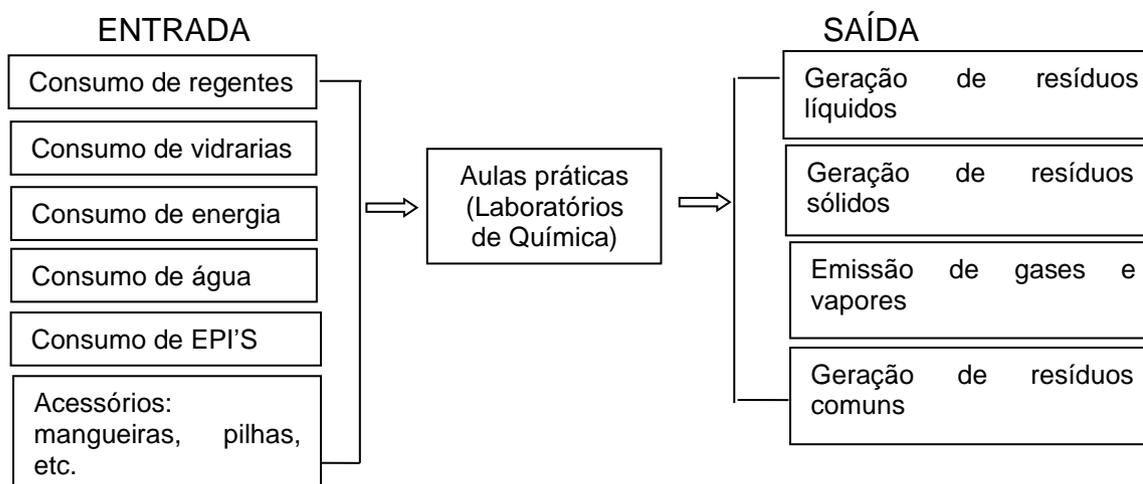
<b>Processos</b>	<b>Laboratórios</b>
Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L	<b>Química Geral (09 Processos)</b>
Reações químicas	
Cristalização de compostos	
Ácido-base	
Prática dos elementos oxigênio e enxofre	
Sabonificação	
Teste de chama com sais metálicos	
Concentração de soluções	
Reatividade dos metais	
Purificação de um composto orgânico	<b>Química orgânica (06 Processos)</b>
Atividade de Bioensaio	
Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	
Solubilidade dos compostos orgânicos	
Estudos dos metais alcalinos e terrosos	
Pigmentos inorgânicos	<b>Físico-Química e Química Analítica (05 Processos)</b>
Titulação de ácido forte e fraco com base forte	
Determinação do teor de álcool na gasolina	
Caracterização de grupos funcionais aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	
Oxidação de aldeídos	
Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos	<b>Laboratórios de química (01 Processos)</b>
Gerenciamento dos resíduos das aulas práticas	

Fonte: Autora (2021)

Após a etapa de escolha das atividades estas foram analisadas de acordo com o procedimento adotado para executá-la na prática, onde o técnico descrevia a

aula prática e isso possibilitou a confecção de um fluxograma de modo geral com a listagem de entrada (input) e saídas (output) das atividades práticas do laboratório, representado na figura 6.

Figura 6. Fluxograma de entradas (input) e saídas (output) de um modo geral dos laboratórios de Química do ISB/Coari.

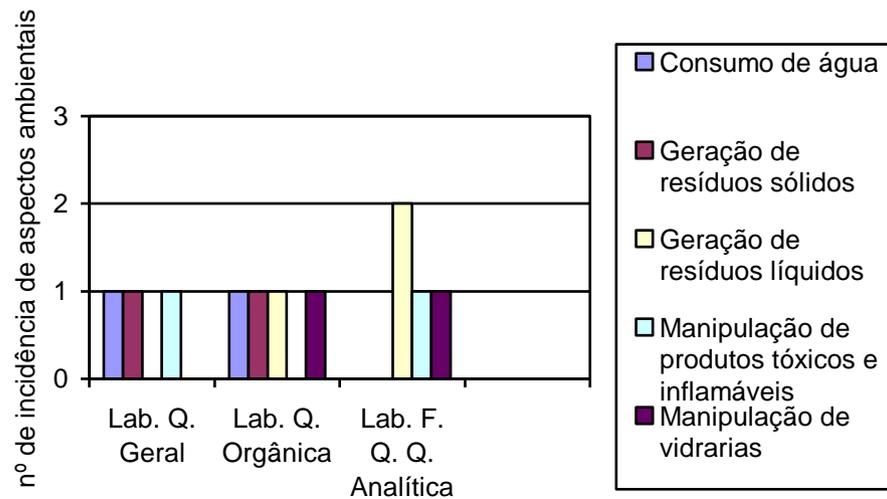


Fonte Autoria própria (2021)

Esses processos analisados resultaram em aspectos e impactos ambientais recorrentes, porém com características distintas e diferentes valores no IRA provenientes dos valores atribuídos nos índices de criticidade (G, O e D), em razão das particularidades observadas nos processos. Esta incidência está representada no Gráfico 1. “Incidência dos Aspectos Ambientais por laboratório” e gráfico 2. “Incidência dos Impactos Ambientais por laboratório”. No gráfico 1 dos aspectos, foi distribuído apenas os aspectos mais recorrentes em cada laboratório, assim os laboratórios de Físico-Química e Química Analítica e o de Química orgânica apresentaram o mesmo número de aspectos recorrentes, quatro (04) no total. Sendo que o laboratório de Físico-Química e Química Analítica apresentou dois (02) para geração de resíduos líquidos, um (01) para manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis e um (01) para manuseio de vidrarias e o laboratório de Química Orgânica apresentou um (01) para geração de resíduos líquidos, geração de resíduos sólidos, consumo de água e manuseio de vidrarias e o laboratório de Química Geral apresentou três (03) aspectos sendo a mesma quantificação de um (01) aspecto para consumo de água, geração de resíduos sólidos e manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis. O **aspecto de maior incidência** no laboratório é a **geração de resíduos líquidos**, apresentando três (03) recorrências, sendo duas

(02) no Laboratórios de Físico-química e Química Analítica e uma (01) no laboratório de Química Orgânica.

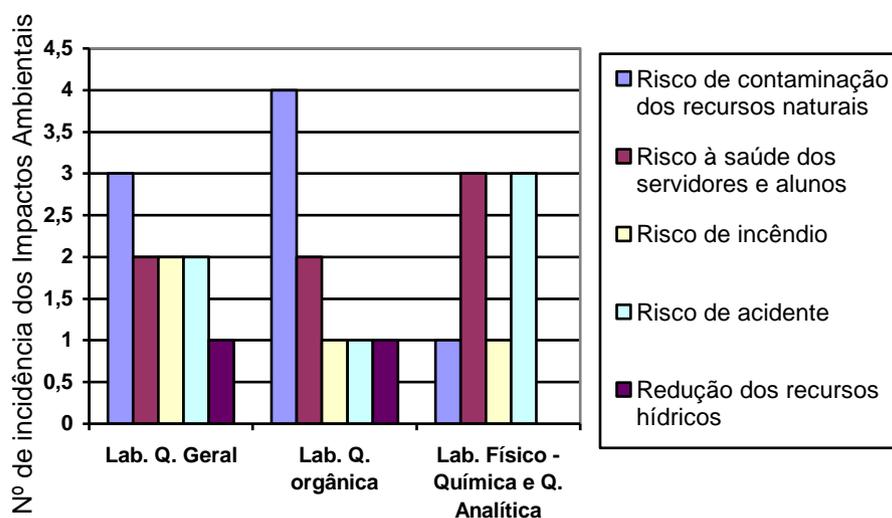
Gráfico 1. Incidência dos Aspectos Ambientais por laboratório



Fonte: Autora, 2021

O gráfico 2 apresenta a distribuição apenas dos impactos ambientais mais incidentes em cada laboratório. Assim, quanto ao impacto, o laboratório de Química Geral apresentou o maior número de impactos recorrentes. Sendo três (03) deles voltados para risco de contaminação dos recursos naturais, dois (02) para risco à saúde dos servidores e alunos, dois (02) para risco de incêndios e risco de acidente e um (01) para redução dos recursos hídricos num total de dez (10) impactos. Em seguida está o laboratório de Química Orgânica com nove (09) impactos, sendo quatro (04) voltados para risco de contaminação dos recursos naturais, dois (02) para risco à saúde dos servidores e alunos, e um (01) para risco de incêndios, risco de acidente e redução dos recursos hídricos. O laboratório de Físico-Química apresentou oito (08) impactos incidentes, sendo um (01) para risco de contaminação dos recursos naturais, três (03) para risco à saúde dos servidores e alunos, um (01) para risco de incêndios e três (03) para risco de acidentes. E o **impacto de maior incidência** é o **Risco de contaminação dos recursos naturais**, incidindo oito (08) vezes, sendo quatro (04) no laboratório de Química orgânica, três (03) no laboratório de Química Geral e uma (01) no laboratório de Físico-química e Química Analítica.

Gráfico 2. Incidência dos Impactos Ambientais por laboratório



Fonte: Autora, 2021

Em relação aos valores de IRA encontrados nesta pesquisa, estes variam de 30 a 729. O IRA de menor valor corresponde ao aspecto e impacto ambiental: consumo de energia e redução dos recursos naturais, respectivamente, relacionado ao processo de determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos, detectado no laboratório de química orgânica. O IRA de maior valor corresponde ao aspecto e impacto ambiental: geração de resíduos líquidos e risco de contaminação dos recursos naturais, concernente ao processo de caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina, identificado no laboratório de Físico-química e Química Analítica. O quadro 7. "IRA por laboratório estudado" é possível destacar o IRA de maior e de menor valor por laboratório de química analisado relacionados aos aspectos e impactos ambientais.

Quadro 7. IRA por laboratório estudado

IRA		Laboratório	Aspecto e Impacto ambiental
Menor	35	Química Geral	Uso de destilador / Consumo de energia
Maior	567		Uso de chamas / Risco de acidente e risco de incêndio Produção de sais por meio de reações químicas / Geração de resíduos
Menor	30		Consumo de energia / Redução dos recursos naturais

Maior	378	Química Orgânica	Consumo de energia /Risco de acidentes Produção de vapores / Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores
Menor	42	Físico-química e Química Analítica	Geração de resíduos líquidos / Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores
Maior	729		Geração de resíduos líquidos / Risco de contaminação dos recursos naturais

Fonte: Autora, 2021

A partir das informações apresentadas no quadro 7 “IRA por laboratório estudado”, temos os aspectos e assim foi detectado que no laboratório de química geral o menor valor do IRA foi de 35 e o maior de 567. No laboratório de Química orgânica o menor valor foi de 30 e o maior de 378. E com relação ao laboratório de físico-química e química analítica o menor resultado foi de 42 e o maior de **729**, sendo o maior valor de IRA registrado nessa pesquisa. O marco referencial adotado nesta pesquisa foi **365** pontos para o corte de prioridade com base na metade do valor do maior IRA encontrado que foi de **729**. O processo que alcançou esta pontuação foi classificado dentro do nível de prioridade de I e II, baseado também na existência de controle ou não dos processos.

O quadro 8 demonstra os IRA's de prioridades com seus níveis de acordo com a tabela do IRA proposta neste trabalho, atividades e respectivos laboratórios enfatizando apenas o nível I e II.

Quadro 8. IRA's e suas prioridades

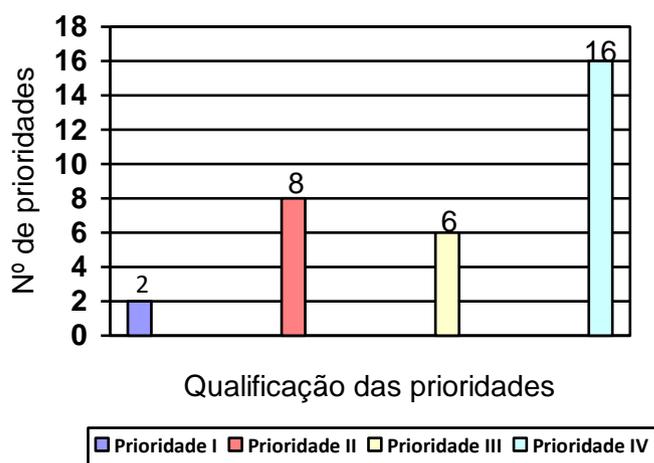
IRA	Nível de prioridade	Processo	Laboratório
432	II	Reações químicas	Química Geral
567	II	Cristalização de compostos	
504	II	Práticas dos elementos oxigênio e enxofre	
567	II	Teste de chamas com sais metálicos	
378	II	Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	Química Orgânica
378	I	Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	
384	II	Estudo dos metais alcalinos e alcalinos terrosos	Físico-química e Química Analítica
432	I	Determinação do teor de álcool e gasolina	
729	II	Caracterização dos grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	

Fonte: Autora, 2021

No laboratório de química geral dos nove (09) processos quatro (04) apresentaram IRA's de prioridades II. No laboratório de química orgânica dos seis (06) processos três (03) apresentaram IRA's sendo dois (02) nível II e um (01) nível I e o de Físico-química e Química Analítica dos cinco (05) processos foram gerados dois (02) IRA's de prioridades, sendo um (01) nível I e um (01) prioridade II.

A análise apresentada anteriormente dos IRA's por laboratório estudado, destacou os de prioridade I e II, chamando a atenção para os pontos mais críticos, visando orientação para resolutividade dos aspectos e impactos ambientais de maior destaque relacionados aos processos desenvolvidos nesses laboratórios. No entanto, no gráfico 3. "Qualificação de Prioridades" é apresentado uma distribuição das prioridades considerando a totalidade do escopo.

Gráfico 3. Qualificação das prioridades



Fonte: Autora, 2021

Os resultados mostram que todos os processos apresentam seu nível de prioridades, pois se foram detectados como problemas devem ser resolvidos, porém analisado como orientação em prioridades pela tabela do IRA, temos dois (02) prioridade I, que são os que apresentaram IRA igual ou maior que 365 sem controle atual dos aspectos e impactos ambientais, oito (08) com prioridade nível II, onde estão os que apresentaram IRA igual ou maior que 365 porém com algum controle atual. Seguido de seis (06) prioridades III que são os que se classificam com IRA menor que 365 sem controle atual e finalmente dezesseis (16) de prioridade IV com IRA menor que 365 com controle atual.

Vale ressaltar que todos os níveis de prioridades devem ser tratados, pois se foram detectados demonstram problemas que devem ser solucionados a médio, curto ou longo prazo.

Os processos e suas prioridades foram descritos na tabela completa do FMEA (Anexo 5) e nas tabelas desmembradas por laboratório que foram analisados e discutidos posteriormente.

A seguir, foram analisado cada segmento do escopo com base na ferramenta FMEA adaptada e considerando o corte de prioridade apresentado. Neles estarão presentes os aspectos e impactos ambientais que obtiveram um resultado de IRA classificado com prioridade I e II de acordo com a classificação adotada no quadro 8. "IRA's e suas prioridades". A tabela foi desmembrada por laboratório para facilitar a análise, discussão e compreensão dos dados e resultados obtidos. Foi priorizado o nível I e II chamando a atenção para os pontos mais críticos identificados em cada laboratório.

Os resultados do laboratório de Química geral com a aplicação do formulário estão expostos no quadro 9.

Quadro 9. Resultados do Laboratório de Química geral obtidos com aplicação do formulário da FMEA

Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	I R A	Ação Recomendada
Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L	Produção de soluções ácidas	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de solução ácidas	Neutralização antes do descarte	3	9	4	108	Controle do volume de descarte
Reações químicas	Geração de vapores químicos	Contaminação do ar	Falha na circulação de ar ambiente	Instalação de circuladores de ar	4	9	7	252	Instalação de exaustores e circuladores de ar
		Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores tóxicos	Manipulação de reagentes perigosos	Uso de EPIs adequado	8	6	9	432	Manter o uso dos EPIs adequados
Cristalização de compostos	Produção de sais por meio de reações químicas	Geração de resíduos	Pela geração de sais (sulfatos: sódio, potássio etc.)	Armazenamento em frascos âmbar dentro do laboratório	7	9	9	567	Definir um local para depósito seguro de resíduos

		Risco de contaminação aos recursos naturais	Pelo descarte diretamente no lixo comum ou na pia	Diluição dos sais formados	9	1	7	63	Definir política de recolhimento de destino final que não seja o lixo comum
Ácido – base	Uso de destilador	Consumo de energia	Alto consumo energético do equipamento	Inexistente	5	1	7	35	Aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água
		Desperdício de água	Baixa eficiência na produção de água destilada	Inexistente	6	1	7	42	
Prática dos elementos oxigênio e enxofre	Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis	Risco à saúde dos servidores e alunos	Ausência de equipamentos para manipulação de produtos perigosos como enxofre	Uso de EPIs, porém inadequados (Máscara s/filtro)	9	8	7	504	Uso de EPIs adequados para todos os usuários
		Risco de incêndio							
Sabonificação	Manipulação de reagentes tóxicos	Risco de acidentes	Uso de NaOH	Uso adequado de EPIs	8	1	5	40	Uso de EPIs adequados (luvas, óculos, aventais etc.) para todos os usuários
Teste de chama com sais metálicos	Uso de chamas	Risco de incêndio	Manipulação de chamas com botijão de gás	Gás envasado em botijão, porém sem capela para manipulação	9	9	7	567	Colocar o botijão na área externa do laboratório em local seguro ou transformar esse fornecimento de gás de forma encanada
Concentração de soluções	Consumo de água	Redução de recursos hídricos	Uso em quantidade de água destilada	Inexistente	6	1	7	42	Aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água
			Lavagem de vidrarias						6

Reatividade dos metais	Geração de resíduos sólidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de reagentes contaminantes (Zinco, ferro, Alumínio, etc).	Armazenamento em frascos âmbar dentro do laboratório	1	8	7	56	Definir um local para depósito seguro de resíduos e definição de cronograma de descarte final
------------------------	-----------------------------	---	---	--	---	---	---	----	---

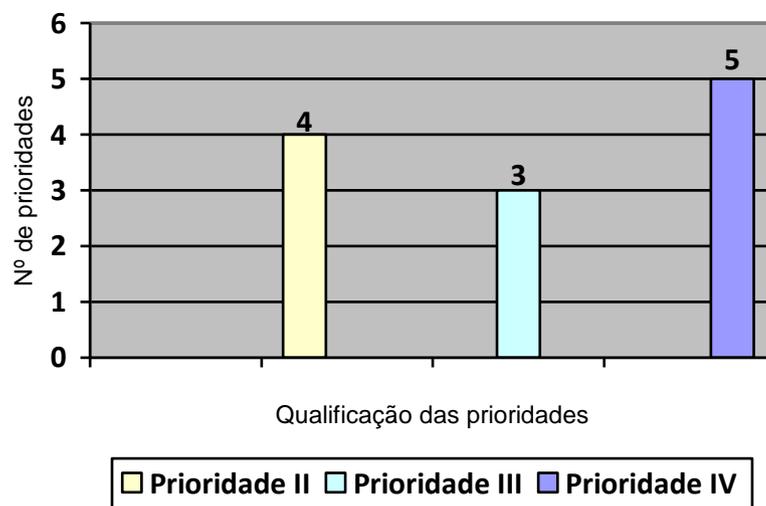
Fonte: Autora (2021)

No Quadro 9. “Resultados do Laboratório de Química geral obtidos com aplicação do formulário da FMEA” é possível visualizar os 09 (noves) processos (aulas práticas) selecionados que geraram nove (09) aspectos e treze (13) impactos ambientais, gerando assim 13 prioridades. Não apresentou nenhum item com prioridade I, porém 04 (quatro) itens com IRA em potencial acima de 365 pontos, de **prioridade II**, IRA de **432** relacionado ao processo de “Reações químicas”, com aspecto de geração de vapores químicos e impacto de risco à saúde de servidores e alunos pela inalação de vapores tóxicos. No processo “Cristalização de compostos” com aspecto ambiental produção de sais por meio de reações químicas e impacto geração de resíduos pela geração de sais, o IRA foi de **567**. Na atividade de “Prática dos elementos oxigênio e enxofre”, o aspecto de manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis gerou impactos de risco à saúde dos servidores e alunos e risco de incêndio pela ausência de equipamentos para manipulação de produtos perigosos como enxofre gerando um IRA de **504** e no processo “ Teste de chamas com sais metálicos”, o aspecto e impacto ambiental uso de chamas e risco de incêndio respectivamente associado a manipulação de chamas com botijão de gás gerou um IRA de **567**. As ações recomendadas forma indicadas pensando na realidade da instituição, recomendações de fácil adesão, conclusão e baixo custo com resolução para curto e médio prazo. Porém vale ressaltar que a questão burocrática relacionada a órgãos federais torna tudo mais complicado. Além da prioridades II, o laboratório de química geral apresentou **quatro (04)** itens dentro da **prioridade III**, sendo duas (02) relacionado à atividade de Ácido-base devido ao uso do destilador gerando impactos no consumo de energia e desperdício de água com IRA’ s 35 e 42 respectivamente e a solução indicada é a aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água para produção de água destilada e dois (02) relacionados ao processo de “Concentração de soluções”, com aspecto consumo de água e impacto redução dos recursos hídricos com IRA’ s 42 e 270 respectivamente e as ações recomendadas são aquisição de equipamentos

mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água e instalação de equipamentos de lavagem de vidrarias.

Os cinco (05) últimos itens estão dentro da prioridade IV que estão abaixo da base de corte que é 365 pontos e apresentam algum controle atualmente. Um (01) está no processo de “Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L com aspecto de produção de soluções ácidas e impacto risco de contaminação dos recursos naturais com IRA 108. Outro item nível IV está relacionado ao processo de “Reações químicas”, com a geração de vapores químicos levando ao impacto de contaminação do ar com IRA de 252. O terceiro item nível IV é o processo de “Cristalização de compostos”, pela produção de sais por meio de reações químicas gerando risco de contaminação dos recursos naturais pelo descarte diretamente na pia ou no lixo comum e o controle realizado é a diluição dos sais formados para posterior descarte já relatado com IRA 63. O quarto item nível IV com IRA 40 é processo de “Sabonificação”, no seu aspecto manipulação de reagentes tóxicos gera o impacto de risco de acidentes pelo uso de NaOH, onde o controle está no uso de EPI’s adequado para essa manipulação como luvas, óculos e aventais. E finalmente o quinto item de prioridade IV é o de “Reatividade dos metais”, com aspecto de geração de resíduos e impacto risco de contaminação de recursos naturais pela manipulação de reagentes contaminantes (Zinco, Ferro, Alumínio) com IRA 56. No total foram treze (13) IRA’s com diferentes prioridades sendo quatro (04) nível II, três (03) prioridades do nível III e cinco (05) prioridade IV, como mostra o gráfico 4 abaixo.

Gráfico 4. Prioridades de IRA’s do Laboratório de Química Geral



Fonte: Autora, 2021

As ações para a prioridade IV vão desde definir uma política de recolhimento e destino final de resíduos, fornecimento e manutenção do uso EPI's adequados para cada atividade e a definição de um local para depósito seguro de resíduos com definição de cronograma de descarte final pela instituição.

Os problemas de destaque encontrados no laboratório de química geral relacionados a geração de vapores, manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis que podem levar a risco a saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores nocivos, além de risco de acidente e com a manipulação dessas substâncias geração de resíduos que devem ser prioridades com relação ao seu tratamento. Silva et al., (2017) enfatiza que o manuseamento de produtos químicos neste caso relacionado a execução de aulas práticas de química contribui de forma significativa para a contaminação dos ambientes em que aqueles produtos estão ou entrarão em contato, sejam do ar ou dos recursos naturais, se tornando prejudicial ao manipulador como ao meio ambiente.

Os resultados obtidos com o formulário do FMEA do laboratório de Química orgânica estão expostos no quadro 10.

Quadro 10. Resultados do Laboratório de Química orgânica

Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle Atual	G	O	D	I R A	Ação Recomendada
Purificação de um composto orgânico sólido	Geração de resíduos solventes	Risco de contaminação dos recursos naturais Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de solventes	Manipulação de reagentes solventes (Hexano, etanol, metanol, acetato de etila etc.)	Armazenamento em bombonas dentro do laboratório	7	9	4	252	Definir um local para depósito seguro de resíduos e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.

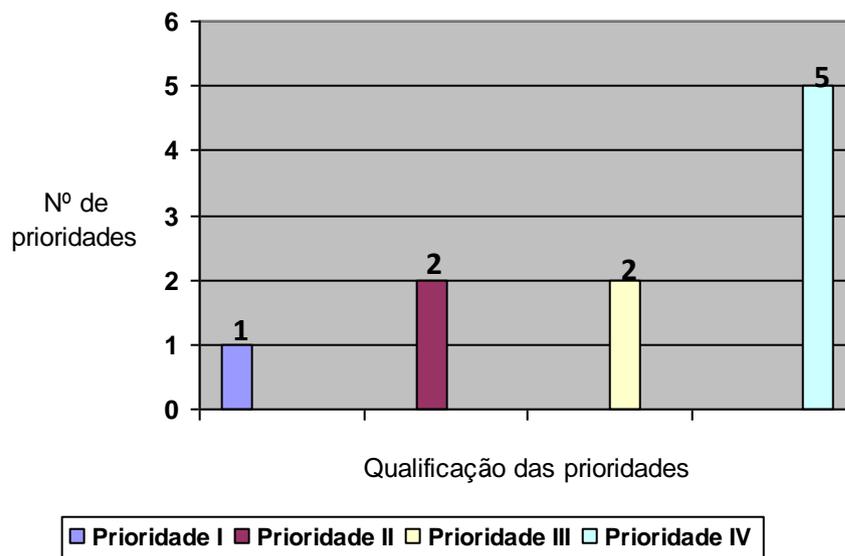
Atividade de Bioensaio	Manuseio de vidrarias	Risco de acidentes	Quebra de vidrarias	Orientação quanto ao manuseio e descarte em caixas de descarpack	6	6	4	144	Manter a orientação quanto ao manuseio correto e controlar o volume de vidrarias quebradas para reposição de estoque. Providenciar junto ao instituto a destinação correta das vidrarias quebradas
Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	Consumo de energia	Redução de recursos naturais	Uso de chapas aquecedoras	Inexistente	5	1	6	30	Criar mecanismo de controle energético mais eficiente
		Risco de acidente		Uso de EPIs	6	9	7	378	Uso de EPIs adequados
		Risco de incêndio		Inexistente	9	1	8	72	Providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório
	Produção de vapores	Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Pela fusão de compostos orgânicos (hexano, acetato de etila e etc.).	Inexistente	9	6	7	378	Aquisição e instalação de capelas de exaustão para os laboratórios
Solubilidade dos compostos orgânicos	Consumo de água	Redução de recursos hídricos	Grande uso de água destilada	Inexistente	2	9	9	162	Aquisição e substituição dos destiladores por equipamentos mais eficientes na produção de água destilada.
			Lavagem de vidrarias		5	1	7	35	Instalar equipamentos de lavagem de vidrarias
Estudos dos metais alcalinos e terrosos	Geração de resíduos sólidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manuseio de reagentes com potencial poluidor (Sódio, Magnésio, Cálcio, Bário etc.)	Diluição e descarte na pia	8	8	6	384	Criar protocolo de descarte de reagentes com potencial poluidor ao meio ambiente

Pigmentos inorgânicos	Geração de resíduos líquidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manuseio de reagentes com potencial poluidor (Cobalto, Zinco, Chumbo)	Descarte em bombona	9	1	4	36	Criar protocolo de descarte de reagentes com potencial poluidor ao meio ambiente
-----------------------	------------------------------	---	---	---------------------	---	---	---	----	--

Fonte: Autora, 2021

No laboratório de química orgânica o resultado dos seis (06) processos selecionados, resultou em sete (07) aspectos que geraram dez (10) impactos, com três (03) itens com IRA em potencial acima de 365 pontos classificados dentro das prioridades I e II. Dois (02) com prioridade III e cinco (05) com prioridade IV que apresentaram IRA's abaixo de 365 sem e com controle atual respectivamente, como mostra o gráfico 5.

Gráfico 5. Prioridades de IRA's do Laboratório de Química Orgânica



Fonte: Autora (2021)

Um (01) item apresentou prioridade I, sendo o processo de “Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos”, no aspecto “produção de vapores” e impacto “risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores” devido a fusão de compostos orgânicos como hexano e acetato de etila agravado pela ausência de capelas de exaustão, dando um IRA de 378. Dois (02) itens de nível II sendo um (01) relacionado também ao aspecto “Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos”, com o aspecto consumo de energia e impacto risco de acidente pelo uso de chapas aquecedoras com IRA 378 onde a ação recomendada

é o uso de EPI'S adequados para a manipulação das chapas aquecidas e o segundo item nível II de IRA 384 é referente ao processo “ Estudo dos metais alcalinos e terrosos” com aspecto geração de resíduos sólidos e impacto risco de contaminação dos recursos naturais devido ao manuseio de reagentes com potencial poluidor (Sódio, Magnésio, Cálcio, Bário etc.) pois o controle realizado atualmente é a diluição e posterior descarte na pia, sendo proposto a criação de um protocolo (normas, procedimentos) pela comissão de biossegurança juntamente com a direção do instituto de descarte desses reagentes.

. Dois itens apresentaram prioridade III com IRA' s 30 e 72 relacionados ao processo de “Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos”, no aspecto consumo de energia relacionado aos impactos redução dos recursos naturais e risco de incêndio respectivamente. As ações recomendadas foram criar mecanismo de controle energético mais eficiente e providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório. Na prioridade IV cinco (05) itens foram detectados. O primeiro está na prática “Purificação de um composto orgânico sólido”, com o aspecto de “geração de resíduos solventes” levando aos impactos de “risco de contaminação dos recursos naturais e risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de solventes” com IRA 252 tendo como ação recomendada a definição de um local seguro para depósito de resíduos com a destinação adequada dos resíduos já citados anteriormente. O segundo está na “Atividade de Bioensaio”, com aspecto de “manuseio de vidrarias” gera um impacto de “risco de acidentes” pela quebra de vidrarias com IRA 144 onde a ação recomendada é fazer orientação quanto ao correto manuseio das vidrarias laboratoriais, controle do volume quebrado para reposição e o descarte correto. O terceiro e quarto item está no processo de “Solubilidade dos compostos orgânicos” pelo consumo de água com a redução dos recursos hídricos devido grande uso de água destilada e lavagem de vidraria com IRA' s 162 e 35 respectivamente, onde a ação de aquisição de equipamento de lavagem de vidraria e de equipamentos mais eficientes e econômicos para produção de água destilada citada anteriormente resolve o problema de desperdício e produção de água destilada para fornecimento aos laboratórios de química. Hoje o laboratório de química conta com um destilador grande que apresenta um gasto muito elevado de água e energia elétrica. De acordo com o Manual de instruções Quimis o modelo Q-341-210 usa um quantitativo de água na entrada para produção de água destilada de 240 a 480 litros/hora com a produção de aproximadamente 4 a 8L/h. O destilador passa duas (02) horas ligado para produção de apenas 16L, ou

seja, um descarte muito grande de aproximadamente 350L de água desperdiçadas e uma produção baixa de apenas 16L com um gasto energético elevado. Esse destilador é ligado três (03) vezes por semana para atender a demanda dos laboratórios de química. De acordo com técnico o ideal seria a aquisição de um destilador portátil, porém mais eficiente e econômico. O Instituto conta com apenas uma (01) unidade de uso exclusivo do curso de nutrição, com capacidade para apenas dois litros onde sua conversão é 2 para 2, ou seja, entram dois (02) litros de água e são produzidos dois (02) litros de água destilada não havendo desperdício. Outra alternativa é a substituição do destilador por deionizador que apresenta uma conversão de 1/1, ou seja, toda a água que entra no sistema é transformada em água deionizada não tendo desperdício de água, resolvendo o problema do desperdício de água e energia devido a preparação de água destilada para o uso nos processos dos laboratórios, atendendo ao padrão da P+L que atua na substituição de produtos e processos onerosos por outros mais eficientes e econômicos e nesse sistema está a substituição dos destiladores por outros mais eficientes ou por deionizadores com um melhor reaproveitamento da água que entra no sistema para produção de água deionizada.

E o quinto item de nível IV está na atividade de “Pigmentos inorgânicos”, no aspecto geração de resíduos com impacto de risco de contaminação dos recursos naturais devido o manuseio de reagentes poluidor como Cobre, zinco e chumbo, onde os mesmos são guardados em bombonas dentro dos laboratórios. A ação recomendada pra esse item com IRA 36 é a criação de protocolo já citado para outros reagentes anteriormente.

Além do problema de desperdício de água devido a produção de água destilada que pode ser resolvido com a substituição por água deionizada, dois (02) outros problemas se destacam no laboratório de Química Orgânica que é o consumo de energia que pode levar ao risco de acidente pelo uso de chapas aquecedoras e a geração de resíduos sólidos com risco de contaminação dos recursos naturais devido o descarte incorreto dos resíduos, dados esses compatíveis com os encontrados no trabalho de Bezerra et al., (2018), intitulado FMEA como subsídio para a implementação do sistema de gestão ambiental em laboratório da UFRA onde destaca a questão da má gestão de energia e o despejo inadequado de resíduos do laboratório de solos. O desperdício de energia está relacionado a permanência das luzes acessas no laboratório, sem que haja necessidade e o despejo inadequado de resíduos é considerado um agravo que ocorre

constantemente no laboratório de solo devido o despejo das amostras de solo analisadas, com soluções, sem nenhum tratamento e em locais inapropriados, o que consiste em risco de poluição e contaminação do meio ambiente sendo recomendado como ações para esses problemas primeiramente campanhas de conscientização do uso racional da energia além da utilização de sensores de presença, e da substituição, quando viável, da energia elétrica convencional por fontes alternativas e de equipamentos obsoletos por modernos que possuam eficiência energética. E quanto ao despejo inadequado de resíduos recomenda-se a elaboração e implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), em conformidade com as legislações ambientais, além de estabelecer as normas norteadoras do manejo de cada tipo de resíduo, desde a origem até a destinação final.

Os resultados obtidos com o formulário do FMEA no laboratório de Físico - Química e Química Analítica estão expostos no Quadro 11.

Quadro 11. Resultados do Laboratório de Físico-química e Química Analítica

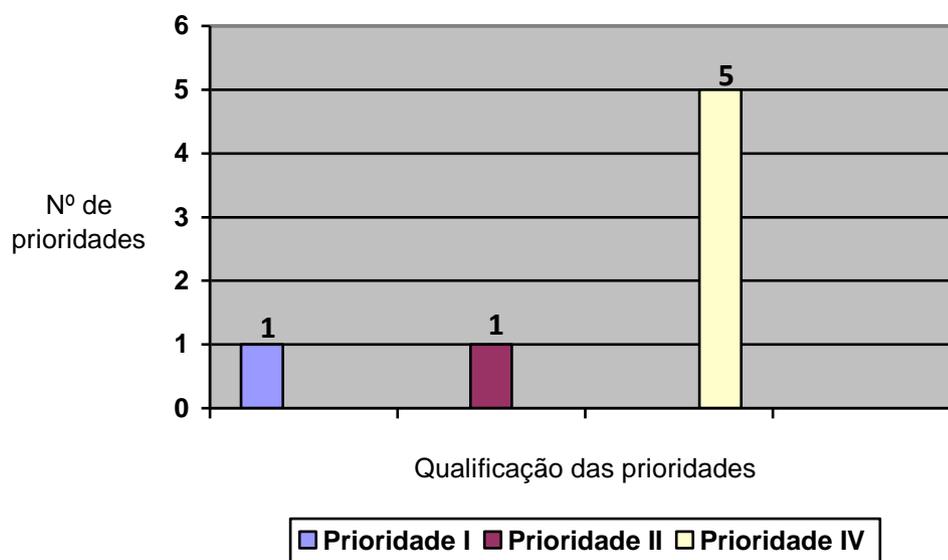
Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	I R A	Ação recomendada
Titulação de ácido forte e fraco com base forte	Geração de resíduos perigosos	Risco de acidentes aos servidores e alunos	Manuseio e preparação de soluções	Uso de EPIs adequados e descarte em bombonas	8	9	5	360	Disponibilizar aos usuários EPIs adequados para cada tipo de atividade conforme o risco de reagentes envolvidos. Providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.
Determinação do teor de álcool na gasolina	Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis	Risco de incêndio	Manuseio de produtos tóxicos e inflamáveis como álcool e gasolina	Inexistente	8	9	6	432	Providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório.

		Risco de danos à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Inalação de vapores nocivos à saúde como gasolina	Uso de máscaras, porém inadequadas para vapores inflamáveis	1	8	7	56	Providenciar EPIs (máscaras com filtro e luvas) adequados para os usuários.
Caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	Geração de resíduos líquidos	Risco de danos à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Manipulação de reagentes contaminantes (clorofórmio, acetona etc.)	Uso de EPIs, porém inadequados para vapores	1	6	7	42	Providenciar EPIs (máscaras com filtro e luvas) adequados para os usuários.
		Risco de contaminação aos recursos naturais	Ausência do descarte correto dos resíduos	Descarte em bombonas armazenadas no laboratório	9	9	9	729	Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.
Oxidação de aldeídos	Geração de resíduos líquidos	Risco de acidentes	Manipulação dos reagentes	Neutralização antes do descarte	5	7	4	140	Criar protocolo de controle de descarte de resíduos
Propriedades Físicas e químicas dos alcanos e alcenos	Manuseio de vidrarias	Risco de acidentes	Quebra de vidrarias	Descarte em caixas de descarpack	8	6	3	144	Providenciar junto ao instituto a destinação correta das vidrarias quebradas

Fonte: Autora, 2021

Em análise dos seus cinco (05) processos selecionados gerou cinco (05) aspectos e sete (07) impactos. Estes impactos deram origem a sete (07) IRA's sendo um (01) prioridade I, um (01) com prioridade II e cinco (05) com prioridade IV. Não foram detectados itens com prioridade III como mostra o gráfico 6.

Gráfico 6. Prioridades de IRA's do Laboratório de Físico-química e Química Analítica



Fonte: Autora (2021)

No que diz respeito ao laboratório de físico-química e química analítica a atividade “Determinação do teor de álcool na gasolina” apresentou prioridade I com 432 de IRA relacionado ao aspecto manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis e impacto risco de incêndio pelo manuseio de dessas substâncias com o agravante da ausência de extintor de incêndio, onde a ação recomendada é providenciar extintor de incêndio já citado anteriormente para dentro do laboratório. Com prioridade II foi detectado um (01) item relacionado “Caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina”, no aspecto geração de resíduos líquidos com risco de contaminação dos recursos naturais devido a ausência do descarte correto dos resíduos, sendo estes armazenados em bombonas nos laboratórios. A ação recomendada é definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos. Na prioridade IV foram identificados cinco (05) itens. O primeiro está na atividade “Titulação de ácido forte e fraco com base forte”, relacionado ao aspecto geração de resíduos perigosos podendo levar ao impacto de risco de acidente aos servidores e alunos devido a manuseio e preparo de soluções com IRA de 360. A ação recomendada é disponibilizar aos usuários EPIs adequados para cada tipo de atividade conforme o risco de reagentes envolvidos e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos. O segundo e terceiro item de prioridade IV estão na “Determinação do teor de álcool e gasolina” e “Caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina”, com os aspectos

“Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis” e “geração de resíduos líquidos” com o mesmo impacto “Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores” com IRA’s 56 e 42 respectivamente. As ações são providenciar extintor para dentro dos laboratórios sendo destacado a necessidade em todos os três (03) laboratórios estudados e providenciar o uso de EPI’s adequados como por exemplo máscaras com filtro para evitar a inalação de vapores tóxicos.

O quarto e quinto item estão no processo de “Oxidação de aldeídos”, com aspecto geração de resíduos líquidos com risco de acidente devido a manipulação dos reagentes e na aula prática de “Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos” com o aspecto de manuseio de vidrarias e impacto de risco de acidente devido o manuseio de vidrarias, apresentando os IRA’s 140 e 144 respectivamente. As ações recomendadas são criar um protocolo de controle de descarte correto dos resíduos e vidrarias quebradas.

Com relação aos problemas evidenciados como de prioridade I e II no laboratório de Físico-química e Química Analítica, estes devem ser dada uma atenção redobrada pois estão relacionados a manipulação de produtos tóxicos com risco a incêndio e geração de resíduos líquidos que podem levar a risco de contaminação dos recursos naturais, pois muitas vezes são despejados diretamente na pia ou armazenados em bombonas nos próprios laboratórios por falta de local correto de armazenamento. Este problema relacionado a geração de resíduos líquidos corrobora com os resultados obtidos nos trabalhos de Penatti e Guimarães (2011) no estudo sobre Avaliação dos riscos e problemas ambientais causados pela disposição incorreta de resíduos de laboratórios; Mendonça e Silva (2015) sobre Aspectos e impactos ambientais de um laboratório de biologia e Aires e Pimenta (2019) no estudo Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de um laboratório de análises físico-químicas pelo método FMEA. Este problema foi considerado altamente significativo pela sua grande capacidade de poluição dos recursos naturais por apresentar diferentes composições formadas por mistura de reagentes nas aulas práticas e o incorreto gerenciamento pode gerar risco não somente a saúde humana mais ao meio ambiente

E por fim, analisando a questão do gerenciamento dos resíduos provenientes dessas atividades, os resultados obtidos estão expostos no quadro 12.

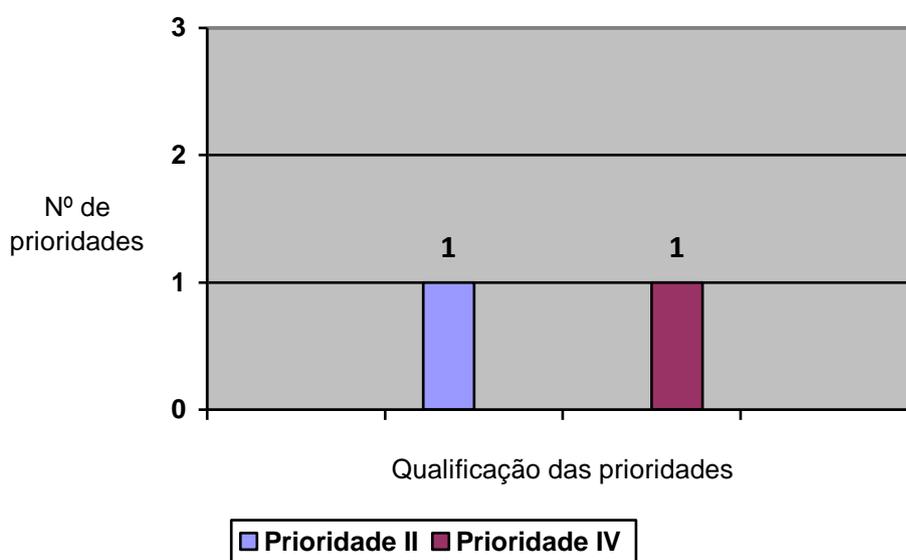
Quadro 12. Resultados do gerenciamento dos resíduos provenientes das aulas práticas dos laboratórios de Química

Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	I R A	Ação Recomendada
Gerenciamento dos resíduos das aulas práticas	Geração de resíduos	Risco potencial à saúde dos usuários	Armazenamento dos resíduos químicos em local inadequado	Armazenamento de soluções em bombonas e frascos de vidros dos produtos químicos no laboratório	8	9	7	504	Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao Instituto a destinação adequada dos resíduos.
		Risco de contaminação dos recursos naturais	Ausência do correto gerenciamento e descarte final	Realizado somente a segregação e descartam somente os resíduos considerado comum sem contaminantes	9	1	7	63	Criar uma política de controle e descarte dos reagentes com local de armazenamento adequado e descarte final pela UFAM

Fonte: Autora, 2021

Os resultados relacionados ao gerenciamento dos resíduos das aulas práticas identificou-se um (1) aspecto ambiental: “geração de resíduos”, e dois (02) impactos “Risco potencial a saúde dos usuários” e “ Risco de contaminação dos recursos naturais”, referentes ao armazenamento dos resíduos químicos em local inadequado, ausência do correto gerenciamento e descarte final, pois realizam somente a etapa de segregação, armazenando e descartando apenas parte dos resíduos (comuns) e os demais sem descarte final, estando armazenados nos próprios laboratórios como já foi relatado anteriormente, gerando IRA's 504 e 63 de prioridade II e IV respectivamente como mostra o gráfico 7.

Gráfico 7. Prioridades de IRA's relacionado ao gerenciamento dos resíduos provenientes das aulas práticas dos laboratórios de Química



Fonte: Autora (2021)

As ações recomendadas são definir um local para depósito seguro, criar uma política (protocolo) de controle e descarte de reagentes e providenciar junto ao Instituto o descarte final dos resíduos de maneira correta.

As atividades práticas produzem muitos resíduos e estes devem ser gerenciados de maneira correta. A tabela 11 detalha a produção média aproximada de resíduos dos laboratórios por semestre.

Tabela 11. Produção média de resíduos por semestre

Laboratório de Química Geral		
Resíduos	Descarte após neutralizados	Armazenado (bombonas)
*Soluções ácidas e alcalinas	~ = 5 litros	~ = 3 litros
Soluções com metais	-	~ = 2 litros
Frascos de reagentes	-	~ = 12 unidades
Laboratório de Química Orgânica		
Resíduos	Descarte após neutralizados	Armazenado (bombonas)
*Soluções ácidas e alcalinas	~ = 4 litros	-
Solventes: Hexano, ciclo hexano, etc.	-	~ = 10 litros
Solventes Álcoois: metílico, Butílico, Etílico, etc.	-	~ = 12 litros
Frascos de reagentes	-	~ = 25 unidades
Laboratório de Físico-química e Analítica		
Resíduos	Descarte após neutralizados	Armazenado (bombonas)
*Soluções ácidas e alcalinas	~ = 3 litros	-
Solventes Álcoois: metílico,	-	~

Butílico, Etilico, etc.		= 3 litros
Frascos de reagentes	-	~ = 8 unidades

- Principais ácidos: HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, etc. / Bases: NaOH, Ca (OH)<sub>2</sub>, KOH, NH<sub>4</sub>OH, etc.
- Principais metais: Cobre, Zinco, Ferro, Alumínio, etc.

Fonte: Autora, 2021

A tabela demonstra que de oito (08) litros de soluções ácidas e alcalinas produzidas nas aulas práticas no semestre, aproximadamente cinco (05) litros são neutralizados e posteriormente descartados nas pias dos laboratórios e aproximadamente três (03) litros são armazenados em bombonas nos laboratórios onde foram produzidos. Somente as soluções ácidas e alcalinas passam pela neutralização para descarte. Todas as demais soluções produzidas com uso de solventes são armazenadas também em bombonas e os frascos de reagentes tanto secos como vencidos são armazenados nos laboratórios onde foram utilizados.

Foram encontrados nos laboratórios resíduos químicos armazenados provenientes das atividades práticas, além de frascos de reagentes vazios para descarte e produtos químicos vencidos, pois segundo o técnico somente os resíduos como papel, luvas lavadas e máscaras são descartados como lixo comum em sacos plásticos pretos, porém, sem identificação, os demais resíduos são armazenados nos laboratórios onde são produzidos e estão à espera de autorização de despacho para Manaus.

Os resíduos produzidos em aula prática passam por uma seleção básica. Luvas lavadas, máscaras e papel vão para o resíduo comum, soluções que podem ser neutralizadas (baixa concentração) são neutralizadas para posterior descarte nas pias dos laboratórios e os demais são armazenados em bombonas ou vidros à espera de envio para Manaus, assim fica claro que a instituição não segue a um planejamento de gerenciamento de resíduos, necessitando prioridade quanto a este assunto.

O problema de armazenamento é descarte correto de resíduos laboratoriais encontrado neste trabalho é similar a vários outros trabalhos que envolvam laboratórios porém em alguns o problema está na falta de transporte para deslocar o resíduos para o local de descarte, falta de embalagem própria para armazenamento entre outros sendo que o encontrado nos laboratórios estudados passa a ser prioritariamente a falta de local correto de armazenamento e posterior descarte, pois as instituições negligenciam essa situação sendo que a responsabilidade objetiva é

bem clara de que quem produz o resíduo é responsável por ele. De acordo com a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa no caso de um possível dano ao ambiente, ou seja, para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que se prove a relação de causa e efeito entre a atividade desenvolvida por uma organização e o dano ambiental, ou seja, mesmo que seja o resíduo produzido esteja dentro da concentração permitida por lei, se vim a causar dano ao ambiente pode levar ao causador do dano o pagamento de indenização. (GILONI-LIMA et al., 2008).

Além dos resíduos químicos, aparelhos de laboratórios queimados estão armazenados nos laboratórios observados (figura 7) e estes também devem ser descartados, porém segundo o técnico eles devem ser primeiramente tombados pela instituição para descarte e isso não se tem nenhuma previsão de solução dada pela instituição. Bezerra et al., (2018) enfatiza essa situação do uso indevido do espaço laboratorial com a permanência em seu interior de soluções vencidas, armazenamento de resíduos e equipamento com defeito, o que atrapalha às atividades realizadas no mesmo além de gerar risco de acidente, de incêndio entre outros.

Figura 7. Equipamentos queimados abandonados nas bancadas dos laboratórios



Fonte: Autora (2021)

Os resíduos líquidos e sólidos encontrados nos laboratórios de 13 anos de funcionamento dos mesmos estão armazenados em bombonas de 5, 20 e 50L e os vidros secos de reagentes estão em trinta (30) caixas médias de papelão

distribuídas entre os três (03) laboratórios com aproximadamente quatrocentos (400) frascos de 1L para descarte, e os reagentes vencidos estão dentro das capelas de exaustão em cada laboratório.

No laboratório de Química geral estão armazenados os resíduos químicos como solução ácida e alcalinas (1 bombona de 20L) e soluções com metal (1 galão de 5L). No laboratório de Química orgânica estão duas (02) bombonas de 50L, sendo uma (01) com solventes Hexanos, ciclo hexano e outros com um total de 20L dos produtos e uma (01) com solventes da classe dos álcoois com metílico, etílico, butílico com 40L do produto, como mostram as figuras D1, D2, D3, D4.

Figuras D1, D2, D3, D4. Armazenamento dos resíduos laboratoriais



Fonte: Autora (2021)

Os depósitos de lixo comum são caixas de papelão e baldes, sem tampas revestidos com sacos pretos (figura 8).

Figura 8. Depósitos de resíduos comuns.



Fonte: Autora (2021)

Segundo o técnico dos laboratórios a questão mais debatida por ele junto a direção do instituto é quanto à necessidade real e agravante quanto ao armazenamento dos resíduos dentro dos laboratórios pois o risco é altíssimo para todos os que estão diariamente nos laboratórios haja visto que os mesmos possuem apenas uma rota de fuga e os equipamentos de biossegurança ainda não estão funcionando, estando apenas fixados nos seus locais definidos pelo técnico de biossegurança. A Direção está tentando encontrar um espaço dentro do instituto que possa servir como área para armazenamento de resíduos e outra área para armazenamento de produtos novos (vidrarias e reagentes), porém, sem prazo previsto.

Esses resíduos armazenados dentro dos laboratórios tanto em bombonas como nos frascos de vidros dos produtos químicos requerem uma atenção redobrada pela direção, pois geram riscos aos usuários, necessitando da disposição de um local seguro para armazenamento e a necessidade da adoção de um correto gerenciamento de resíduos que consiste em seguir o passo a passo já descrito neste trabalho.

Assim, diante do exposto sobre os resultados obtidos com o uso do formulário da FMEA adaptado ao escopo do estudo que o mesmo possibilitou a identificação dos aspectos e impactos provenientes das atividades práticas realizadas nos laboratórios estudados e que por meio destes pôde-se constatar as causas potenciais desses impactos e se estes estão tendo algum controle realizado

atualmente. Além disso pela atribuição dos valores de criticidade (G, O e D) e sua multiplicação foi possível obter o Índice de Risco Ambiental (IRA) e por meio do corte de base estipulado para o estudo que consiste em 365 pontos classificar cada item encontrado dentro do seu nível de prioridade de I a IV, dando ênfase aos pontos mais críticos que são os de prioridade I e II, porém sem deixar de atender aos de prioridade III e IV, visando sua resolutividade e propondo ações dentro da realidade do local estudado.

Esta ferramenta se mostrou eficiente no levantamento dos dados e visa-se propor esta metodologia como orientação à direção do Instituto na busca da resolução dos problemas encontrados nestes laboratórios. É uma ferramenta de fácil aplicação e que requer apenas dedicação e conhecimento das partes envolvidas para realização de uma correta coleta de dados e desmembramento das ações propostas compatíveis com a realidade local.

#### **5.4 Contribuição da P+L**

De acordo com a CNTL (2006), a P+L apresenta três níveis de prioridades. O nível I é evitar a geração de resíduos e emissões. Nível II é inserido quando não se pode evitar a geração dos resíduos estes devem ser reintroduzidos ao processo de produção e o nível III é quando o passo anterior de reintegrar ao processo não for possível este deve ser encaminhado a medidas de reciclagem fora da empresa (reciclagem externa). A P+L trabalha com a redução da geração de resíduos na fonte de produção.

Os experimentos das aulas práticas dos laboratórios de química geram resíduos e emissões de gases, pois apresentam aspectos e impactos inerentes a essas atividades que muitas vezes passam despercebidas pelos professores, alunos e servidores e aos poucos vão gerando impactos não somente ao meio ambiente mais aos envolvidos nesse processo e com a apuração das informações por meio do formulário do FMEA, possibilitou-se a identificação de oportunidades de aplicação da metodologia de P+L para a solução dos problemas diagnosticados, visando o aproveitamento dos materiais usados, a redução dos riscos ao meio ambiente e aos servidores, do consumo de energia, do desperdício de água e de materiais, além da redução de geração de resíduos entre outros, em prol de benefícios não somente econômicos e ambientais, mais à saúde dos usuários e a atuação dentro da responsabilidade legal e social. Essas oportunidades de aplicação são:

- Uso de vidrarias menores (menor volume) na preparação das soluções visando menos resíduos gerados;
- Substituição de destiladores por deionizadores;
- Uso de soluções menos agressivas como Cloreto de Sódio - NaCl (sal comum) no lugar de Hidróxido de Sódio – NaOH que é altamente corrosivo;
- Para o preparo de soluções coloridas nas aulas de concentrações e diluições químicas substituir o Sulfato de Cobre II por corante alimentício ou azul de metileno de baixo potencial tóxico;
- Na preparação de soluções ácidas e básicas usar preparações com diferentes concentrações e / ou diluições e armazenar em frascos âmbar para serem usada ou reutilizadas na descontaminação de vidrarias;
- Manter o processo de neutralização total de soluções ácidas e alcalinas até pH 6 e 8 para descarte de resíduos neutros, não gerando impactos ao meio ambiente, reduzindo além dos resíduos armazenados o risco aos colaboradores. Além da redução da produção dos rejeitos químicos reduz desperdício de reagentes.

Porém para que se obtenha resultados satisfatórios na adoção das metodologia usadas neste trabalho (FMEA e P+L) é necessário a conscientização, participação ativa e responsável de todos os envolvidos no sistema (direção, professores, alunos e técnico laboratorial), para a realização das atividades de forma responsável, visando eliminar ou pelo menos reduzir de todas as formas possíveis os impacto gerados pelas atividades de ensino, pesquisa e administrativas do instituto, sem afeta sua funcionalidade e efetividade das ações desenvolvidas no órgão.

A adoção da P+L segue 5 fases de implantação com 20 passos descritos no Centro Nacional de Tecnologia Limpa - CNTL (2003), que aborda a P+L como uma ferramenta de melhoria continua no processo e para que a mesma seja utilizada com êxito deve ser compreendido e seguido essas fases demonstradas no quadro 13, explicadas detalhadamente no manual da CNTL.

Quadro 13. Fases de Implantação da P+L

Fases de implantação da Produção Mais Limpa	
1ª Planejamento e organização	2ª Pré-Avaliação
1º Passo: Obter compromisso é desenvolvimento da gerência	5º Passo: Desenvolver o fluxograma
2º Passo: Definir a equipe do projeto;	6º Passo: Avaliar as entradas e saídas
	7º Passo: Selecionar o foco da avaliação

3º Estabelecer objetivos 4º Barreiras e soluções	
<b>3ª Avaliação</b>	<b>4ª Estudo da Viabilidade</b>
8º Passo: Originar um balanço de material 9º Passo: Conduzir a avaliação das causas 10º Passo: Gerar oportunidades 11º Passo: Separar oportunidades	12º Passo: Avaliação preliminar 13º Passo: Avaliação técnica 14º Passo: Avaliação econômica 15º Passo: Avaliação ambiental 16º Passo: Seleção de oportunidades
<b>5ª Implementação</b>	
17º Passo: Preparar o plano de P+L 18º Passo: Implementar oportunidades de P+L 19º Passo: Monitorar e avaliar 20º Passo: Sustentar a atividade de P+L	

Fonte Adaptado (CNTL, 2003)

### 5.5 Proposição da metodologia para implementação de um Sistema de Gestão de Resíduos

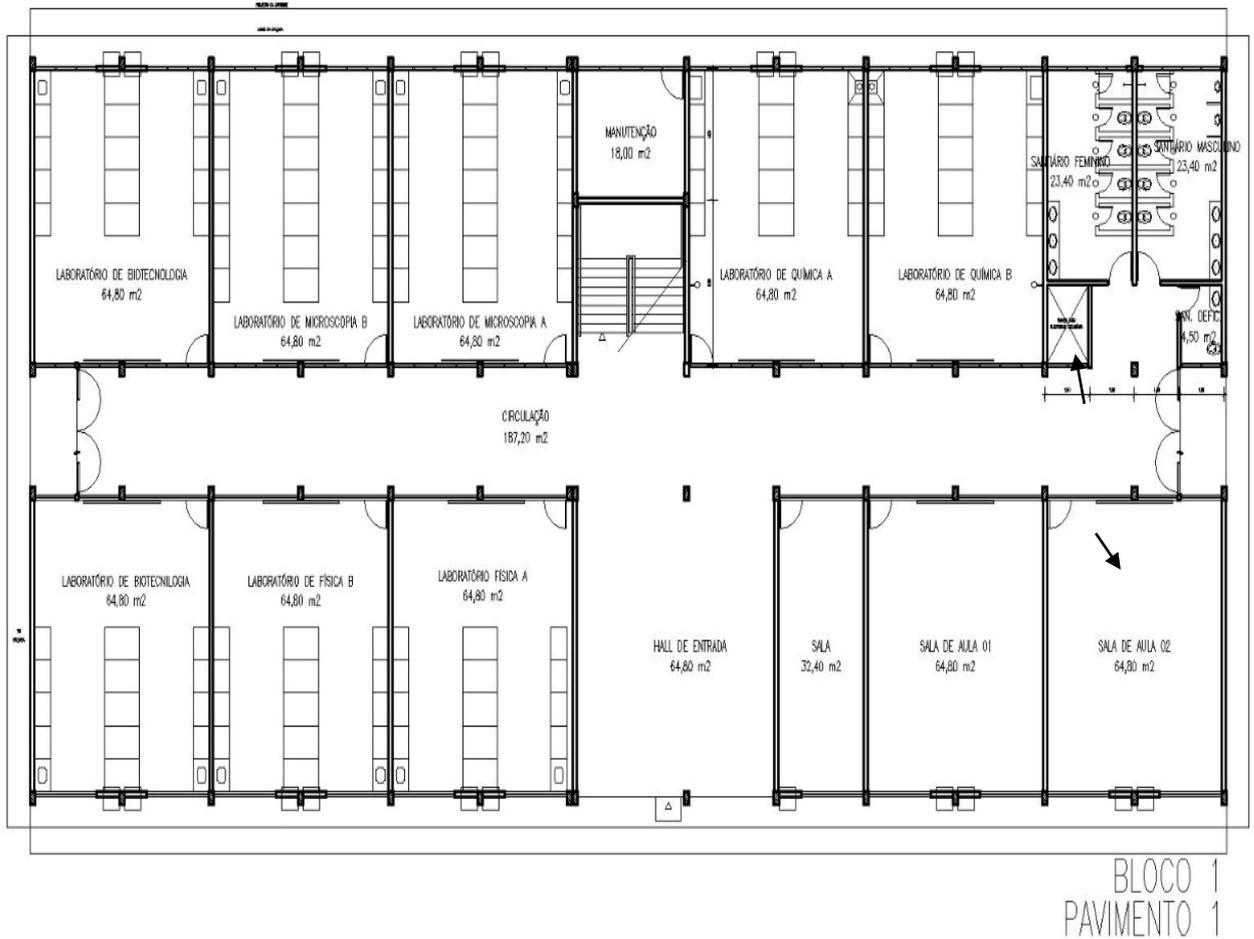
Após análise e discussão dos dados foi confeccionado um relatório como resposta à instituição estudada, pois o objetivo era pôr em prática a aplicação posterior da ferramenta para saber em quais pontos puderam ser melhorados ou extintos determinadas falhas e assim demonstrar a eficácia da ferramenta e proposição desta metodologia para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos atendendo ao quinto objetivo específico proposto, porém, devido o processo de pandemia que afeta o funcionamento dos laboratórios de ensino, os dados não puderam ser validados na prática sendo proposto um relatório (Anexo 6) contendo detalhadamente os dados coletados e as ações de melhorias recomendadas que após defesa do presente estudo será entregue a Direção da instituição para terem ciência da real situação dos laboratórios analisados e poderem tomar as providências necessárias juntamente com a equipe de biossegurança do Instituto. Mesmo não podendo reavaliar na prática está ferramenta, o relatório confeccionado demonstrou detalhadamente os resultados obtidos e este descreve a realidade dos laboratórios estudados que pode servir como uma ferramenta de direcionamento para a instituição juntamente com a equipe de biossegurança na tomada de decisões em relação aos impactos presentes nesses laboratórios.

## **5.6 Ações recomendadas realizadas pelo instituto durante a coleta de dados**

Apesar dos serviços nos laboratórios estudados estarem parados e não possibilitar a reaplicação do formulário, isso não impossibilitou alcançar algumas soluções para problemas encontrados. Durante a fase de coleta a direção juntamente com o representante do setor administrativo acompanharam momentos da coleta e puderam identificar na prática problemas detectados nos laboratórios que poderiam ser resolvidos naquele momento. A primeira iniciativa da Direção foi providenciar duas (02) salas, sendo uma (01) para depósito dos resíduos encontrados armazenados nos laboratórios e outra para armazenamento de produtos novos como mostra a planta baixa do bloco I (figura 9). A sala de aula 2 identificada na planta baixa do Bloco I com 64,80 m<sup>2</sup> foi deslocada para o andar superior Bloco onde estão presentes somente salas de aula, sala de informática e banheiros e no andar inferior somente laboratórios, salas de depósitos e banheiros. A sala de aula 2 passou a ser a sala de depósito dos resíduos produzidos e encontrados nos laboratórios estudados. Esta sala tem apenas algumas prateleiras com materiais empilhados (figura 10) e duas janelas ao fundo de vidro que abrem para fora, porém, as mesmas estão gradeadas pelo lado externo devido roubos no instituto. A organização e adequação do espaço será realizada segundo o técnico com o retorno das atividades presenciais no instituto, porém o local já foi definido, o que anteriormente não se tinha nenhuma previsão.

A segunda sala foi destinada ao armazenamento dos produtos novos e fica localizada ao lado dos banheiros femininos com dimensão de 3,88 m<sup>2</sup> que anteriormente era a sala de depósito de material de limpeza do bloco como mostra a planta baixa do bloco I, andar inferior (térreo). Esta sala será provisoriamente a sala de depósito de matérias novos, pois a direção está readequando os espaços do térreo do Bloco I.

Figura 9. Planta baixa do Bloco I (localização das salas de depósitos e laboratórios de química)



Fonte: ISB/Coari (2021)

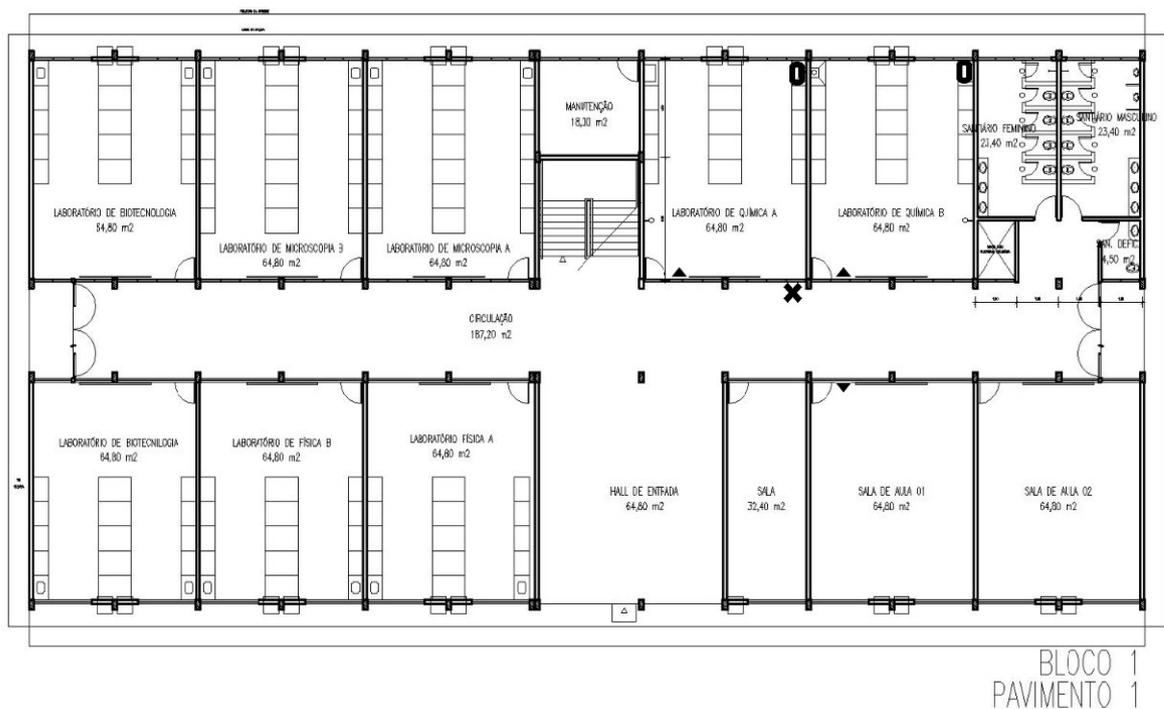
Figura 10. Sala destinada à depósito dos resíduos dos laboratórios de química



Fonte: Autora, 2021

Foram encontrados nos laboratórios estudados como equipamento de segurança somente capela de exaustão sendo que somente a do laboratório de química geral está funcionando as dos demais laboratórios estão servindo de depósito de vidros de reagentes com resíduos de soluções das aulas prática. A segunda iniciativa da Direção foi a instalação de extintores no interior dos laboratórios no lado direito da porta solucionando a questão dos riscos de incêndio em seu interior e de maiores danos à saúde dos servidores por não terem opções de rotas de fuga e no corredor do bloco chuveiro lava-olhos em frente ao laboratório de química geral para atender a esses três laboratórios. As figuras 11, 12 e 13 mostram a localização dos equipamentos de biossegurança nos laboratórios estudados. O laboratório de Química A é o de Química Geral, o de Química B é o de Química Orgânica e a sala de aula 01 é o de Físico-química e Química Analítica.

Figura 11. Planta baixa com a localização dos equipamentos de biossegurança



Legenda:

-  Capela de exaustão
-  Chuveiro lava-olhos
-  Extintor de incêndio

Fonte: Autora, 2021

Figura 12. Equipamentos de biossegurança (chuveiro lava-olhos) instalados no corredor dos laboratórios de química



Fonte: Autora, 2021

Figura 13. Instalação do extintor de incêndio no interior dos laboratórios



Fonte: Autora, 2021

Outra iniciativa foi o levantamento dos equipamentos encontrados queimados nos laboratórios, que foram listados (Anexo 7) para prosseguir com a destinação adequada dos mesmos.

Com essas ações realizadas, resolve mesmo que provisoriamente o problema de armazenamento dos resíduos dentro dos laboratórios que podem gerar grande risco de explosão, de acidente ao servidor e alunos e com isso ameniza os riscos a vida dos envolvidos no laboratório, porém, a direção retrata que está buscando soluções com relação ao descarte final dos resíduos junto à empresas de Manaus e assim se planejar e organizar dentro desse processo, visando não ter mais produto

armazenado dentro da Instituição por longo prazo. E com relação a questão da biossegurança a mesma conta com uma comissão relacionada ao assunto e que está tomando as providencias necessárias em relação a demarcação de área e a instalação de equipamentos de segurança tanto dentro como fora dos laboratórios em geral adequando-se quanto às normas de biossegurança.

## CAPÍTULO 6

### 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho utilizou a ferramenta FMEA com a finalidade de detectar os aspectos e impactos gerados pelos laboratórios de Química do Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari visando identificar e analisar e por meio deste propor ações de eliminação ou mitigação para os problemas encontrados além de propor essa metodologia como orientação para a direção do instituto que poderá usar como subsídios para a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos e se adequar a legislação ambiental estando preparada à futuras fiscalizações e cobranças ambientais à instituições de ensino. Por meio da ferramenta FMEA foram calculados os riscos de vinte e um (21) processos e identificados trinta e duas (32) prioridades sendo duas (02) prioridade I que são os que apresentaram IRA igual ou maior que 365 sem controle atual dos aspectos e impactos ambientais, oito (08) com prioridade nível II, onde estão os que apresentaram IRA igual ou maior que 365, porém com algum controle atual. Seguido de seis (06) prioridades III que são os que se classificam com IRA menor que 365 sem controle atual e finalmente dezesseis (16) de prioridade IV com IRA menor que 365 com controle atual. Após discriminação dos aspectos e impactos encontrados foram propostas várias sugestões de melhorias adequadas a realidade local visando atuar também dentro da proposta de produção mais limpa. Vale ressaltar que todos os níveis de prioridades devem ser tratados, pois se foram detectados demonstram problemas que devem ser solucionados a curto, médio ou longo prazo.

Em virtude da pandemia onde os laboratórios estão com suas atividades paradas, não teve como realizar a reaplicação do formulário e assim analisar se houve melhorias, porém, espera-se que os gestores continuem com as análises, implementem as ações corretivas e em seguida acompanhe os resultados obtidos. Algumas ações já foram tomadas o que demonstra o comprometimento da direção atual do instituto em sanar ou amenizar essa situação. Um relatório com os resultados desse trabalho foi confeccionado para a instituição visando atuar como um importante instrumento gerencial e que as tomadas de decisões possam ser concretizadas, pois, a primeira etapa de identificação dos problemas já foi realizada pela aplicação do formulário, resta atuação e envolvimento do gestor e sua equipe de biossegurança na busca de parceria para a concretização das ações

recomendadas em prol do todo (alunos, servidores, instituição, sociedade e meio ambiente).

Enfim, a disseminação e a prática dessas metodologias oferecem oportunidades de demonstrar que o pensamento voltado em prol da melhoria ambiental anda junto com benefícios econômicos, além de serem estratégias eficientes no combate à degradação ambiental. Além disso a sua aplicação traz benefícios à saúde ocupacional e a segurança dos trabalhadores, além de fortalecer a imagem da instituição frente à comunidade e aos órgãos ambientais.

### **6.1 Contribuições Acadêmica, Econômica, Social e Ambiental**

Como contribuição para o **meio acadêmico** este trabalho propôs a adoção de duas ferramentas de gestão de qualidade como FMEA e P+L para a implementação de um Sistema de Geração de Resíduos que ajudará no gerenciamento correto dos mesmos, fator este preocupante nos ambientes estudados. Este trabalho também reuniu informações relevantes para a área acadêmica, composto por embasamento teórico e de pesquisa de campo relacionado a impactos ambientais gerados por laboratórios de ensino e pesquisa que servirão de referência para novos estudos dentro dessa temática. Este estudo visa despertar o interesse de outros alunos e profissionais a desenvolverem pesquisas orientadas para a minimização dos impactos ambientais gerados por qualquer outro laboratório seja de ensino ou de atendimento à população. e despertar a Instituição quanto a sua responsabilidade.

A contribuição em **termos econômicos** está em poder auxiliar a **instituição** no conhecimento dos impactos gerados pelas atividades de ensino, pesquisa e gerenciamento dos resíduos dos laboratórios estudados e assim a mesma possa desenvolver mecanismos de controle desses impactos, baseada em situação real desses laboratórios, assegurando que suas atividades atendam de maneira proativa as exigências ambientais e com esta melhoria ter muitos outros benefícios como: redução de custos, economia de recursos materiais, redução dos riscos ambientais aos servidores, à instituição e ao público, melhoria da imagem da instituição perante a sociedade, transmissão de valores e saberes dentro de uma responsabilidade social e ambiental, mudança de hábitos e costumes dentro da organização, conformidade com a legislação vigente adequando-se e antecipando-se a futuras fiscalizações e assim evitando prejuízos financeiros em relação a multas e penalidades diante dos órgãos fiscalizadores.

A contribuição **social** está no fato de que esta pesquisa gerou resultados benéficos para a Instituição. Com a aplicação da ferramenta de gestão FMEA está gerou dados fidedignos sobre a real situação dos laboratórios estudados possibilitando a confecção de um relatório que servirá como instrumento orientador e gerencial na tomada de decisões por parte da direção do ISB/Coari. Com a identificação dos aspectos e impactos presentes nos laboratórios estes puderam ser avaliados e priorizados e assim possibilitou a resolução mesmo que provisória de alguns problemas como a disponibilização de uma sala para armazenamento dos resíduos laboratoriais e outra para armazenamento de produtos novos, retirando assim os resíduos que estavam armazenados nos laboratórios analisados, além da retirada também de equipamentos queimados que servia como lixo eletrônico nos laboratórios. Houve adequação das normas de segurança com instalação do chuveiro e lava olhos no corredor para atender a esses laboratórios e extintores no interior dos mesmos. O atendimento aos problemas revelados possibilita a execução de um trabalho seguro pensando na segurança de seus usuários. Além disso a instituição estará executando suas atividades dentro dos parâmetros seguro de atuação ambiental, crescendo e formando profissionais conscientes de sua responsabilidade com o meio ambiente e propagadores desses valores.

E a contribuição para o **meio ambiente** está na orientação da Instituição na atuação responsável, visando o controle dos problemas gerados pelos laboratórios estudados e com isso evitar ou minimizar os impactos diretos ao meio ambiente com a adoção de maneiras corretas de gerenciamento dos resíduos produzidos, substituição de produtos tóxicos por outros de menor impacto, conscientização dos usuários quanto ao desperdício de material, de energia e de água, enfim transformação de conduta visando um trabalho seguro, atendendo não somente ao interesse da instituição, não somente a formação de profissionais para o mercado de trabalho, mas profissionais conscientes do seu papel na sociedade e disseminadores da preocupação com o meio ambiente pensando na geração de hoje e nas futuras gerações e com a adoção das ações recomendadas referentes ao problemas encontrados evitar danos que muitas vezes podem ser irreversíveis ao meio ambiente.

## 6.2 Limitações

As limitações encontradas nesse estudo se devem primeiramente ao processo de pandemia vivido desde o início do mês de março do ano de 2020 onde

estava sendo preparado a solicitação do pedido de autorização para coleta de dados no ISB/Coari é o mesmo suspendeu todas as atividades devido a pandemia.

Posteriormente em conversa com a direção e explanação do objetivo da pesquisa a mesma informou que a autorização se daria somente se o projeto estivesse passado pelo comitê de ética, pois o mesmo necessitaria ter contato com pessoas e todo trabalho segundo a mesma que tenha contato mesmo que online com ser humano tem que ter autorização pelo comitê de ética. Mesmo explicando sobre o trabalho e informando que o mesmo não causaria nenhum constrangimento as pessoas envolvidas, sendo assim o mesmo não necessitou ser submetido ao comitê de ética, porém, a direção informou que passaram por treinamento recente sobre trabalho relacionados a seres humanos e tiveram como informação e interpretação que todo é qualquer trabalho nessa natureza requer autorização do comitê acima citado. Assim a solução dada pela direção para não causar impedimento e impossibilitar a coleta, foi a mudança da metodologia do trabalho. Em acordo com o orientador do projeto e buscando evitar prejuízos foi realizado a mudança da metodologia que anteriormente consistia em montar uma equipe multidisciplinar composta pela pesquisadora, orientador do projeto, coordenador de laboratório, técnicos responsáveis, professores do curso de química e professores com projeto de pesquisas nesses laboratórios para ajudar no levantamento dos aspectos e impactos presentes nos laboratórios estudados e posterior preenchimento do formulário do FMEA, pois os mesmos têm conhecimento e vivência nos locais estudados. A equipe atual foi composta pela pesquisadora, coordenador e técnico do laboratório que compreendeu que a atividade não lhe geraria constrangimento e assim aceitou participar do projeto voluntariamente e o orientador que atuou nas orientações necessárias durante todo o projeto e na indicação das ações recomendadas. Mesmo tendo isso como limitação, não interferiu na coleta de dados, pois o técnico que é o coordenador dos laboratórios tem um conhecimento fidedigno do local e a pesquisadora conhece a realidade dos mesmos pois foi aluna do curso e constatou que não houve mudanças nesses laboratórios que eliminasse aspectos e impactos presentes desde o ano de 2006 com a primeira turma de química.

Outra limitação foi o fato de ter que imaginar o laboratório em pleno funcionamento e buscar detectar os aspectos presentes nos mesmos que geram impactos ao meio ambiente pelas atividades de ensino e pesquisa e o processo de gerenciamento dos resíduos provenientes dessas atividades. Porém esse obstáculo

foi superado pela contribuição do coordenador e técnico dos laboratórios estudados que fez a apresentação dos laboratórios como em ativa e ajudou na detecção dos aspectos e impactos ambientais e posterior preenchimento do formulário FMEA.

E por fim a limitação em validar os dados obtidos que se daria pela aplicação na prática das ações recomendadas visando eliminar ou minimizar os riscos gerados devido ao fato de o instituto estar com suas atividades paradas. Porém visando contornar essa limitação e em contrapartida desde trabalho à Instituição, foi proposto a formulação de um relatório contendo todos os dados coletados, sua análise e ações propostas para informação à Direção sobre a real situação dos locais estudados e servir de orientação para tomada de decisões.

### **6.3 Sugestões de Trabalhos Futuros**

Foram listadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

1. Sugere-se para estudos futuros validar os dados desse trabalho por meio da aplicação na prática dos resultados obtidos nos laboratórios em pleno funcionamento, visando ter uma resposta concreta das mudanças obtidas.

2. Ampliação deste trabalho para os demais laboratórios do instituto com o uso dessa mesma metodologia ou de outras buscando despertar o interesse para projetos que visam atuar na linha de meio ambiente e segurança organizacional.

3. Utilização de outras ferramentas da engenharia de produção que podem auxiliar não somente no levantamento dos aspectos e impactos ambientais mais diretamente na questão da segurança organizacional dos laboratórios e gerenciamento dos resíduos provenientes de suas atividades.

4. Também pode ser realizado um estudo de caso comparativo entre um laboratório de ensino e de atendimento ao público em geral entre universidades públicas e particulares, visando identificar a produção de resíduos diversificados e a forma de tratamento dos resíduos produzidos, além da visão das instituições com relação a sustentabilidade e responsabilidade social.

5. Outra sugestão de trabalho seria o mapeamento detalhado do processo de gerenciamento de resíduos não somente do laboratório de química mais dos outros laboratórios e demais setores da instituição, conhecendo assim a realidade apresentada desde a produção até a destinação final dentro da instituição visando a melhoria e adequação à realidade local.

## CAPÍTULO 7

### 7. REFERÊNCIAS

\_\_\_Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: senado, 1988.

\_\_\_Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981. Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da união, Brasília, DF, Coluna 1, 16509 p.

\_\_\_Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n. 306/2004 da agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.000 – ISO 14000 Série de normas de Sistema de gestão ambiental. ABNT, 2004. Disponível em: <<https://www2.videolivrraria.com.br>>. Acesso em: 21 de março de 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.001:2015 – ISO 14001:2015 atualizada. Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. ABNT, 2015. Disponível em: <<http://gtechsolucoes.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Norma-ISO-14001.pdf>>. Acesso em: 06 de março de 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: 2004. Sistemas de gestão ambiental – Especificações e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://vdocuments.net/nbr-iso-14001pdf.html>. Acesso em: 21 de março de 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14004: 2005. Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes Gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/67615025/NBR-ISO-14004>. Acesso em: 21 de março de 2021.

AFONSO, T.; ZANON, M. A. G.; LOCATELLI, R. L.; AFONSO, B. P. D. Consciência Ambiental, Comportamento Pró-ambiental e qualidade de gerenciamento de resíduos em serviço de saúde. **Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS. Revista de Gestão Ambiental – GeAS**, V. 5, N. 3, set/dez, 2016.

AIRES, C.F.; PIMENTA, H. C. D. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de um laboratório de Análises Físico-Químicas pelo método FMEA. **HOLOS**, Ano 35, v.8, e9189, 2019.

ALYRIO, R. D. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. **Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável**. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, mar. 2006.

BARBERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial - Conceitos, Modelos e Instrumento**. 3º Ed. São Paulo: Saraiva. 2011.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental e empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARBOSA, M. F. N.; LIMA, A. F. A. Avaliação da aplicação da ferramenta de Produção Mais Limpa em laboratório de Anatomia patológica e Citologia: Um estudo de caso em um Hospital Universitário. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, João Pessoa/PB, out.2016.

BARROS, R.M. **Avaliação dos Resíduos dos Laboratórios de Ensino e Pesquisa do Instituto de Biologia – Universidade do estado do Rio de Janeiro: Uma contribuição ao Plano de Gerenciamento**. Rio de Janeiro, 2007.

BAUER, A. C.; FAGUNDES, A. B.; BEUREN, F. H.; PEREIRA, D.; Junior, M. C. P. Aplicação da produção mais limpa como processo de melhoria na produção de pisos laminados: um estudo de caso. **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa – PB, dez. 2018.

BEZERRA, K. C. A.; DIAS, Y. N.; ALVES, R. J. M.; FILHO, H. R. F.; PONTES, A. N. FMEA como subsídio para a implementação do sistema de gestão ambiental em laboratório da UFRA. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.149-157, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0014>

BRAND, F. A.; DALMOLIN, C.; JUNIOR, X. L. T.; PACHEKOSKI, W. M. Avaliação da metodologia FMEA como ferramenta para reduzir impactos ambientais no processo manutenção industrial. **Rev. Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.10, n.10, p. 2081– 2090, jan./abr. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/223611707447>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde**. Ministério da Saúde. Brasília, 2006. 182p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. In: Resoluções, 1996. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port1conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 21 de março 2021.

BREMM, L. B.; WIEDENHOFT, A. G.; OLIVEIRA, A. S. FMEA como ferramenta para análise de falha de um produto – Avaliação da rugosidade superficial. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 2, p. 17-35, 2019.

BRONSTRUP, D. E.; MORAES, J.; BRUM, T. M. M.; SILVA, A. L. E. Proposta de implantação de P+L em um frigorífico de suínos de grande porte: Estudo de caso. **XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, ago. 2015.

CAETANO, L. C.; LOBOSCO, A.; ARCARI, C.V. Implantação da Ferramenta da Qualidade FMEA (Análise de modos e efeitos da falha) no processo de fabricação de medicamentos orais sólidos em uma indústria farmacêutica veterinária. **Anais do IV SINGEP**, 2015.

CAMPANI, B. D.; COIMBRA, N. S.; FERNANDES, T. G.; BIRNFELD, E. F. Implementação do sistema de gestão ambiental no prédio da engenharia mecânica – UFRGS. In: **XXX Congresso Internacional de ingeniería sanitaria y ambiental, Punta Del Este – Uruguai**, 2006.

CASOTTI, R. F.; BATISTA, B. C.; FREITAS, R. R. Análise dos elos produtivos e aplicação do Método de Análise dos Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) na pesca artesanal do Norte do Espírito Santo, Brasil. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v.17, n. 4, p. 1111-1133, 2017.

Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL. **Implementação de Programas de Produção Mais Limpa**. Porto Alegre: SENAI – RS/UNIDO/INEP, 42 p. 2003.

CEREZINI, M. T.; AMARAL, K. M.; POLLI, H. Q. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais em uma instituição de ensino com o uso da ferramenta FMEA. **Revista InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade** - Vol. 11 n. 1, jun. 2016.

CNTL. Implementação de programas de Produção Mais Limpa. Apostila. Porto Alegre, 2006.

COUTO, H. A. R.; GUIMARÃES, R. R.; PAMPLONA, A. M. S. R. **Normas para o gerenciamento de resíduos de laboratórios da Embrapa Amazônia Ocidental – Manaus**: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010, 24 p. Documento 79.

DE OLIVEIRA, J. A.; GUARDIA, M.; QUEIROZ, G. A.; COBRA, R. L. R. B.; OMETTO, A. R.; DE OLIVEIRA, O. J. Identificação dos benefícios e dificuldades da Produção Mais Limpa em empresas industriais do Estado de São Paulo. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.15, n. 2, p.458-481, abr./jun. 2015.

DELATORRE, A. B.; SANTOS, L. A.; LIMA, R. F.; AGUIAR, C. J.; HUZIWARA, E. Gerenciamento de resíduos Químicos: Uma proposta de implementação em laboratórios de ensino. **1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS. Gramados – RS, 2018.

ENGELMAN, R.; GUISSO, R. M.; FRACASSO, E. M. Ações de Gestão Ambiental nas Instituições de Ensino Superior: O que tem sido feito. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, V.3, Nº.1, p. 22-33. Jan./abr. 2009.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde** – Belo Horizonte, 2008. 88 p.

FÉLIX, A. M. C. **Aplicação da Ferramenta FMEA na análise dos aspectos e impactos ambientais no Instituto Federal da Paraíba – CAMPUS João Pessoa** (Dissertação de mestrado), João Pessoa, 2018.

FEROLDI, A. P. **Gerenciamento de resíduos utilizados em aulas práticas de química**. Monografia de especialização, MEDIANEIRA, 2014.

FIGUEIREDO, L. D.S.; DUARTE, A.C.; PAULA, E. M.; BARBOSA, L. P. J. L.; BARBOSA, F.H. F. A Gestão de resíduos de laboratório nas Instituições de Ensino Superior – Uma análise crítica. **Revista Ciência Equatorial**. Artigo Original Vol. 1, n. 2 - 2º Semestre, 2011.

FONSECA, J. M.; PERES, A. P. Application of Cleaner Production tools and Failure Modes and Effects Analysis in pig slaughterhouses. **Bol. Ind. Anim.** Nova Odessa, v. 74, n. 2, p. 105 – 115, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.17523/bia.v74n2p105>.

FORNO, M. A. R. D. **Fundamentos em gestão ambiental** – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 86 p. 2017.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org). **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GILONI-LIMA, P. C.; LIMA, V. A. de. Gestão integrada de resíduos químicos em instituições de ensino superior. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, 2008.

GUEDES, J. DE. A. **Estudo sobre Produção Mais Limpa (P+L) aplicado a um serviço de referência de uma Instituição de Ensino e Pesquisa – Rio de Janeiro (RJ)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, 2013.

GUEDES, J.A.; DE-SIMONE, G. C.; BARATA, M.M. Produção Mais Limpa em Instituto de Pesquisa e Ensino Um Estudo Bibliométrico. **3º International Workshop Advances in Cleaner Production**, SP- Brasil, 18 a 20 de maio, 2011.

HERZER, E.; ROBINSON, L. C.; NUNES, F. L. Simbiose industrial e produção mais limpa como estratégias de gestão ambiental. **Revista Ingeniería Industrial**-Año 16 n. 3: 273-288, 2017.

JUNIOR, A. O.; SILVA, E. C.; HERMOSILLA, J. L. G. Um estudo de aplicação do método FMEA: pesquisa-ação em um processo de fabricação de uma empresa de grande porte do setor metal mecânico. **Braz. J. of Bus.**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 1898-1912, jul./set. 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

LEITE, R. R.; NETO, G. C. O. Avaliação econômica da aplicação da Produção Mais Limpa em uma estação de Tratamento de Efluentes: Estudo de caso em uma empresa metal mecânico. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 18, n. 4, p. 1445-1469, 2018.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Utilização do método FMEA na identificação e análise de impactos ambientais: o caso de uma empresa produtora de embalagens flexíveis. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** Campina Grande/PB – nov. 2016.

Manual de Instruções Quimis. Disponível em [www.quimis.com.br](http://www.quimis.com.br) Acesso em 08 de outubro de 2021.

MCDERMOTT, R; MIKULAK, R; BEAUREGARD, M. **The basics of FMEA**. 2. ed. New York: Productivity Press, 2009.

MEDEIROS, L. G. F.; TORRES, L. M. L. S.; FERREIRA, B. V.; SOUZA, F. D. j. C. Elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos para a indústria farmacêutica em Natal - RN. **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP**, FORTALEZA, 2015.

MEIRA, N. F. C.; CORVELONI, É. P. M.; LISBOA, C. A. M. Diagnóstico dos laboratórios da UFMS/CPTL como justificativa para proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016** - Foz do Iguaçu – PR, 2016.

MENDES, M.; EBNER, P. Practical aspects of the use of FMEA tool in clinical laboratory risk management. **J. Bras. Patol. Med.** p. 174–181, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-24442013000300004>

MENDONÇA, J. M. S. & SILVA, R. G. Aspectos e impactos ambientais de um laboratório de biologia. **Holos**, v. 8, n. 31, p. 368-383, 2015.

MORAIS, L. S.; BORGES, K. K.; RIBEIRO, V. N.; MENDES, A. F. Aplicação da ferramenta FMEA para reduzir impactos ambientais: Um estudo de caso em uma empresa localizada em Mossoró/RN. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza/ CE, out. 2015.

MUNIZ, D. C. G.; SOUZA, A. M. G. F. Produção Mais Limpa como princípio para a Gestão Ambiental em Farmácias de Manipulação. **IX Congresso de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa-PB, dez. 2019.

NAKANO, D., MUNIZ, Jr. J. **Writing the literature review for an empirical paper**. Production, v. 28, São Paulo, 2018.

NARA, E. O. B.; SEHN, K. T.; GERHARD, G.; MORAES, J. A. R.; SILVA, A. L. E. Aplicação da metodologia de Produção Mais Limpa em um processo de rotomoldagem como uma ferramenta sustentável aplicada à segurança do trabalho. **Exacta** – EP, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 269-278, 2015.

OLIVEIRA, M. G. **A gestão de riscos como uma ferramenta para o sucesso de ensaios clínicos: estudo de caso**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação, Pesquisa e desenvolvimento na Indústria farmacêutica. Rio de Janeiro, 2016.

OLIVEIRA, T. M. **O sistema de gestão ambiental como instrumento educacional em instituições de ensino.** São Paulo, 2012.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. **Guia para o manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde.** Brasília, DF, 1997.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

PAULA, V. R.; OTENIO, M. H. **Manual de gerenciamento de resíduos químicos.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. Documento 215.

PIMENTA, H.C.D.; GOUVINHAS, R.P. **A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte.** V. 22, n.3, p. 462-476, mai/ago. 2012.

PENATTI, F. E. & GUIMARÃES, S. T. L. **Avaliação dos riscos e problemas ambientais causados pela disposição incorreta de resíduos de laboratórios.** Geografia Ensino & Pesquisa, v. 15, n. 1. 2011.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **A produção mais limpa e o consumo sustentável na América Latina e Caribe.** CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, 2005.

PONTES, R. S.; FREITAS, L. S.; MACIEL, D. S. C. Análise dos modos e efeitos de falhas (FMEA): Um estudo dos serviços odontológicos de um posto de saúde em queimadas – PB. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** Campina Grande/PB, nov. 2016.

RAMALHO, J. S.; SILVA, A. L.; ANDRADE, R. W. N.; DUARTE, M. D. D. C. Análise de falhas e riscos ambientais: o uso da ferramenta FMEA na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais no campus João Pessoa do IFPB. **IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, São Bernardo do Campo/SP, nov. 2018.

ROOS, C.; DIESEL, L.; MORAES, J. A. R. ROSA, L. C. da. **Ferramenta FMEA: Uma abordagem voltada para a melhoria da qualidade nos serviços de transporte.** TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul v. 11, n.1 e 2, p.29-332, jan./jun. 2007.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: oficina de textos, 2006.

SANTOS, F. F.; QUEIROZ, R. C. S.; NETO, J. A. A. Avaliação da aplicação das técnicas da Produção Mais Limpa em um laticínio no Sul da Bahia. **Gestão de Produção**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 117-131, 2018.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: Implantação objetiva e econômica.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SILVA, B. M.; ANDRADE, C. S.; CRUZ, L. M. O.; CRUZ, L. M. O. Análise e aplicação do FMEA em um frigorífico na região de Coxim – MS. **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** Campo Grande/MS, nov. 2017.

SILVA, E. P.; CHAGAS, R. L.; AVELAR, R. J.; SILVA, R. H. FMEA: Aplicação da ferramenta de qualidade de processo produtivo do iogurte em um laticínio de pequeno porte. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza/CE, out. 2015.

STERSI, M. A.; RITO, P. **Gestão de riscos à qualidade: manual prático para uso da ferramenta FMEA em processos farmacêuticos**. Rio de Janeiro: Fiocruz/Farmanguinhos, 2019. 39 p.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. **Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP**. Quím. Nova vol.28 n.4 São Paulo Jul/Ag, 2005.

TEIXEIRA, C. E.; MORAES, S. L.; MOTTA, F.G.; SHIBATA, A. P. Concepção de um Sistema de Gestão de Resíduos de laboratório: Estudo de caso de um Instituto de Pesquisa. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**. Volume 7, Número 4, p. 554-568, 2012.

TOLEDO, J.C. De.; AMARAL, D. C. **FMEA: Análise do Tipo e Efeito de falha**. Grupo de Estudo em Qualidade. UFSCAR, São Paulo, 2010.

UNISINOS. Relatório e certificações. 2005. Disponível em: <http://www.unisinos.br/graduacao/14-institucional/3431-relatorios-e-certificacoes>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

VANDENBRANDE, Willy W. **How to Use FMEA to Reduce the Size of Your Quality Toolbox**. Quality progress, v. 31, n. 11, 1998.

VARELLA, W. A.; OLIVEIRA NETO, G. C.; SOUSA, T. B. Adoção de produção mais limpa em uma fábrica de palmito pupunha: Um Sistemática de Revisão Literatura e um estudo de caso. **Food Sci. Technol**, Campinas, Ahead of Print, 2021.

VIEIRA, C. S. M. **Análise do manejo dos resíduos de serviços de saúde em unidade básica de saúde vinculada a uma Instituição de Ensino Superior**, 2013.

ZANON, M. A. G. **Consciência ambiental, comportamento pró-ambiental e qualidade de gerenciamento de resíduos em serviços de saúde: estudo de caso em uma Instituição Federal de Ensino Superior de Belo Horizonte, MG**, 2014.

## ANEXOS

**Anexo 1. Ofício de solicitação para autorização de coleta de dados**

Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Coordenação Administrativa - ISB

OFÍCIO Nº 02/2021/2021/CADM-ISB/UFAM

Coari, 11 de junho de 2021.

A Ilma. Sra. Vera Lúcia Imbiribas Bentes  
Diretora do Instituto de Saúde e Biotecnologia  
Coari-AM

**Assunto: Autorização para coleta de dados nos laboratórios de química**

Senhora Diretora,

Cumprimentando-a cordialmente venho por meio deste solicitar autorização para coleta de dados nos laboratórios de Química desta Instituição referente ao meu mestrado em Engenharia de Produção com o tema intitulado **Aplicação de metodologias de gestão na identificação e avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais dos laboratórios de Química do ISB/Coari: Estudo de Caso.**

Solicito ainda autorização para ter acesso a documentos e informações pertinentes a este trabalho. Comprometo-me a disponibilizar os resultados e conclusões referentes a este projeto para consulta da Instituição.

Sendo o assunto para o momento, agradeço e reitero votos de estima e consideração.

Atenciosamente,



Documento assinado eletronicamente por **Elinícia Ribeiro de Almeida, Assistente em Administração**, em 11/06/2021, às 15:06, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0568840** e o código CRC **96EF56C3**.

Estrada Coari-Mamiá - Bairro Espírito Santo nº 305 - Telefone: (92) 3305-1181 / Ramal 2192

## Anexo 2. Autorização para coleta de dados do Comitê Local de Biossegurança do ISB / Coari – CLBio



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Coordenação do Curso de Biotecnologia - ISB

**Processo nº: 23105.018276/2021-12**

**Interessado: @nome\_interessado@**

Assunto: Visita à laboratórios de Química do ISB

### PARECER

#### 1. ORGANIZAÇÃO PROCESSO

Constam no processo: (1) OFÍCIO Nº Ofício 02/2021/2021/CADM-ISB/UFAM assinado por **Elinílcia Ribeiro de Almeida**, Assistente em Administração, em 11/06/2021, às 15:06; (2) Despacho via SEI ao CLBio-Coari, 14/06/2021, às 09:15 (3) Comprovante do envio do processo via e-mail, com data de envio em 14/06/2021 às 09:21 (4) Ofício nº 03/2021/2021/CCBIOTEC - ISB/UFAM, assinado por **Olavo Pinhatti Colatreli**, Professor do Magistério Superior, em 22/06/2021, às 00:36 (5) Ofício nº 03/2021/2021/CCBIOTEC - ISB/UFAM assinado por **Elinílcia Ribeiro de Almeida**, Assistente em Administração, em 01/07/2021, às 14:34 e **Edivã Bernardo da Silva**, Técnico de Laboratório/área, em 01/07/2021, às 14:53.

#### 2. HISTÓRICO

Após o despacho do processo ao Comitê de Biossegurança de Coari (CLBio-Coari), o parecerista enviou o ofício nº 03/2021/2021/CCBIOTEC solicitando maiores informações sobre as condições para coleta de dados nos laboratórios de química, que foi respondida em Ofício seguinte, com data de 01 de julho de 2021.

#### 3. PARECER

A solicitação trata sobre visita à 4 laboratórios de Química, sendo três de ensino e 1 de pesquisa, que será realizada em 5 dias do mês de julho para a observação direta, registro fotográfico, roda de conversa, aplicação do formulário FMEA relacionados as atividades de ensino e pesquisa e gerenciamento dos resíduos produzidos por estas atividades, não sendo realizado nenhuma outra atividade laboratorial. Durante essas atividades, haverá somente a presença da solicitante e o **Edivã Bernardo da Silva** como acompanhante. Vale ressaltar que o técnico atualmente é membro do CLBio-Coari. Uma vez que, segundo o boletim do GTO nº 17, o município de Coari se encontra em "Risco Moderado", possibilitando a flexibilização para 50% da ocupação de laboratórios e considerando que: (1) Não há outras solicitações de utilização do espaço; (2) Ambos têm ciência dos riscos e se comprometeram à cumprir as normas de biossegurança; (3) Tanto a solicitante quanto o acompanhante já foram vacinados

com a primeira dose da vacina e (4) a solicitante e seus familiares não possuem comorbidades ou outros fatores de risco, sou de parecer **FAVORÁVEL** a entrada e utilização das dependências solicitadas para a realização das atividades mencionadas.

Salvo melhor juízo, esse é o meu parecer.

Coari, 23 de julho de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Olavo Pinhatti Colatreli**, Professor do Magistério Superior, em 23/07/2021, às 04:34, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0618733** e o código CRC **F3FAFFC2**.

Estrada Coari-Mamiá - Bairro Espírito Santo nº 305 - Telefone: (92) 3305-1181 /  
Ramal 2193  
CEP 69.460-000, Coari/AM, [caisb@ufam.edu.br](mailto:caisb@ufam.edu.br)

### Anexo 3. Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE

#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Como aluna do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, estou realizando uma pesquisa nos laboratórios de Química desse instituto, e convido você para participar deste estudo. Essa pesquisa na qual sua participação é muito importante, intitula-se: “Aplicação de metodologias de gestão na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais dos laboratórios de Química do ISB/Coari: Estudo de caso”.

Ao aceitar participar deste estudo, você declara que:

Eu, Eduardo Fernando da Silva concordo em participar da pesquisa “Aplicação de metodologias de gestão na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais dos laboratórios de Química do ISB/Coari: Estudo de caso”, de responsabilidade da aluna de mestrado Elinícia Ribeiro de Almeida e seu orientador Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira, na qualidade de participante voluntário, estando ciente de que os procedimentos realizados serão utilizados exclusivamente com a finalidade de desenvolver um estudo de pós-graduação com posterior publicação no meio acadêmico.

Compreendo que participarei de uma pesquisa sobre a qual fui bem informado, entendendo que a minha participação irá colaborar com as pesquisas na área de meio ambiente, sendo objetivo desse estudo identificar os aspectos e impactos ambientais gerados pelas atividades dos laboratórios de química do ISB/Coari à luz de metodologias de gestão, no qual tenho pleno conhecimento dos laboratórios pesquisados.

A minha participação se dará como membro de uma equipe que ajudará na identificação dos aspectos e impactos gerados pelas atividades de ensino e pesquisa e pelos resíduos produzidos nesses laboratórios.

Estou também informado e esclarecido de que:

1. Minha identificação será mantida em sigilo e minha privacidade preservada;
2. Minha participação ou não-participação não me acarretará danos pessoais;
3. Minha participação é voluntária, não gratificada;
4. Posso recusar-me a realizar a qualquer atividade solicitada, ou retirar o meu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer dano a minha pessoa;
5. Tenho direito a receber respostas a qualquer pergunta ou dúvida sobre a pesquisa durante sua realização;
6. Todas as dúvidas em relação à minha participação nessa pesquisa foram esclarecidas.

Concordo que participarei da pesquisa no meu local de trabalho, no horário que eu esteja disponível.

Estando ciente e de acordo, firmo o presente.

Recebi uma cópia deste termo e tive a possibilidade de poder ler e discutir o texto com a pesquisadora, antes de assiná-lo.

Coari - AM, 09 de agosto de 2021.

Assinatura do Participante: 

## Anexo 4. Formulário de solicitação de aula prática


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari**  
**Laboratório de Química**


**SOLICITAÇÃO PARA ATIVIDADE EXPERIMENTAL**

De: \_\_\_\_\_

Para: \_\_\_\_\_

Data/Hora de Solicitação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ às \_\_\_\_ horas.

Data/Hora da Realização da Prática: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ às \_\_\_\_ horas.

Laboratório de: Química Geral/Inorgânica       Química Orgânica

Curso/Período: \_\_\_\_\_

Título do Experimento: \_\_\_\_\_

**1. REAGENTES SOLICITADOS:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**2. VIDRARIAS E ACESSÓRIOS (Especificar a quantidade):**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3. EQUIPAMENTOS:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

**Observações:** Esta solicitação deverá ser entregue ao Técnico responsável 48(quarenta e oito) horas antes da prática.

**Campus do Médio Solimões**  
 Estrada Coari/Marniá, 305 – Bairro: Espírito Santo – CEP – 69.460-000 – Coari - AM.  
 Fone/Fax - (97) 3561-2363 e 3561-4162  
 E-mail: isbcoari@ufam.edu.br

### Anexo 5. Formulário completo do FMEA com os resultados obtidos no estudo.

Proc.	Asp. ambiental	Imp. ambiental	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	I R A	Ação recomendada
Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L (Lab. Quím. geral)	Produção de soluções ácidas	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de solução ácidas	Neutralização antes do descarte	3	9	4	108	Controle do volume de descarte
Reações químicas (Lab. Quím. geral)	Geração de vapores químicos	Contaminação do ar	Falha na circulação de ar ambiente	Instalação de circuladores de ar	4	9	7	252	Instalação de exaustores e circuladores de ar
		Risco a saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores tóxicos	Manipulação de reagentes perigosos	Uso de EPIs adequado	8	6	9	432	Manter o uso dos EPIs adequados
Cristalização de compostos (Lab. Quím. geral)	Produção de sais por meio de reações químicas	Geração de resíduos	Pela geração de sais (sulfatos, sódio, potássio etc.)	Armazenamento em frascos âmbar dentro do laboratório	7	9	7	567	Definir um local para depósito seguro de resíduos
		Risco de contaminação dos recursos naturais	Pelo descarte diretamente no lixo comum ou na pia	Diluição dos sais formados	9	1	7	63	Definir uma política de recolhimento de destino final que não seja o lixo comum
Ácido-base (Lab. Quím. geral)	Uso de destilador	Consumo de energia	Alto consumo energético do equipamento	Inexistente	5	1	7	35	Aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água
		Desperdício de água	Baixa eficiência na produção de água destilada	Inexistente	6	1	7	42	

Prática dos elementos oxigênio e enxofre (Lab. Quím. geral)	Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis	Riscos à saúde dos servidores e alunos	Ausência de equipamentos para manipulação de produtos perigosos como enxofre	Uso de EPIs, porém inadequados (Máscaras sem filtro)	9	8	7	504	Uso de EPIs adequados para todos os usuários
		Risco de incêndio							
Sabonificação (Lab. Quím. geral)	Manipulação de reagentes tóxicos	Risco de acidentes	Uso de NaOH	Uso adequado de EPIs	8	1	5	40	Uso de EPIs adequados (luvas, óculos, aventais, etc) para todos os usuários
Teste de chama com sais metálicos (Lab. Quím. geral)	Uso de chamas	Risco de incêndio	Manipulação de chamas com botijão de gás	Gás envasado em botijão, porém sem capela para manipulação	9	9	7	567	Colocar o botijão na área externa do laboratório em local seguro ou transformar esse fornecimento de gás de forma encanada
		Risco de acidente							
Concentração de soluções (Lab. Quím. geral)	Consumo de água	Redução de recursos hídricos	Uso em quantidade e de água destilada	Inexistente	6	1	7	42	Aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água
			Lavagem de vidrarias						6
Reatividade dos metais (Lab. Quím. geral)	Geração de resíduos sólidos	Risco de contaminação do meio ambiente	Manipulação de reagentes contaminantes (Zinco, Ferro, Alumínio etc.)	Resíduos armazenados em frascos âmbar dentro do laboratório	1	8	7	56	Definir um local para depósito seguro de resíduos e definição de cronograma de descarte final
Purificação de um composto orgânico sólido (Lab. Quím.)	Geração de resíduos solventes	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de reagentes solventes (Hexano, Etanol, Metanol,	Armazenamento em bombonas dentro do laboratório	7	9	4	252	Definir um local para depósito seguro de resíduos e providenciar junto ao instituto a destinação

orgânica)		Risco a saúde dos servidores e alunos pela de inalação de solventes	Acetato de Etila etc.)						adequada dos resíduos.
Atividade de Bioensaio (Lab. Quím. orgânica)	Manuseio de vidrarias	Risco de acidentes	Quebra de vidrarias	Orientação quanto ao manuseio e descarte em descarpack	6	6	4	144	Manter a orientação ao manuseio correto; controlar o volume de vidrarias quebradas para reposição de estoque e providenciar junto ao instituto a destinação correta das vidrarias quebradas
Determinação dos compostos orgânicos : ponto de fusão de compostos orgânicos (Lab. Quím. orgânica)	Consumo de energia	Redução de recursos naturais	Uso de chapas aquecedoras	Inexistente	5	1	6	30	Criar mecanismo de controle energético mais eficiente
		Risco de acidentes		Uso de EPIs	6	9	7	378	Uso de EPIs adequados
		Risco de incêndio		Inexistente	9	1	8	72	Providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório
	Produção de vapores	Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Pela fusão de compostos orgânicos como hexano, acetato de etila e etc.	Inexistente	9	6	7	378	Aquisição e instalação de capelas de exaustão para os laboratórios

Solubilidade dos compostos orgânicos (Lab. Quím. orgânica)	Consumo de água	Redução de recursos hídricos	Grande uso de água destilada	Inexistente	2	9	9	162	Aquisição e substituição dos destiladores por equipamentos mais eficientes na produção de água destilada.
			Lavagem de vidrarias		5	1	7	35	Instalar equipamentos de lavagem de vidrarias
Estudos dos metais alcalinos e terrosos (Lab. Quím. orgânica)	Geração de resíduos sólidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manuseio de reagentes com potencial poluidor (Sódio, Magnésio, Cálcio, Bário etc).	Diluição e descarte na pia	8	8	6	384	Criar protocolo de descarte de reagentes com potencial poluidor ao meio ambiente
Pigmentos inorgânicos (Lab. Quím. orgânica)	Geração de resíduos líquidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manuseio de reagentes com potencial poluidor (Cobalto, Zinco, Chumbo)	Descarte em bombonas, porém, sem local adequado de armazenamento	9	1	4	36	Criar protocolo de descarte de reagentes com potencial poluidor ao meio ambiente
Titulação de ácido forte e fraco com base forte (Lab. Físico-quím. e Quím. Analítica)	Geração de resíduos perigosos	Risco de acidentes aos servidores e alunos	Manuseio e preparação de soluções perigosas	Uso de EPIs adequados e descarte em bombonas	8	9	5	360	Disponibilizar aos usuários EPIs adequados para cada tipo de atividade, conforme risco de reagentes envolvidos. Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.

Determinação do teor de álcool na gasolina (Lab. Físico - quím. e Quím. Analítica)	Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis	Risco de incêndio	Manuseio de produtos tóxicos e inflamáveis como álcool e gasolina	Inexistente	8	9	6	432	Providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório
		Risco de danos à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Inalação de vapores nocivos à saúde como gasolina	Uso de Máscaras, porém inadequadas para vapores inflamáveis	1	8	7	56	Providenciar EPIs (máscaras com filtro e luvas) adequados para os usuários
Caracterização de grupo funcionais, finais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina (Lab. Físico - quím. e Quím. Analítica)	Geração de resíduos líquidos	Risco de danos à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Manipulação de reagentes contaminantes (Clorofórmio, acetona etc.)	Uso de EPIs, porém inadequadas para vapores	1	6	7	42	Providenciar EPIs (máscaras e luvas) adequados para os usuários
		Risco de contaminação aos recursos naturais	Ausência de descarte correto dos resíduos	Descarte dos resíduos em bombonas armazenadas no laboratório	9	9	9	729	Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.
Oxidação de aldeídos (Lab. Físico - quím. e Quím. Analítica)	Geração de resíduos líquidos	Risco de acidente	Manipulação dos reagentes	Neutralização antes do descarte	5	7	4	140	Criar protocolo de controle de descarte de resíduos

Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos (Lab. Físico - Quím. e Quím. Analítica)	Manuseio de vidrarias	Risco de acidente	Quebra de vidrarias	Descarte em caixa de descartpack	8	6	3	144	Providenciar junto ao instituto a destinação correta das vidrarias quebradas
Gerenciamento de resíduos das aulas práticas	Geração de resíduos	Risco potencial a saúde dos usuários e contaminação do meio ambiente	Armazenamento dos resíduos químicos em local inadequado	Armazenamento de soluções em bombonas e frascos de vidros dos produtos químicos no laboratório	8	9	7	504	Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.
			Ausência de descarte correto	Descarte somente de resíduos comuns sem contaminantes	9	1	7	63	Providenciar junto ao instituto a destinação adequada para os reagentes contaminantes dos resíduos.
			Ausência do correto gerenciamento	Realizado somente a segregação	8	1	7	56	Criar uma política e controle de descarte de reagentes com local de armazenamento adequado e descarte final pela UFAM

## Anexo 6. Relatório dos resultados obtidos nos laboratórios estudados

### RELATÓRIO

**Título:** Aplicação de metodologias de gestão na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais dos laboratórios de Química do ISB/Coari: Estudo de caso

**Discente:** Elinilcia Ribeiro de Almeida

**Orientador:** Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira

**Local de Estudo:** Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari

Após autorização do Comitê Local de Biossegurança do ISB - CLBio foi realizado no dia 09/08/2021 a primeira visita técnica aos laboratórios de Química do Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari juntamente com o Técnico do laboratório Edivã Bernardo da Silva. A visita teve como propósito o conhecimento dos laboratórios de Química, sua estruturação e organização visando atender os objetivos propostos por esse trabalho que são:

- Objetivo Geral: Identificar os aspectos e impactos ambientais gerados pelas atividades dos laboratórios de química do ISB/Coari à luz de metodologias de gestão.

E os objetivos Específicos:

- Descrever os laboratórios de Química do ISB/UFAM/Coari;
- Descrever as atividades de ensino e pesquisa realizadas nesses laboratórios;
- Levantar os aspectos e impactos presentes nesses laboratórios;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais presentes com o uso da FMEA e P+L;
- Propor metodologia para a implementação do Sistema de Gestão de Resíduos.

O trabalho se restringiu até as ações recomendadas pois não foi possível devido a paralização das atividades a **reaplicação do formulário** para analisar as melhorias ocorridas por meio da adoção das ações propostas, assim foi confeccionado este relatório com os resultados encontrados com a aplicação do formulário da FMEA e as ações recomendadas visando propor essa metodologia na adoção de melhorias necessárias aos locais observados e analisados para servir de orientação à direção do instituto sobre a real situação dos laboratórios e assim tomar as atitudes necessárias juntamente com a equipe de biossegurança do mesmo.

Os dados coletados foram obtidos por meio direto com visitas no local, roda de conversa, formulário, registro fotográfico e pesquisa documental fornecida pela instituição.

Na primeira visita foi possível descrever os laboratórios de Química do ISB/Coari (1º objetivo específico).

Na segunda visita no dia 10/08/2021 realizou-se o levantamento dos processos (aulas práticas) dos laboratórios de química (segundo objetivo proposto), registrados pelo técnico em um livro de controle das atividades desenvolvidas nos laboratórios. O fato das atividades em geral no instituto estarem paradas, não possibilitou o registro presencial da realização de nenhuma aula prática. Esse registro em um livro de controle possibilitou conhecer e caracterizar com a ajuda do técnico que conhece e prepara as práticas de aula do curso de química, os aspectos ambientais relacionados aos laboratórios analisados;

No terceiro momento, para dar entrada na aplicação do formulário foi demonstrado ao voluntário a estruturação do formulário adaptado de Campani et al., (2006) ao escopo do estudo (Quadro 3).

Quadro 3. Modelo adaptado da ferramenta FMEA por Campani et al., (2006)

Asp. Ambiental	Imp. ambiental	G	Causa potencial	O	Forma atual de controle	D	Ação recomendada	Facilidade de Implementação da ação (F)	I R A
----------------	----------------	---	-----------------	---	-------------------------	---	------------------	---	-------------

Fonte: Adaptado de Campani et al., (2006)

Partindo do conhecimento dos elementos que constitui a ferramenta FMEA e buscando adequar o formulário ao estudo proposto, o modelo usado neste estudo segue a disposição mostrada no quadro 4 abaixo, com dez itens a serem supridos neste estudo.

Quadro 4. Modelo de FMEA adaptado para o estudo

1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Processo	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Causa Potencial	Controle Atual	G	O	D	I R A	Ação recomendada

Fonte: Adaptado de Campani et al., (2006)

Com a explicação de cada item do formulário os dados coletados foram inserido no mesmo e após esse processo realizamos por parte cada etapa do formulário que consiste no levantamento dos processos (atividades) estudadas, aspectos ambiental, impacto ambiental, causa potencial, controle atual, atribuição dos valores de G, O e D com base nas tabelas 3,4 e 5, e com a multiplicação destes valores obtivemos o IRA que avalia os riscos ambientais que devem ser priorizados (I, II, III e IV adotado pra esse trabalho) tomando como base o valor 365 dos IRA'S

relacionados a com ou sem controle atual e finalmente a proposição de ações de melhoria de prevenção ou correção visando a eliminação ou mitigação dos danos causados ao meio ambiente e as pessoas envolvidas.

Na primeira coluna está o processo onde será descrito a atividade prática estudada e o laboratório correspondente. Na segunda coluna refere-se ao aspecto ambiental que é o que se propõe detectar não somente referente as atividades e gerenciamento de resíduos mais também em relação a estruturação e organização laboratorial. Na terceira coluna refere-se ao impacto que pode ser causado devido o aspecto detectado. O aspecto refere-se a causa que levou ao impacto que se apresenta como a consequência. Na quarta coluna esta as causas potenciais decorrentes de cada aspecto e suas particularidades. Na quinta coluna será descrito se o aspecto encontrado tem algum controle atual. A gravidade está relacionada a complexidade do dano que o impacto pode atingir, seguida da ocorrência na sétima coluna que está ligado a causa potencial, onde se tem uma estimativa de quantas vezes a causa potencial pode ocorrer no decorrer das atividades. Na oitava coluna está a detecção referente ao tempo que se leva para perceber dentro do atual controle a falha do sistema, seguida na nona coluna está Índice de Risco Ambiental (IRA) que o resultado da multiplicação do critério de gravidade, ocorrência e detecção, revelando assim quais aspectos devem ser dados prioridades (nível I, II, III e IV) para resolução e por fim na décima coluna estão as ações propostas viáveis para melhoria do processo.

Com a reestruturação da ferramenta FMEA, as tabelas de avaliação dos índices de Gravidade (G), ocorrência (O) e Detecção foram readequados para o escopo do estudo, visando facilitar a compreensão na hora da coleta e na análise dos dados como mostra a tabela 7.

Tabela 7. Escala de gravidade

Índice de gravidade	Classificação da gravidade
10	<b>Muito Alta:</b> Efeitos que podem oferecer risco ao meio ambiente com repercussão à saúde das pessoas na organização e nos arredores.
9	Alto prejuízo à saúde das pessoas diretamente envolvidas com a tarefa, com moderado impacto ao ambiente
8	Prejuízo significativo à saúde das pessoas diretamente envolvidas com a tarefa, com baixo impacto ao ambiente
7	Prejuízo moderado ao meio ambiente com repercussão a saúde das pessoas diretamente envolvidas com as tarefas laboratoriais
6	Não conformidade com os requisitos legais e outros requisitos. Potencial de prejuízo moderado ao meio ambiente
5	Não conformidade com os requisitos legais e outros requisitos. Potencial de prejuízo baixo ao meio ambiente.
4	Não conformidade com a política ambiental da organização

3	<b>Baixa:</b> pode ocasionar impactos a saúde e ao meio ambiente a longo prazo
2	<b>Muito baixa:</b> Efeitos que não causam risco à saúde e ao meio ambiente.
1	<b>Mínima:</b> dificilmente será visível

Fonte: Fonte: Adaptado com base em Vandenbrande (1998) e Campani et al., (2006)

A **Gravidade (G)** está relacionado ao impacto ambiental, ou seja, o modo como ele pode afetar o meio ambiente e a saúde das pessoas. A gravidade é classificada em um índice de 1 a 10 que vai de “dificilmente será visível” a “impacto muito alto que oferece risco ao meio ambiente e as pessoas na organização e nos arredores”.

A **Ocorrência (O)** refere-se à frequência ou estimativa de ocorrência da causa potencial dentro de um período. O período estipulado foi de 1 mês.

A análise da ocorrência também é feita numa escala qualitativa de 1 a 10. Quanto mais o valor da ocorrência se aproxima do índice 10 mais aumenta a probabilidade de ocorrer a causa potencial. A tabela 8 apresenta o critério de avaliação da ocorrência.

Tabela 8. Escala de ocorrência

Índice de ocorrência	Escala de Ocorrência
1	É altamente improvável que ocorra
2	Improvável: não foi observado ocorrência em período maior que o de referência
3	Remota: ocorreu uma vez no período, mas é improvável uma nova ocorrência
4	Muito baixo: ocorreu uma vez no período e pode ocorrer novamente
5	Baixo: ocorreu duas vezes no período de observação
6	Moderado: ocorreu mais de duas vezes no período e pode ocorrer novamente
7	Alto: ocorreu mais de três vezes no período e pode ocorrer novamente
8	Alto: ocorre mais de quatro vezes no período
9	Muito alta: a condição ocorre com regularidade e/ou durante um período
10	Muito alta: Constante, contínuo

Fonte: Adaptado com base em Vandenbrande (1998) e Campani et al., (2006)

A escala de **Detecção (D)** que pode ser vista na tabela 9 está relacionada na possibilidade de detecta a sua respectiva causa potencial. Segue a uma escala de 1 a 10. O índice 1 representa “Detecção rápida e solução rápida” a 10 “Sem detecção e/ou sem solução”.

Tabela 9. Escala de detecção das causas



Índice de detecção	Escala de detecção
1	Detecção rápida e solução rápida
2	Detecção rápida e solução a médio prazo
3	Detecção a médio prazo e solução rápida
4	Detecção rápida e solução a longo prazo
5	Detecção a médio prazo e solução a médio prazo
6	Detecção a longo e solução rápida
7	Detecção a médio prazo e solução a longo prazo
8	Detecção a longo prazo e solução a médio prazo
9	Detecção a longo prazo e solução a longo prazo
10	Sem detecção e/ou sem solução

Fonte: Adaptado com base em Vandenbrande (1998) e Campani et al., (2006)

E o **Índice de Risco Ambiental (IRA)** obtido pela multiplicação do índice de gravidade (G), de ocorrência (O) e detecção (D) demonstrado na equação 2 abaixo.

$$IRA = N^{\circ} G \times O \times D$$

Este resultado possibilita identificar quais riscos devem ser tratados com prioridade. Esse nível de prioridade classificado de I a IV está condicionado ao fato de possuir ou não uma forma atual de controle para o tratamento do aspecto e impacto ambiental. Utilizando-se um corte arbitrário para determinar as prioridades, este foi determinado com base no maior valor encontrado no estudo, sendo assim foi configurado como base um IRA igual ou superior a 365, o que corresponde ao valor da metade do maior IRA alcançado no escopo em estudo, sendo assim 50% estão para as prioridades I e II e 50% para as prioridades III e IV, relacionado ao fator de controle existente ou não. Este critério facilitou a tabulação e classificação dos dados dentro de suas prioridades, baseado no trabalho de Mendonça e Silva (2015) sobre “Aspectos e impactos ambientais de um Laboratório de Biologia que tirou a média de cada aspecto classificando apenas em prioridade I são os 50% dos aspectos ambientais com os maiores resultados. Esses são considerados os aspectos ambientais significativos. E o de prioridade II são os demais aspectos ambientais, ou seja, aqueles que não se enquadram nos critérios da prioridade I. Esses serão considerados aspectos ambientais não significativos. Porém, neste trabalho a média foi com relação ao maior valor de aspecto ambiental e a classificação dos 50% enquadra todos os aspectos dentro de suas respectivas prioridades de I a IV baseada também ao fator de ter controle atual ou não. A tabela 10 “Determinação de prioridade do IRA” esclarece a classificação realizada

Tabela 10. Determinação da prioridade do IRA

Prioridades	Controle	IRA
I	Sem controle atual	IRA $\geq$ 365
II	Com controle atual	IRA $\geq$ 365
III	Sem controle atual	IRA $<$ 365
IV	Com controle atual	IRA $<$ 365

Fonte: Adaptado com base em Amorim (2017)

Os dados coletados foram obtidos por meio direto com visitas no local, roda de conversa, formulário, registro fotográfico e pesquisa documental fornecida pela instituição. Após esse processo os dados foram tratados e aplicado às ferramentas de gestão que facilitou nas tomadas de decisões orientando os pontos a serem trabalhados de maneira direcionada. A FMEA atua na identificação das possíveis falhas e erros ocorridos no processo possibilitando a identificação das prioridades para adoção de ações preventivas ou corretivas, visando a melhoria do sistema de gestão de resíduos e integrada a P+L possibilita substituir métodos de maior potencial de risco por outros de baixa potencialidade, reciclagem e reutilização dos produtos gerados atuando no melhor aproveitamento desses resíduos, atendendo a uma produção de forma sustentável, ecologicamente correta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão aqui enfatizados somente os resultados obtidos com a aplicação do formulário da FMEA, pois a estruturação dos laboratórios a Instituição já tem conhecimento.

As atividades práticas dos laboratórios foram listadas no quadro 5, visando sua identificação para serem usadas no levantamento dos aspectos e impactos ambientais que foi a próxima etapa de coleta com a aplicação do formulário do FMEA.

Quadro 5. Lista das atividades práticas dos laboratórios de Química

Laboratório de Química Geral		
Nº de Atividades	Aulas práticas	Curso (s)
01	Preparo de soluções	Biologia/Química
02	Processo de separação de misturas	Biologia/Química e Nutrição
03	Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L	Biologia/Química
04	Indicadores de pH	Biologia/Química
05	Manuseio de vidrarias, medidas, volume e pesagem	Biologia/Química, Biotecnologia e Nutrição

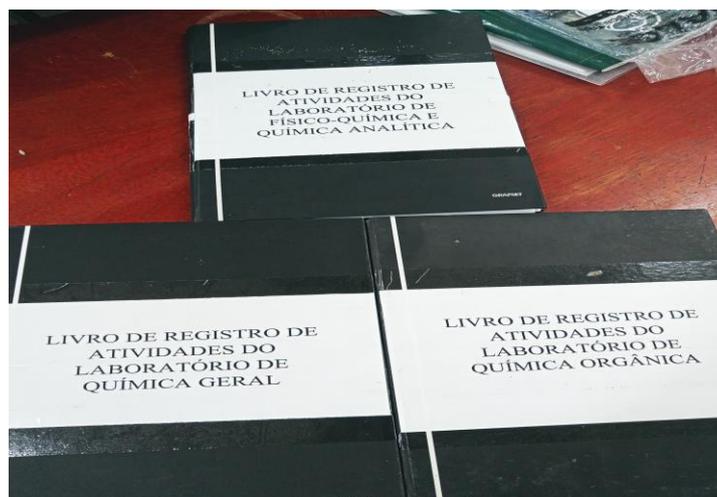
06	Reações químicas	Biologia/Química
07	Extração de extrato natural	Biotecnologia
08	Propriedades das substâncias de solubilidade	Biologia/Química
09	Cristalização de compostos	Biologia/Química
10	Série eletroquímica e síntese do hidrogênio	Biologia/Química
11	Ácido-base	Biologia/Química, Biotecnologia e Nutrição
12	Prática dos elementos oxigênio e enxofre	Biologia/Química
13	Extração da cafeína do guaraná em pó	Biotecnologia
14	Prática de recolhimento do gás em água	Biologia/Química
15	Sabonificação	Biologia/Química e Biotecnologia
16	Prática de rendimento da cafeína	Biotecnologia
17	Deslocamento do gás O <sub>2</sub>	Biologia/Química
18	Síntese de um sal hidratado	Biologia/Química
19	Teste de chama com sais metálicos	Nutrição
20	Separação de corantes presentes em doces comerciais	Biotecnologia
21	Procura de Vit. C	Biotecnologia
22	Termodinâmica e termoquímica	Biologia/Química/Matemática/física e Biotecnologia
23	Preparando um indicador ácido-base natural do açaí	Biotecnologia
24	Concentração de soluções	Biotecnologia
25	Volumetria e precipitação	Biologia/Química
26	Introdução ao laboratório de química e técnica de transferência de sólidos e líquidos	Biologia/Química
27	Transformações químicas	Biologia/Química
28	Reações de caracterização, teste de confirmação de cátions e ânions	Biologia/Química
29	Leis dos gases	Biologia/Química
30	Reatividade dos metais	Biologia/Química
31	Técnicas de aquecimento em laboratório: Bico de bursen	Biologia/Química
32	Compostos iônicos e moleculares	Biologia/Química
33	Evidenciando o efeito do número de ligantes sobre a cor dos compostos de coordenação	Biologia/Química
34	Reações redox-bafômetro	Biologia/Química
35	Extração de DNA	Biotecnologia
36	Secagem de materiais e secagem de vidrarias	Biologia/Química / Biotecnologia
37	Eletroquímica: pilhas galvânicas	Biologia/Química
<b>Laboratório de Química Orgânica</b>		
<b>Aulas práticas</b>		<b>Curso (s)</b>
38	Purificação de um composto orgânico sólido	Biologia/Química e Biotecnologia
39	Atividade de Bioensaio	Biotecnologia
40	Propriedades físicas dos compostos orgânicos	Biologia/Química
41	Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	Biologia/Química
42	Extração e preparação de placas cromatográficas	Biologia/Química

43	Cromatografia	Biologia/Química e Biotecnologia
44	Solubilidade dos compostos orgânicos	Biologia/Química
45	Calibração de termômetro	Biologia/Química
46	Síntese dos elementos do grupo 14	Biologia/Química
47	Estudos dos metais alcalinos e terrosos	Biologia/Química
48	Pigmentos inorgânicos	Biologia/Química
<b>Laboratório de Físico-química e Química Analítica</b>		
<b>Aulas práticas</b>		<b>Curso (s)</b>
49	Medidas e precisão	Biologia/Química
50	Propriedades das soluções	Biotecnologia
51	Lei dos gases ideais	Biotecnologia
52	Espectrofotometria	Biotecnologia
53	Maceração de KBr para leitura em infravermelho	Biotecnologia
54	Caracterização de sistemas tampões	Biologia/Química
55	Titulação de ácido forte e fraco com base forte	Biologia/Química
56	Determinação de ácido acético em vinagre	Biologia/Química
57	Equilíbrio químico	Biologia/Química e Biotecnologia
58	Cinética química	Biotecnologia
59	Determinação do equivalente em água de um calorímetro	Biologia/Química
60	Determinação do teor de álcool na gasolina	Biotecnologia
61	Entalpia de soluções e neutralização	Biologia/Química
62	Tonoscopia, ebulioscopia, crioscopia e pressão osmótica	Biologia/Química
63	Eletrólise	Biologia/Química
64	Caracterização de grupo funcionais: aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	Biologia/Química
65	Oxidação de aldeídos	Biologia/Química
66	Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos	Biologia/Química

Fonte: Autora, (2021)

Esta listagem só foi possível mesmo com os laboratórios parados, por que o técnico tem o controle das atividades ali realizadas pelo registro em livros de uso dos laboratórios com o nome das atividades, professor, curso, dia do experimento e técnico responsável. A figura 5 retrata esse registro. Além deste controle as atividades são solicitadas e marcadas por meio de formulário (Anexo 4) onde deve ser preenchido e entregue ao técnico 48 horas antes da prática para que o mesmo possa agendar e preparar os materiais solicitados de acordo com a prática que será desenvolvida. Ainda não há informatização desse processo.

Figura 5. Livros de controle das atividades práticas



Fonte: Autora (2021)

Foram listadas trinta e seis (37) atividades no laboratório de Química Geral, doze (11) no laboratório de Química Orgânica e dezoito (18) atividades no laboratório de Físico-química e química Analítica, além da análise de um (01) processo extra relacionado ao armazenamento dos resíduos produzidos por essas atividades dando um total de sessenta e seis (67) atividades.

Os laboratórios de química contam com dois (02) técnicos para preparação e acompanhamento das aulas práticas com carga horária de oito (08) horas diárias e cinco (05) dias semanais e uma capacidade média de aluno por aula prática de 15 a 20 alunos com tempo médio de duração de duas (02) horas cada aula.

### 5.3 Seleção e análise dos aspectos e impactos ambientais

Atendendo ao terceiro e quarto objetivo que consistiu no levantamento e análise das atividades, está se deu com as atividades listadas e a seleção das mesmas seguiu o critério das atividades mais comuns aos três cursos que mais usam o laboratório: Biologia/Química, Biotecnologia e nutrição, além das consideradas pelo técnico de maior facilidade de percepção dos aspectos e impactos ambientais. As demais atividades após análise percebemos apresentar aspectos e impactos comuns as demais selecionadas. Assim foram selecionadas nove (09) atividades do laboratório de química geral, seis (06) do laboratório de química orgânica e cinco (05) do laboratório de físico-química e química analítica num total de vinte (20) atividades relacionadas a aulas práticas e um (01) processo relacionado ao gerenciamento de resíduos provenientes dessas aulas, totalizando

vinte e um (21) processos analisados o que representa 31,34% do todo. No quadro 6 estão listados os processos selecionados.

Quadro 6. Processos (aulas práticas) e seus respectivos laboratórios

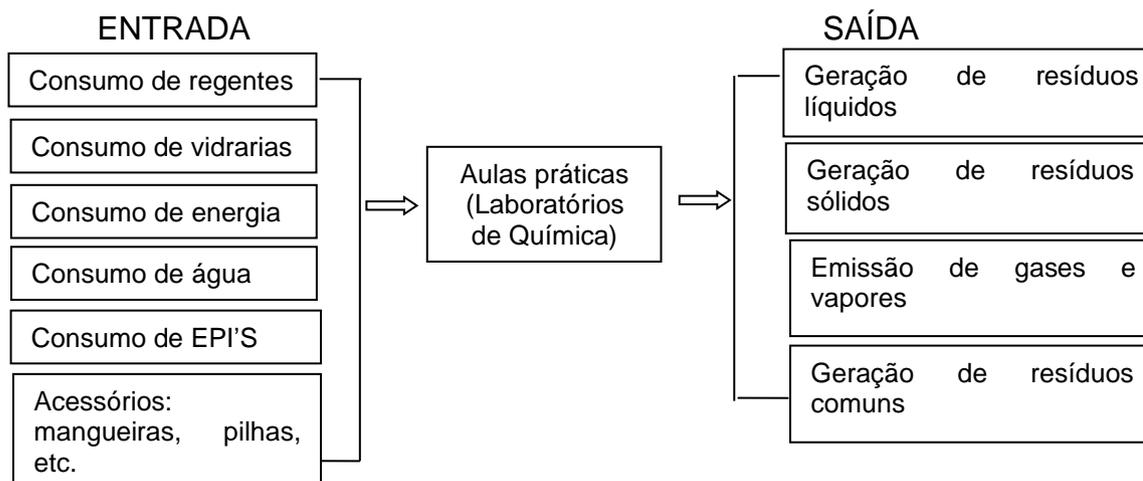
<b>Processos</b>	<b>Laboratórios</b>
Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L	<b>Química Geral (09 Processos)</b>
Reações químicas	
Cristalização de compostos	
Ácido-base	
Prática dos elementos oxigênio e enxofre	
Sabonificação	
Teste de chama com sais metálicos	
Concentração de soluções	
Reatividade dos metais	
Purificação de um composto orgânico	<b>Química orgânica (06 Processos)</b>
Atividade de Bioensaio	
Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	
Solubilidade dos compostos orgânicos	
Estudos dos metais alcalinos e terrosos	
Pigmentos inorgânicos	<b>Físico-Química e Química Analítica (05 Processos)</b>
Titulação de ácido forte e fraco com base forte	
Determinação do teor de álcool na gasolina	
Caracterização de grupos funcionais aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	
Oxidação de aldeídos	
Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos	<b>Laboratórios de química (01 Processos)</b>
Gerenciamento dos resíduos das aulas práticas	

Fonte: Autora (2021)

Após a etapa de escolha das atividades estas foram analisadas de acordo com o procedimento adotado para executá-la na prática, onde o técnico descrevia a aula prática e isso possibilitou a confecção de um fluxograma de modo geral com a

listagem de entrada (input) e saídas (output) das atividades práticas do laboratório, representado na figura 6.

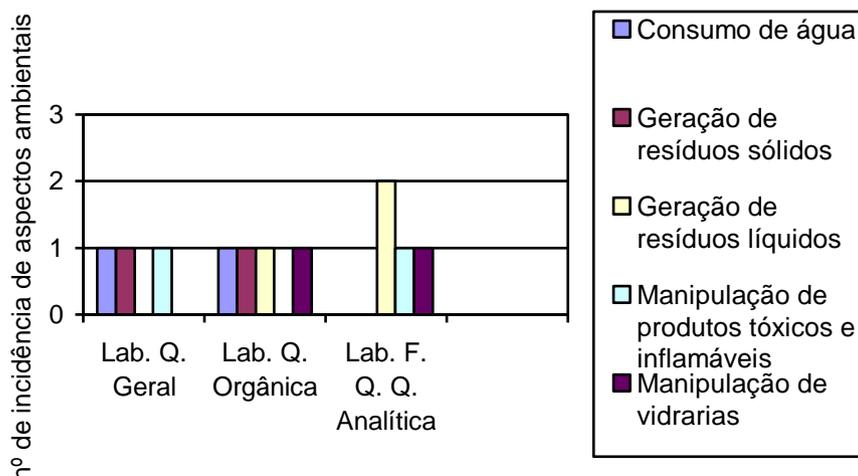
Figura 6. Fluxograma de entradas (input) e saídas (output) de um modo geral dos laboratórios de Química do ISB/Coari.



Fonte Autoria própria (2021)

Esses processos analisados resultaram em aspectos e impactos ambientais recorrentes, porém com características distintas e diferentes valores no IRA provenientes dos valores atribuídos nos índices de criticidade (G, O e D), em razão das particularidades observadas nos processos. Esta incidência está representada no Gráfico 1. “Incidência dos Aspectos Ambientais por laboratório” e gráfico 2. “Incidência dos Impactos Ambientais por laboratório”. No gráfico 1 dos aspectos, foi distribuído apenas os aspectos mais recorrentes em cada laboratório, assim os laboratórios de Físico-Química e Química Analítica e o de Química orgânica apresentaram o mesmo número de aspectos recorrentes, quatro (04) no total. Sendo que o laboratório de Físico-Química e Química Analítica apresentou dois (02) para geração de resíduos líquidos, um (01) para manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis e um (01) para manuseio de vidrarias e o laboratório de Química Orgânica apresentou um (01) para geração de resíduos líquidos, geração de resíduos sólidos, consumo de água e manuseio de vidrarias e o laboratório de Química Geral apresentou três (03) aspectos sendo a mesma quantificação de um (01) aspecto para consumo de água, geração de resíduos sólidos e manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis. O **aspecto de maior incidência** no laboratório está a **geração de resíduos líquidos**, apresentando três (03) recorrências, sendo duas (02) no Laboratórios de Físico-química e Química Analítica e uma (01) no laboratório de Química Orgânica.

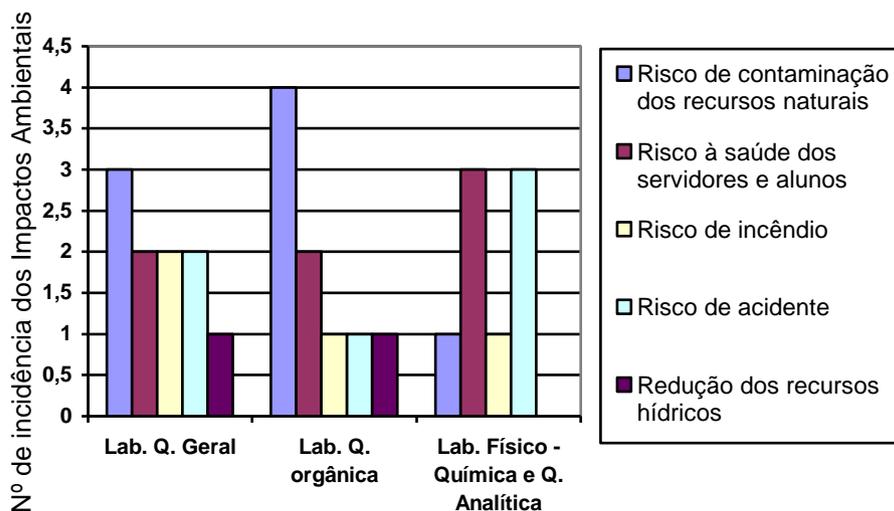
Gráfico 1. Incidência dos Aspectos Ambientais por laboratório



Fonte: Autora, 2021

O gráfico 2 apresenta a distribuição apenas dos impactos ambientais mais incidentes em cada laboratório. Assim, quanto ao impacto, o laboratório de Química Geral apresentou o maior número de impactos recorrentes. Sendo três (03) deles voltados para risco de contaminação dos recursos naturais, dois (02) para risco à saúde dos servidores e alunos, dois (02) para risco de incêndios e risco de acidente e um (01) para redução dos recursos hídricos num total de dez (10) impactos. Em seguida está o laboratório de Química Orgânica com nove (09) impactos, sendo quatro (04) voltados para risco de contaminação dos recursos naturais, dois (02) para risco à saúde dos servidores e alunos, e um (01) para risco de incêndios, risco de acidente e redução dos recursos hídricos. O laboratório de Físico-Química apresentou oito (08) impactos incidentes, sendo um (01) para risco de contaminação dos recursos naturais, três (03) para risco à saúde dos servidores e alunos, um (01) para risco de incêndios e três (03) para risco de acidentes. E o **impacto de maior incidência** é o **Risco de contaminação dos recursos naturais**, incidindo oito (08) vezes, sendo quatro (04) no laboratório de Química orgânica, três (03) no laboratório de Química Geral e uma (01) no laboratório de Físico-química e Química Analítica.

Gráfico 2. Incidência dos Impactos Ambientais por laboratório



Fonte: Autora, 2021

Em relação aos valores de IRA encontrados nesta pesquisa, estes variam de 30 a 729. O IRA de menor valor corresponde ao aspecto e impacto ambiental: consumo de energia e redução dos recursos naturais, respectivamente, relacionado ao processo de determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos, detectado no laboratório de química orgânica. O IRA de maior valor corresponde ao aspecto e impacto ambiental: geração de resíduos líquidos e risco de contaminação dos recursos naturais, concernente ao processo de caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina, identificado no laboratório de Físico-química e Química Analítica. O quadro 7. "IRA por laboratório estudado" é possível destacar o IRA de maior e de menor valor por laboratório de química analisado relacionados aos aspectos e impactos ambientais.

Quadro 7. IRA por laboratório estudado

IRA		Laboratório	Aspecto e Impacto ambiental
Menor	35	Química Geral	Uso de destilador / Consumo de energia
Maior	567		Uso de chamas / Risco de acidente e risco de incêndio Produção de sais por meio de reações químicas / Geração de resíduos
Menor	30	Química Orgânica	Consumo de energia / Redução dos recursos naturais
Maior	378		Consumo de energia / Risco de acidentes Produção de vapores / Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores
Menor	42	Físico-química e Química Analítica	Geração de resíduos líquidos / Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores
Maior	729		Geração de resíduos líquidos / Risco de contaminação dos recursos naturais

Fonte: Autora, 2021

A partir das informações apresentadas no quadro 7 “IRA por laboratório estudado”, temos os aspectos e assim foi detectado que no laboratório de química geral o menor valor do IRA foi de 35 e o maior de 567. No laboratório de Química orgânica o menor valor foi de 30 e o maior de 378. E com relação ao laboratório de físico-química e química analítica o menor resultado foi de 42 e o maior de **729**, sendo o maior valor de IRA registrado nessa pesquisa. O marco referencial adotado nesta pesquisa foi **365** pontos para o corte de prioridade com base na metade do valor do maior IRA encontrado que foi de **729**. O processo que alcançou esta pontuação foi classificado dentro do nível de prioridade de I e II, baseado também na existência de controle ou não dos processos.

O quadro 8 demonstra os IRA's de prioridades com seus níveis de acordo com a tabela do IRA proposta neste trabalho, atividades e respectivos laboratórios enfatizando apenas o nível I e II.

Quadro 8. IRA's e suas prioridades

IRA	Nível de prioridade	Processo	Laboratório
432	II	Reações químicas	<b>Química Geral</b>
567	II	Cristalização de compostos	
504	II	Práticas dos elementos oxigênio e enxofre	
567	II	Teste de chamas com sais metálicos	
378	II	Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	<b>Química Orgânica</b>
378	I		
384	II	Estudo dos metais alcalinos e alcalinos terrosos	
432	I	Determinação do teor de álcool e gasolina	<b>Físico-química e Química Analítica</b>
<b>729</b>	II	Caracterização dos grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	

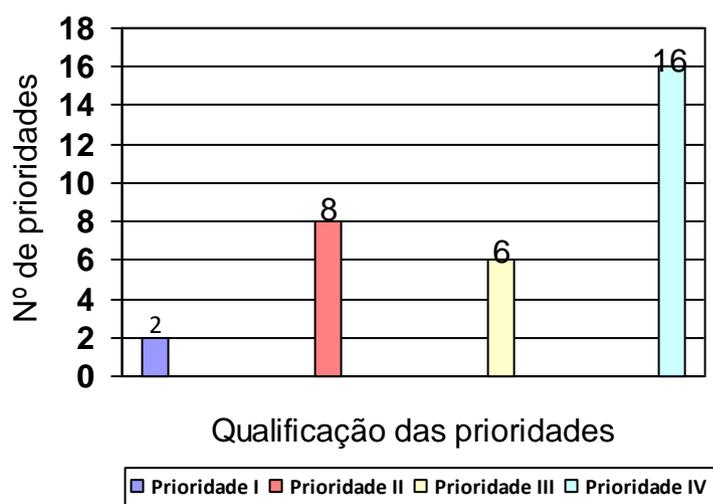
Fonte: Autora, 2021

No laboratório de química geral dos nove (09) processos quatro (04) apresentaram IRA's de prioridades II. No laboratório de química orgânica dos seis (06) processos três (03) apresentaram IRA's sendo dois (02) nível II e um (01) nível I e o de Físico-química e Química Analítica dos cinco (05) processos foram gerados dois (02) IRA's de prioridades, sendo um (01) nível I e um (01) prioridade II.

A análise apresentada anteriormente dos IRA's por laboratório estudado, destacou os de prioridade I e II, chamando a atenção para os pontos mais críticos, visando orientação para resolutividade dos aspectos e impactos ambientais de maior destaque relacionados aos processos desenvolvidos nesses laboratórios. No

entanto, no gráfico 3. “Qualificação de Prioridades” é apresentado uma distribuição das prioridades considerando a totalidade do escopo.

Gráfico 3. Qualificação das prioridades



Fonte: Autora, 2021

Os resultados mostram que todos os processos apresentam seu nível de prioridades, pois se foram detectados como problemas devem ser resolvidos, porém analisado como orientação em prioridades pela tabela do IRA, temos dois (02) prioridade I, que são os que apresentaram IRA igual ou maior que 365 sem controle atual dos aspectos e impactos ambientais, oito (08) com prioridade nível II, onde estão os que apresentaram IRA igual ou maior que 365, porém, com algum controle atual. Seguido de seis (06) prioridades III que são os que se classificam com IRA menor que 365 sem controle atual e finalmente dezesseis (16) de prioridade IV com IRA menor que 365 com controle atual.

Vale ressaltar que todos os níveis de prioridades devem ser tratados, pois se foram detectados demonstram problemas que devem ser solucionados a médio, curto ou longo prazo.

Os processos e suas prioridades foram descritos na tabela completa do FMEA (Anexo 5) e nas tabelas desmembradas por laboratório que foram analisados e discutidos posteriormente.

A seguir, foram analisado cada segmento do escopo com base na ferramenta FMEA adaptada e considerando o corte de prioridade apresentado. Neles estarão presentes os aspectos e impactos ambientais que obtiveram um resultado de IRA classificado com prioridade I e II de acordo com a classificação adotada no quadro 8. “IRA’s e suas prioridades”. A tabela foi desmembrada por laboratório para facilitar a

análise, discussão e compreensão dos dados e resultados obtidos. Foi priorizado o nível I e II chamando a atenção para os pontos mais críticos identificados em cada laboratório.

Os resultados do laboratório de Química geral com a aplicação do formulário estão expostos no quadro 9.

Quadro 9. Resultados do Laboratório de Química geral obtidos com aplicação do formulário da FMEA

Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	I R A	Ação Recomendada
Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L	Produção de soluções ácidas	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de solução ácidas	Neutralização antes do descarte	3	9	4	108	Controle do volume de descarte
Reações químicas	Geração de vapores químicos	Contaminação do ar	Falha na circulação de ar ambiente	Instalação de circuladores de ar	4	9	7	252	Instalação de exaustores e circuladores de ar
		Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores tóxicos	Manipulação de reagentes perigosos	Uso de EPIs adequado	8	6	9	432	Manter o uso dos EPIs adequados
Cristalização de compostos	Produção de sais por meio de reações químicas	Geração de resíduos	Pela geração de sais (sulfatos: sódio, potássio etc.)	Armazenamento em frascos âmbar dentro do laboratório	7	9	9	567	Definir um local para depósito seguro de resíduos
		Risco de contaminação aos recursos naturais	Pelo descarte diretamente no lixo comum ou na pia	Diluição dos sais formados	9	1	7	63	Definir política de recolhimento de destino final que não seja o lixo comum
Ácido – base	Uso de destilador	Consumo de energia	Alto consumo energético do equipamento	Inexistente	5	1	7	35	Aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água
		Desperdício de água	Baixa eficiência na produção de água destilada	Inexistente	6	1	7	42	

Prática dos elementos oxigênio e enxofre	Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis	Risco à saúde dos servidores e alunos Risco de incêndio	Ausência de equipamentos para manipulação de produtos perigosos como enxofre	Uso de EPIs, porém inadequados (Máscara s/filtro)	9	8	7	504	Uso de EPIs adequados para todos os usuários
Sabonificação	Manipulação de reagentes tóxicos	Risco de acidentes	Uso de NaOH	Uso adequado de EPIs	8	1	5	40	Uso de EPIs adequados (luvas, óculos, aventais etc.) para todos os usuários
Teste de chama com sais metálicos	Uso de chamas	Risco de incêndio	Manipulação de chamas com botijão de gás	Gás envasado em botijão, porém sem capela para manipulação	9	9	7	567	Colocar o botijão na área externa do laboratório em local seguro ou transformar esse fornecimento de gás de forma encanada
Concentração de soluções	Consumo de água	Redução de recursos hídricos	Uso em quantidade de água destilada	Inexistente	6	1	7	42	Aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água
			Lavagem de vidrarias		6	9	5	270	Instalar equipamentos de lavagem de vidrarias
Reatividade dos metais	Geração de resíduos sólidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de reagentes contaminantes (Zinco, ferro, Alumínio, etc).	Armazenamento em frascos âmbar dentro do laboratório	1	8	7	56	Definir um local para depósito seguro de resíduos e definição de cronograma de descarte final

Fonte: Autora (2021)

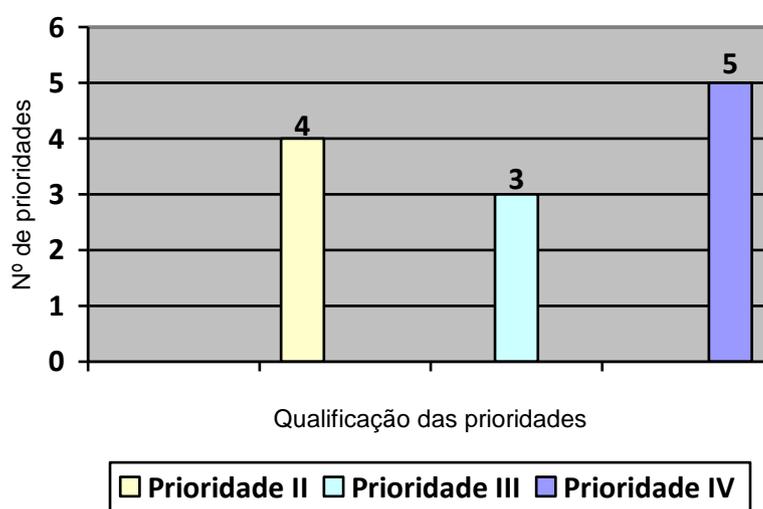
No Quadro 9. “Resultados do Laboratório de Química geral obtidos com aplicação do formulário da FMEA” é possível visualizar os 09 (nove) processos (aulas práticas) selecionados que geraram nove (09) aspectos e treze (13) impactos ambientais, gerando assim 13 prioridades. Não apresentou nenhum item com prioridade I, porém 04 (quatro) itens com IRA em potencial acima de 365 pontos, de **prioridade II**, IRA de **432** relacionado ao processo de “Reações químicas”, com aspecto de geração de vapores químicos e impacto de risco à saúde de servidores e

alunos pela inalação de vapores tóxicos. No processo “Cristalização de compostos” com aspecto ambiental produção de sais por meio de reações químicas e impacto geração de resíduos pela geração de sais, o IRA foi de **567**. Na atividade de “Prática dos elementos oxigênio e enxofre”, o aspecto de manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis gerou impactos de risco à saúde dos servidores e alunos e risco de incêndio pela ausência de equipamentos para manipulação de produtos perigosos como enxofre gerando um IRA de **504** e no processo “ Teste de chamas com sais metálicos”, o aspecto e impacto ambiental uso de chamas e risco de incêndio respectivamente associado a manipulação de chamas com botijão de gás gerou um IRA de **567**. As ações recomendadas forma indicadas pensando na realidade da instituição, recomendações de fácil de adesão, conclusão e baixo custo com resolução para curto e médio prazo. Porém vale ressaltar que a questão burocrática relacionada a órgãos federais torna tudo mais complicado. Além da prioridades II, o laboratório de química geral apresentou **quatro (04)** itens dentro da **prioridade III**, sendo duas (02) relacionado a atividade de Ácido-base devido ao uso do destilador gerando impactos no consumo de energia e desperdício de água com IRA' s 35 e 42 respectivamente e a solução indicada é a aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água para produção de água destilada e dois (02) relacionados ao processo de “Concentração de soluções”, com aspecto consumo de água e impacto redução dos recursos hídricos com IRA' s 42 e 270 respectivamente e as ações recomendadas são aquisição de equipamentos mais econômicos e eficientes com menos desperdício de água e instalação de equipamentos de lavagem de vidrarias.

Os cinco (05) últimos itens estão dentro da prioridade IV que estão abaixo da base de corte que é 365 pontos e apresentam algum controle atualmente. Um (01) está no processo de “Padronização de solução de HCl 0,5 mol/L com aspecto de produção de soluções ácidas e impacto risco de contaminação dos recursos naturais com IRA 108. Outro item nível IV está relacionado ao processo de “Reações químicas”, com a geração de vapores químicos levando ao impacto de contaminação do ar com IRA de 252. O terceiro item nível IV é o processo de “Cristalização de compostos”, pela produção de sais por meio de reações químicas gerando risco de contaminação dos recursos naturais pelo descarte diretamente na pia ou no lixo comum e o controle realizado é a diluição dos sais formados para posterior descarte já relatado com IRA 63. O quarto item nível IV com IRA 40 é processo de “Sabonificação”, no seu aspecto manipulação de reagentes tóxicos gera

o impacto de risco de acidentes pelo uso de NaOH, onde o controle está no uso de EPI's adequado para essa manipulação como luvas, óculos e aventais. E finalmente o quinto item de prioridade IV é o de "Reatividade dos metais", com aspecto de geração de resíduos e impacto risco de contaminação de recursos naturais pela manipulação de reagentes contaminantes (Zinco, Ferro, Alumínio) com IRA 56. No total foram treze (13) IRA's com diferentes prioridades sendo quatro (04) nível II, três (03) prioridades do nível III e cinco (05) prioridade IV, como mostra o gráfico 4 abaixo.

Gráfico 4. Prioridades de IRA's do Laboratório de Química Geral



Fonte: Autora, 2021

As ações para a prioridade IV vão desde definir uma política de recolhimento e destino final de resíduos, fornecimento e manutenção do uso EPI's adequados para cada atividade e a definição de um local para depósito seguro de resíduos com definição de cronograma de descarte final pela instituição.

Os problemas de destaque encontrados no laboratório de química geral relacionados a geração de vapores, manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis que podem levar a risco a saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores nocivos, além de risco de acidente e com a manipulação dessas substâncias geração de resíduos que devem ser prioridades com relação ao seu tratamento. Silva et al., (2017) enfatiza que o manuseamento de produtos químicos neste caso relacionado a execução de aulas práticas de química contribui de forma significativa para a contaminação dos ambientes em que aqueles produtos estão ou entrarão em contato, sejam do ar ou dos recursos naturais, se tornando prejudicial ao manipulador como ao meio ambiente.

Os resultados obtidos com o formulário do FMEA do laboratório de Química orgânica estão expostos no quadro 10.

Quadro 10. Resultados do Laboratório de Química orgânica

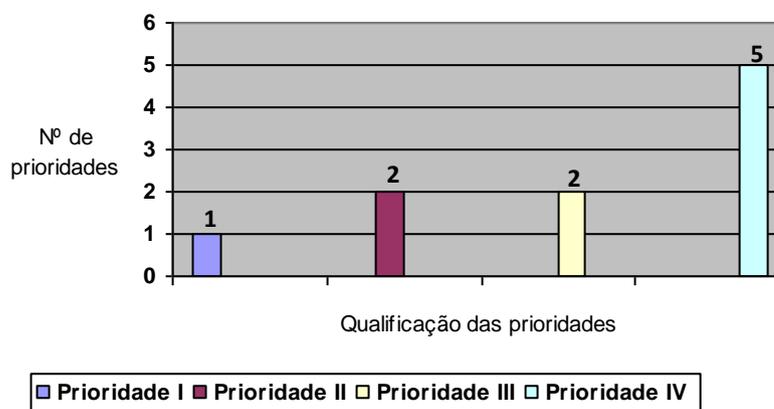
Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle Atual	G	O	D	I R A	Ação Recomendada
Purificação de um composto orgânico sólido	Geração de resíduos solventes	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manipulação de reagentes solventes (Hexano, etanol, metanol, acetato de etila etc.)	Armazenamento em bombonas dentro do laboratório	7	9	4	252	Definir um local para depósito seguro de resíduos e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.
		Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de solventes							
Atividade de Bioensaio	Manuseio de vidrarias	Risco de acidentes	Quebra de vidrarias	Orientação quanto ao manuseio e descarte em caixas de descartpack	6	6	4	144	Manter a orientação quanto ao manuseio correto e controlar o volume de vidrarias quebradas para reposição de estoque. Providenciar junto ao instituto a destinação correta das vidrarias quebradas
Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos	Consumo de energia	Redução de recursos naturais	Uso de chapas aquecedoras	Inexistente	5	1	6	30	Criar mecanismo de controle energético mais eficiente
		Risco de acidente		Uso de EPIs	6	9	7	378	Uso de EPIs adequados
		Risco de incêndio		Inexistente	9	1	8	72	Providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório
	Produção de vapores	Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Pela fusão de compostos orgânicos (hexano, acetato de etila e etc.).	Inexistente	9	6	7	378	Aquisição e instalação de capelas de exaustão para os laboratórios

Solubilidade e dos compostos orgânicos	Consumo de água	Redução de recursos hídricos	Grande uso de água destilada	Inexistente	2	9	9	162	Aquisição e substituição dos destiladores por equipamentos mais eficientes na produção de água destilada.
			Lavagem de vidrarias		5	1	7	35	Instalar equipamentos de lavagem de vidrarias
Estudos dos metais alcalinos e terrosos	Geração de resíduos sólidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manuseio de reagentes com potencial poluidor (Sódio, Magnésio, Cálcio, Bário etc.)	Diluição e descarte na pia	8	8	6	384	Criar protocolo de descarte de reagentes com potencial poluidor ao meio ambiente
Pigmentos inorgânicos	Geração de resíduos líquidos	Risco de contaminação dos recursos naturais	Manuseio de reagentes com potencial poluidor (Cobalto, Zinco, Chumbo)	Descarte em bombona	9	1	4	36	Criar protocolo de descarte de reagentes com potencial poluidor ao meio ambiente

Fonte: Autora, 2021

No laboratório de química orgânica o resultado dos seis (06) processos selecionados, resultou em sete (07) aspectos que geraram dez (10) impactos, com três (03) itens com IRA em potencial acima de 365 pontos classificados dentro das prioridades I e II. Dois (02) com prioridade III e cinco (05) com prioridade IV que apresentaram IRA's abaixo de 365 sem e com controle atual respectivamente, como mostra o gráfico 5.

Gráfico 5. Prioridades de IRA's do Laboratório de Química Orgânica



Fonte: Autora (2021)

Um (01) item apresentou prioridade I, sendo o processo de “Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos”, no aspecto “produção de vapores” e impacto “risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores” devido a fusão de compostos orgânicos como hexano e acetato de etila agravado pela ausência de capelas de exaustão, dando um IRA de 378. Dois (02) itens de nível II sendo um (01) relacionado também ao aspecto “Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos”, com o aspecto consumo de energia e impacto risco de acidente pelo uso de chapas aquecedoras com IRA 378 onde a ação recomendada é o uso de EPI'S adequados para a manipulação das chapas aquecidas e o segundo item nível II de IRA 384 é referente ao processo “ Estudo dos metais alcalinos e terrosos” com aspecto geração de resíduos sólidos e impacto risco de contaminação dos recursos naturais devido ao manuseio de reagentes com potencial poluidor (Sódio, Magnésio, Cálcio, Bário etc.) pois o controle realizado atualmente é a diluição e posterior descarte na pia, sendo proposto a criação de um protocolo (normas, procedimentos) pela comissão de biossegurança juntamente com a direção do instituto de descarte desses reagentes.

. Dois itens apresentaram prioridade III com IRA' s 30 e 72 relacionados ao processo de “Determinação do ponto de fusão de compostos orgânicos”, no aspecto consumo de energia relacionado aos impactos redução dos recursos naturais e risco de incêndio respectivamente. As ações recomendadas foram criar mecanismo de controle energético mais eficiente e providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório. Na prioridade IV cinco (05) itens foram detectados. O primeiro está na prática “Purificação de um composto orgânico sólido”, com o aspecto de “geração de resíduos solventes” levando aos impactos de “risco de contaminação dos recursos naturais e risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de solventes” com IRA 252 tendo como ação recomendada a definição de um local seguro para depósito de resíduos com a destinação adequada dos resíduos já citados anteriormente. O segundo está na “Atividade de Bioensaio”, com aspecto de “manuseio de vidrarias” gera um impacto de “risco de acidentes” pela quebra de vidrarias com IRA 144 onde a ação recomendada é fazer orientação quanto ao correto manuseio das vidrarias laboratoriais, controle do volume quebrado para reposição e o descarte correto. O terceiro e quarto item está no processo de “Solubilidade dos compostos orgânicos” pelo consumo de água com a redução dos recursos hídricos devido grande uso de água destilada e lavagem de vidraria com IRA' s 162 e 35 respectivamente, onde a ação de aquisição de equipamento de

lavagem de vidraria e de equipamentos mais eficientes e econômicos para produção de água destilada citada anteriormente resolve o problema de desperdício e produção de água destilada para fornecimento aos laboratórios de química. Hoje o laboratório de química conta com um destilador grande que apresenta um gasto muito elevado de água e energia elétrica. De acordo com o Manual de instruções Quimis o modelo Q-341-210 usa um quantitativo de água na entrada para produção de água destilada de 240 a 480 litros/hora com a produção de aproximadamente 4 a 8L/h. O destilador passa duas (02) horas ligado para produção de apenas 16L, ou seja, um descarte muito grande de aproximadamente 350L de água desperdiçadas e uma produção baixa de apenas 16L com um gasto energético elevado. Esse destilador é ligado três (03) vezes por semana para atender a demanda dos laboratórios de química. De acordo com técnico o ideal seria a aquisição de um destilador portátil, porém mais eficiente e econômico. O Instituto conta com apenas uma (01) unidade de uso exclusivo do curso de nutrição, com capacidade para apenas dois litros onde sua conversão é 2 para 2, ou seja, entram dois (02) litros de água e são produzidos dois (02) litros de água destilada não havendo desperdício. Outra alternativa é a substituição do destilador por deionizador que apresenta uma conversão de 1/1, ou seja, toda a água que entra no sistema é transformada em água deionizada não tendo desperdício de água, resolvendo o problema do desperdício de água e energia devido a preparação de água destilada para o uso nos processos dos laboratórios, atendendo ao padrão da P+L que atua na substituição de produtos e processos onerosos por outros mais eficientes e econômicos e nesse sistema está a substituição dos destiladores por outros mais eficientes ou por deionizadores com um melhor reaproveitamento da água que entra no sistema para produção de água deionizada.

E o quinto item de nível IV está na atividade de “Pigmentos inorgânicos”, no aspecto geração de resíduos com impacto de risco de contaminação dos recursos naturais devido o manuseio de reagentes poluidor como Cobre, zinco e chumbo, onde os mesmos são guardados em bombonas dentro dos laboratórios. A ação recomendada pra esse item com IRA 36 é a criação de protocolo já citado para outros reagentes anteriormente.

Além do problema de desperdício de água devido a produção de água destilada que pode ser resolvido com a substituição por água deionizada, dois (02) outros problemas se destacam no laboratório de Química Orgânica que é o consumo de energia que pode levar ao risco de acidente pelo uso de chapas aquecedoras e a

geração de resíduos sólidos com risco de contaminação dos recursos naturais devido o descarte incorreto dos resíduos, dados esses compatíveis com os encontrados no trabalho de Bezerra et al., (2018), intitulado FMEA como subsídio para a implementação do sistema de gestão ambiental em laboratório da UFRA onde destaca a questão da má gestão de energia e o despejo inadequado de resíduos do laboratório de solos. O desperdício de energia está relacionado a permanência das luzes acessas no laboratório, sem que haja necessidade e o despejo inadequado de resíduos é considerado um agravo que ocorre constantemente no laboratório de solo devido o despejo das amostras de solo analisadas, com soluções, sem nenhum tratamento e em locais inapropriados, o que consiste em risco de poluição e contaminação do meio ambiente sendo recomendado como ações para esses problemas primeiramente campanhas de conscientização do uso racional da energia além da utilização de sensores de presença, e da substituição, quando viável, da energia elétrica convencional por fontes alternativas e de equipamentos obsoletos por modernos que possuam eficiência energética. E quanto ao despejo inadequado de resíduos recomenda-se a elaboração e implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), em conformidade com as legislações ambientais, além de estabelecer as normas norteadoras do manejo de cada tipo de resíduo, desde a origem até a destinação final.

Os resultados obtidos com o formulário do FMEA no laboratório de Físico - Química e Química Analítica estão expostos no Quadro 11.

Quadro 11. Resultados do Laboratório de Físico-química e Química Analítica

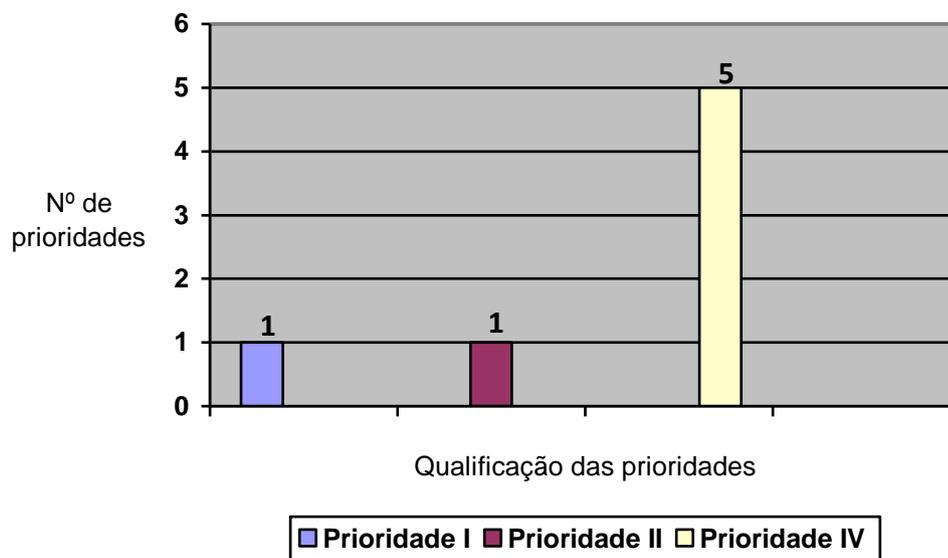
Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	I R A	Ação recomendada
Titulação de ácido forte e fraco com base forte	Geração de resíduos perigosos	Risco de acidentes aos servidores e alunos	Manuseio e preparação de soluções	Uso de EPIs adequados e descarte em bombonas	8	9	5	360	Disponibilizar aos usuários EPIs adequados para cada tipo de atividade conforme o risco de reagentes envolvidos. Providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.

Determinação do teor de álcool na gasolina	Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis	Risco de incêndio	Manuseio de produtos tóxico e inflamáveis como álcool e gasolina	Inexistente	8	9	6	432	Providenciar extintor de incêndio para dentro do laboratório.
		Risco de danos à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Inalação de vapores nocivos à saúde como gasolina	Uso de máscaras, porém inadequadas para vapores inflamáveis	1	8	7	56	Providenciar EPIs (máscaras com filtro e luvas) adequados para os usuários.
Caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina	Geração de resíduos líquidos	Risco de danos à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores	Manipulação de reagentes contaminantes (clorofórmio, acetona etc.)	Uso de EPIs, porém inadequados para vapores	1	6	7	42	Providenciar EPIs (máscaras com filtro e luvas) adequados para os usuários.
		Risco de contaminação aos recursos naturais	Ausência do descarte correto dos resíduos	Descarte em bombonas armazenadas no laboratório	9	9	9	729	Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos.
Oxidação de aldeídos	Geração de resíduos líquidos	Risco de acidentes	Manipulação dos reagentes	Neutralização antes do descarte	5	7	4	140	Criar protocolo de controle de descarte de resíduos
Propriedades Físicas e químicas dos alcanos e alcenos	Manuseio de vidrarias	Risco de acidentes	Quebra de vidrarias	Descarte em caixas de descarpack	8	6	3	144	Providenciar junto ao instituto a destinação correta das vidrarias quebradas

Fonte: Autora, 2021

Em análise dos seus cinco (05) processos selecionados gerou cinco (05) aspectos e sete (07) impactos. Estes impactos deram origem a sete (07) IRA's sendo um (01) prioridade I, um (01) com prioridade II e cinco (05) com prioridade IV. Não foram detectados itens com prioridade III como mostra o gráfico 6.

Gráfico 6. Prioridades de IRA's do Laboratório de Físico-química e Química Analítica



Fonte: Autora (2021)

No que diz respeito ao laboratório de físico-química e química analítica a atividade “Determinação do teor de álcool na gasolina” apresentou prioridade I com 432 de IRA relacionado ao aspecto manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis e impacto risco de incêndio pelo manuseio de dessas substâncias com o agravante da ausência de extintor de incêndio, onde a ação recomendada é providenciar extintor de incêndio já citado anteriormente para dentro do laboratório. Com prioridade II foi detectado um (01) item relacionado “Caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina”, no aspecto geração de resíduos líquidos com risco de contaminação dos recursos naturais devido à ausência do descarte correto dos resíduos, sendo estes armazenados em bombonas nos laboratórios. A ação recomendada é definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos. Na prioridade IV foram identificados cinco (05) itens. O primeiro está na atividade “Titulação de ácido forte e fraco com base forte”, relacionado ao aspecto geração de resíduos perigosos podendo levar ao impacto de risco de acidente aos servidores e alunos devido a manuseio e preparo de soluções com IRA de 360. A ação recomendada é disponibilizar aos usuários EPIs adequados para cada tipo de atividade conforme o risco de reagentes envolvidos e providenciar junto ao instituto a destinação adequada dos resíduos. O segundo e terceiro item de prioridade IV estão na “Determinação do teor de álcool e gasolina” e “Caracterização de grupos funcionais, aldeídos e cetonas e síntese da aspirina”, com os aspectos

“Manipulação de produtos tóxicos e inflamáveis” e “geração de resíduos líquidos” com o mesmo impacto “Risco à saúde dos servidores e alunos pela inalação de vapores” com IRA’s 56 e 42 respectivamente. As ações são providenciar extintor para dentro dos laboratórios sendo destacado a necessidade em todos os três (03) laboratórios estudados e providenciar o uso de EPI’s adequados como por exemplo máscaras com filtro para evitar a inalação de vapores tóxicos.

O quarto e quinto item estão no processo de “Oxidação de aldeídos”, com aspecto geração de resíduos líquidos com risco de acidente devido a manipulação dos reagentes e na aula prática de “Propriedades físicas e químicas dos alcanos e alcenos” com o aspecto de manuseio de vidrarias e impacto de risco de acidente devido o manuseio de vidrarias, apresentando os IRA’s 140 e 144 respectivamente. As ações recomendadas são criar um protocolo de controle de descarte correto dos resíduos e vidrarias quebradas.

Com relação aos problemas evidenciados como de prioridade I e II no laboratório de Físico-química e Química Analítica, estes devem ser dada uma atenção redobrada pois estão relacionados a manipulação de produtos tóxicos com risco a incêndio e geração de resíduos líquidos que podem levar a risco de contaminação dos recursos naturais, pois muitas vezes são despejados diretamente na pia ou armazenados em bombonas nos próprios laboratórios por falta de local correto de armazenamento. Este problema relacionado a geração de resíduos líquidos corrobora com os resultados obtidos nos trabalhos de Penatti e Guimarães (2011) no estudo sobre Avaliação dos riscos e problemas ambientais causados pela disposição incorreta de resíduos de laboratórios; Mendonça e Silva (2015) sobre Aspectos e impactos ambientais de um laboratório de biologia e Aires e Pimenta (2019) no estudo Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de um laboratório de análises físico-químicas pelo método FMEA. Este problema foi considerado altamente significativo pela sua grande capacidade de poluição dos recursos naturais por apresentar diferentes composições formadas por mistura de reagentes nas aulas práticas e o incorreto gerenciamento pode gerar risco não somente a saúde humana mais ao meio ambiente

E por fim, analisando a questão do gerenciamento dos resíduos provenientes dessas atividades, os resultados obtidos estão expostos no quadro 12.

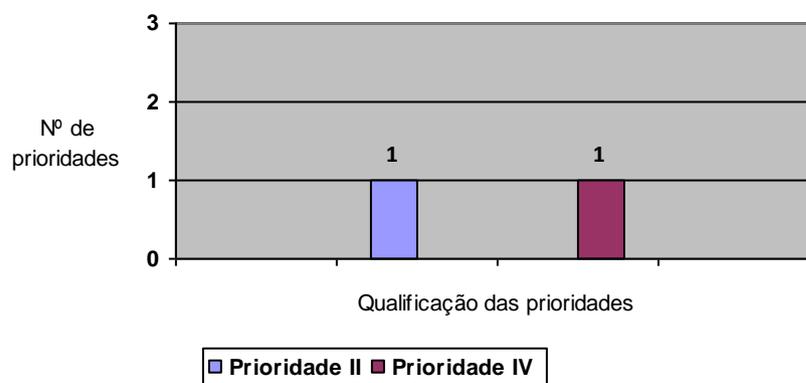
Quadro 12. Resultados do gerenciamento dos resíduos provenientes das aulas práticas dos laboratórios de Química

Proc.	Asp. Amb.	Imp. Amb.	Causa Potencial	Controle atual	G	O	D	IRA	Ação Recomendada
Gerenciamento dos resíduos das aulas práticas	Geração de resíduos	Risco potencial à saúde dos usuários	Armazenamento dos resíduos químicos em local inadequado	Armazenamento de soluções em bombonas e frascos de vidros dos produtos químicos no laboratório	8	9	7	504	Definir um local para depósito seguro e providenciar junto ao Instituto a destinação adequada dos resíduos.
		Risco de contaminação dos recursos naturais	Ausência do correto gerenciamento e descarte final	Realizado somente a segregação e descartam somente os resíduos considerado comum sem contaminantes	9	1	7	63	Criar uma política de controle e descarte dos reagentes com local de armazenamento adequado e descarte final pela UFAM

Fonte: Autora, 2021

Os resultados relacionados ao gerenciamento dos resíduos das aulas práticas identificou-se um (1) aspecto ambiental: “geração de resíduos”, e dois (02) impactos “Risco potencial a saúde dos usuários” e “ Risco de contaminação dos recursos naturais”, referentes ao armazenamento dos resíduos químicos em local inadequado, ausência do correto gerenciamento e descarte final, pois realizam somente a etapa de segregação, armazenando e descartando apenas parte dos resíduos (comuns) e os demais sem descarte final, estando armazenados nos próprios laboratórios como já foi relatado anteriormente, gerando IRA's 504 e 63 de prioridade II e IV respectivamente como mostra o gráfico 7.

Gráfico 7. Prioridades de IRA's relacionado ao gerenciamento dos resíduos provenientes das aulas práticas dos laboratórios de Química



Fonte: Autora (2021)

As ações recomendadas são definir um local para depósito seguro, criar uma política (protocolo) de controle e descarte de reagentes e providenciar junto ao Instituto o descarte final dos resíduos de maneira correta.

As atividades práticas produzem muitos resíduos e estes devem ser gerenciados de maneira correta. A tabela 11 detalha a produção média aproximada de resíduos dos laboratórios por semestre.

Tabela 11. Produção média de resíduos por semestre

Laboratório de Química Geral		
Resíduos	Descarte após neutralizados	Armazenado (bombonas)
*Soluções ácidas e alcalinas	~ = 5 litros	~ = 3 litros
Soluções com metais	-	~ = 2 litros
Frascos de reagentes	-	~ = 12 unidades
Laboratório de Química Orgânica		
Resíduos	Descarte após neutralizados	Armazenado (bombonas)
*Soluções ácidas e alcalinas	~ = 4 litros	-
Solventes: Hexano, ciclo hexano, etc.	-	~ = 10 litros
Solventes Álcoois: metílico, Butílico, Etílico, etc.	-	~ = 12 litros
Frascos de reagentes	-	~ = 25 unidades
Laboratório de Físico-química e Analítica		
Resíduos	Descarte após neutralizados	Armazenado (bombonas)
*Soluções ácidas e alcalinas	~ = 3 litros	-
Solventes Álcoois: metílico, Butílico, Etílico, etc.	-	~ = 3 litros
Frascos de reagentes	-	~ = 8 unidades

- Principais ácidos: HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, etc. / Bases: NaOH, Ca (OH)<sub>2</sub>, KOH, NH<sub>4</sub>OH, etc.
- Principais metais: Cobre, Zinco, Ferro, Alumínio, etc.

Fonte: Autora, 2021

A tabela demonstra que de oito (08) litros de soluções ácidas e alcalinas produzidas nas aulas práticas no semestre, aproximadamente cinco (05) litros são neutralizados e posteriormente descartados nas pias dos laboratórios e aproximadamente três (03) litros são armazenados em bombonas nos laboratórios onde foram produzidos. Somente as soluções ácidas e alcalinas passam pela neutralização para descarte. Todas as demais soluções produzidas com uso de solventes são armazenadas também em bombonas e os frascos de reagentes tanto secos como vencidos são armazenados nos laboratórios onde foram utilizados.

Foram encontrados nos laboratórios resíduos químicos armazenados provenientes das atividades práticas, além de frascos de reagentes vazios para descarte e produtos químicos vencidos, pois segundo o técnico somente os resíduos como papel, luvas lavadas e máscaras são descartados como lixo comum em sacos plásticos pretos, porém, sem identificação, os demais resíduos são armazenados nos laboratórios onde são produzidos e estão à espera de autorização de despacho para Manaus.

Os resíduos produzidos em aula prática passam por uma seleção básica. Luvas lavadas, máscaras e papel vão para o resíduo comum, soluções que podem ser neutralizadas (baixa concentração) são neutralizadas para posterior descarte nas pias dos laboratórios e os demais são armazenados em bombonas ou vidros à espera de envio para Manaus, assim fica claro que a instituição não segue a um planejamento de gerenciamento de resíduos, necessitando prioridade quanto a este assunto.

O problema de armazenamento e descarte correto de resíduos laboratoriais encontrado neste trabalho é similar a vários outros trabalhos que envolvam laboratórios porém em alguns o problema está na falta de transporte para deslocar o resíduo para o local de descarte, falta de embalagem própria para armazenamento entre outros sendo que o encontrado nos laboratórios estudados passa a ser prioritariamente a falta de local correto de armazenamento e posterior descarte, pois as instituições negligenciam essa situação sendo que a responsabilidade objetiva é bem clara de que quem produz o resíduo é responsável por ele. De acordo com a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa no caso de um possível dano ao ambiente, ou seja, para que um potencial poluidor seja penalizado, basta que se prove a relação de causa e efeito entre a atividade desenvolvida por uma organização e o dano ambiental, ou seja, mesmo que seja o

resíduo produzido esteja dentro da concentração permitida por lei, se vim a causar dano ao ambiente pode levar ao causador do dano o pagamento de indenização. (GILONI-LIMA et al., 2008).

Além dos resíduos químicos, aparelhos de laboratórios queimados estão armazenados nos laboratórios observados (figura 7) e estes também devem ser descartados, porém, segundo o técnico eles devem ser primeiramente tombados pela instituição para descarte e isso não tem nenhuma previsão de solução dada pela instituição. Bezerra et al., (2018) enfatiza essa situação do uso indevido do espaço laboratorial com a permanência em seu interior de soluções vencidas, armazenamento de resíduos e equipamento com defeito, o que atrapalha às atividades realizadas no mesmo além de gerar risco de acidente, de incêndio entre outros.

Figura 7. Equipamentos queimados abandonados nas bancadas dos laboratórios



Fonte: Autora (2021)

Os resíduos líquidos e sólidos encontrados nos laboratórios de 13 anos de funcionamento dos mesmos estão armazenados em bombonas de 5, 20 e 50L e os vidros secos de reagentes estão em trinta (30) caixas médias de papelão distribuídas entre os três (03) laboratórios com aproximadamente quatrocentos (400) frascos de 1L para descarte, e os reagentes vencidos estão dentro das capelas de exaustão em cada laboratório.

No laboratório de Química geral estão armazenados os resíduos químicos como solução ácida e alcalinas (1 bombona de 20L) e soluções com metal (1 galão de 5L). No laboratório de Química orgânica estão duas (02) bombonas de 50L, sendo uma (01) com solventes Hexanos, ciclo hexano e outros com um total de 20L dos produtos e uma (01) com solventes da classe dos álcoois com metílico, etílico, butílico com 40L do produto, como mostram as figuras D1, D2, D3, D4.

Figuras D1, D2, D3, D4. Armazenamento dos resíduos laboratoriais



Fonte: Autora (2021)

Os depósitos de lixo comum são caixas de papelão e baldes, sem tampas revestidos com sacos pretos (figura 8).

Figura 8. Depósitos de resíduos comuns.



Fonte: Autora (2021)

Segundo o técnico dos laboratórios a questão mais debatida por ele junto a direção do instituto é quanto à necessidade real e agravante quanto ao

armazenamento dos resíduos dentro dos laboratórios, pois, o risco é altíssimo para todos os que estão diariamente nos laboratórios haja visto que os mesmos possuem apenas uma rota de fuga e os equipamentos de biossegurança ainda não estão funcionando, estando apenas fixados nos seus locais definidos pelo técnico de biossegurança. A Direção está tentando encontrar um espaço dentro do instituto que possa servir como área para armazenamento de resíduos e outra área para armazenamento de produtos novos (vidrarias e reagentes), porém sem prazo previsto.

Esses resíduos armazenados dentro dos laboratórios tanto em bombonas como nos frascos de vidros dos produtos químicos requerem uma atenção redobrada pela direção, pois geram riscos aos usuários, necessitando da disposição de um local seguro para armazenamento e a necessidade da adoção de um correto gerenciamento de resíduos que consiste em seguir o passo a passo já descrito neste trabalho.

Assim, diante do exposto sobre os resultados obtidos com o uso do formulário da FMEA adaptado ao escopo do estudo que o mesmo possibilitou a identificação dos aspectos e impactos provenientes das atividades práticas realizadas nos laboratórios estudados e que por meio destes pôde-se constatar as causas potenciais desses impactos e se estes estão tendo algum controle realizado atualmente. Além disso pela atribuição dos valores de criticidade (G, O e D) e sua multiplicação foi possível obter o Índice de Risco Ambiental (IRA) e por meio do corte de base estipulado para o estudo que consiste em 365 pontos classificar cada item encontrado dentro do seu nível de prioridade de I a IV, dando ênfase aos pontos mais críticos que são os de prioridade I e II, porém, sem deixar de atender aos de prioridade III e IV, visando sua resolutividade e propondo ações dentro da realidade do local estudado.

Esta ferramenta se mostrou eficiente no levantamento dos dados e visa-se propor esta metodologia como orientação à direção do Instituto na busca da resolução dos problemas encontrados nestes laboratórios. É uma ferramenta de fácil aplicação e que requer apenas dedicação e conhecimento das partes envolvidas para realização de uma correta coleta de dados e desmembramento das ações propostas compatíveis com a realidade local.

#### 5.4 Contribuição da P+L

De acordo com a CNTL (2006), a P+L apresenta três níveis de prioridades. O nível I é evitar a geração de resíduos e emissões. Nível II é inserido quando não se pode evitar a geração dos resíduos estes devem ser reintroduzidos ao processo de produção e o nível III é quando o passo anterior de reintegrar ao processo não for possível este deve ser encaminhado a medidas de reciclagem fora da empresa (reciclagem externa). A P+L trabalha com a redução da geração de resíduos na fonte de produção.

Os experimentos das aulas práticas dos laboratórios de química geram resíduos e emissões de gases, pois, apresentam aspectos e impactos inerentes a essas atividades que muitas vezes passam despercebidas pelos professores, alunos e servidores e aos poucos vão gerando impactos não somente ao meio ambiente mais aos envolvidos nesse processo e com a apuração das informações por meio do formulário do FMEA, possibilitou-se a identificação de oportunidades de aplicação da metodologia de P+L para a solução dos problemas diagnosticados, visando o aproveitamento dos materiais usados, a redução dos riscos ao meio ambiente e aos servidores, do consumo de energia, do desperdício de água e de materiais, além da redução de geração de resíduos entre outros, em prol de benefícios não somente econômicos e ambientais, mais à saúde dos usuários e a atuação dentro da responsabilidade legal e social. Essas oportunidades de aplicação são:

- Uso de vidrarias menores (menor volume) na preparação das soluções visando menos resíduos gerados;
- Substituição de destiladores por deionizadores;
- Uso de soluções menos agressivas como Cloreto de Sódio - NaCl (sal comum) no lugar de Hidróxido de Sódio – NaOH que é altamente corrosivo;
- Para o preparo de soluções coloridas nas aulas de concentrações e diluições químicas substituir o Sulfato de Cobre II por corante alimentício ou azul de metileno de baixo potencial tóxico;
- Na preparação de soluções ácidas e básicas usar preparações com diferentes concentrações e / ou diluições e armazenar em frascos âmbar para serem usada ou reutilizadas na descontaminação de vidrarias;
- Manter o processo de neutralização total de soluções ácidas e alcalinas até pH 6 e 8 para descarte de resíduos neutros, não gerando impactos ao meio ambiente, reduzindo além dos resíduos armazenados o risco aos

colaboradores. Além da redução da produção dos rejeitos químicos reduz desperdício de reagentes.

Porém para que se obtenha resultados satisfatórios na adoção das metodologia usadas neste trabalho (FMEA e P+L) é necessário a conscientização, participação ativa e responsável de todos os envolvidos no sistema (direção, professores, alunos e técnico laboratorial), para a realização das atividades de forma responsável, visando eliminar ou pelo menos reduzir de todas as formas possíveis os impacto gerados pelas atividades de ensino, pesquisa e administrativas do instituto, sem afeta sua funcionalidade e efetividade das ações desenvolvidas no órgão.

A adoção da P+L segue 5 fases de implantação com 20 passos descritos no Centro Nacional de Tecnologia Limpa - CNTL (2003), que aborda a P+L como uma ferramenta de melhoria continua no processo e para que a mesma seja utilizada com êxito deve ser compreendido e seguido essas fases demonstradas no quadro 13, explicadas detalhadamente no manual da CNTL.

Quadro 13. Fases de Implantação da P+L

<b>Fases de implantação da Produção Mais Limpa</b>	
<b>1ª Planejamento e organização</b>	<b>2ª Pré-Avaliação</b>
1º Passo: Obter compromisso é desenvolvimento da gerência 2º Passo: Definir a equipe do projeto; 3º Estabelecer objetivos 4º Barreiras e soluções	5º Passo: Desenvolver o fluxograma 6º Passo: Avaliar as entradas e saídas 7º Passo: Selecionar o foco da avaliação
<b>3ª Avaliação</b>	<b>4ª Estudo da Viabilidade</b>
8º Passo: Originar um balanço de material 9º Passo: Conduzir a avaliação das causas 10º Passo: Gerar oportunidades 11º Passo: Separar oportunidades	12º Passo: Avaliação preliminar 13º Passo: Avaliação técnica 14º Passo: Avaliação econômica 15º Passo: Avaliação ambiental 16º Passo: Seleção de oportunidades
<b>5ª Implementação</b>	
17º Passo: Preparar o plano de P+L 18º Passo: Implementar oportunidades de P+L 19º Passo: Monitorar e avaliar 20º Passo: Sustentar a atividade de P+L	

Fonte Adaptado (CNTL, 2003)

### **5.5 Proposição da metodologia para implementação de um Sistema de Gestão de Resíduos**

Após análise e discussão dos dados foi confeccionado um relatório como resposta à instituição estudada, pois, o objetivo era pôr em prática a aplicação posterior da ferramenta para saber em quais pontos puderam ser melhorados ou extintos determinadas falhas e assim demonstrar a eficácia da ferramenta e proposição desta metodologia para implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos atendendo ao quinto objetivo específico proposto, porém, devido o processo de pandemia que afeta o funcionamento dos laboratórios de ensino, os dados não puderam ser validados na prática sendo proposto um relatório (Anexo 6) contendo detalhadamente os dados coletados e as ações de melhorias recomendadas que após defesa do presente estudo será entregue a Direção da instituição para terem ciência da real situação dos laboratórios analisados e poderem tomar as providências necessárias juntamente com a equipe de biossegurança do Instituto. Mesmo não podendo reavaliar na prática esta ferramenta, o relatório confeccionado demonstra detalhadamente os resultados obtidos e este descreve a realidade dos laboratórios estudados que pode servir como uma ferramenta de direcionamento para a instituição juntamente com a equipe de biossegurança na tomada de decisões em relação aos impactos presentes nesses laboratórios.

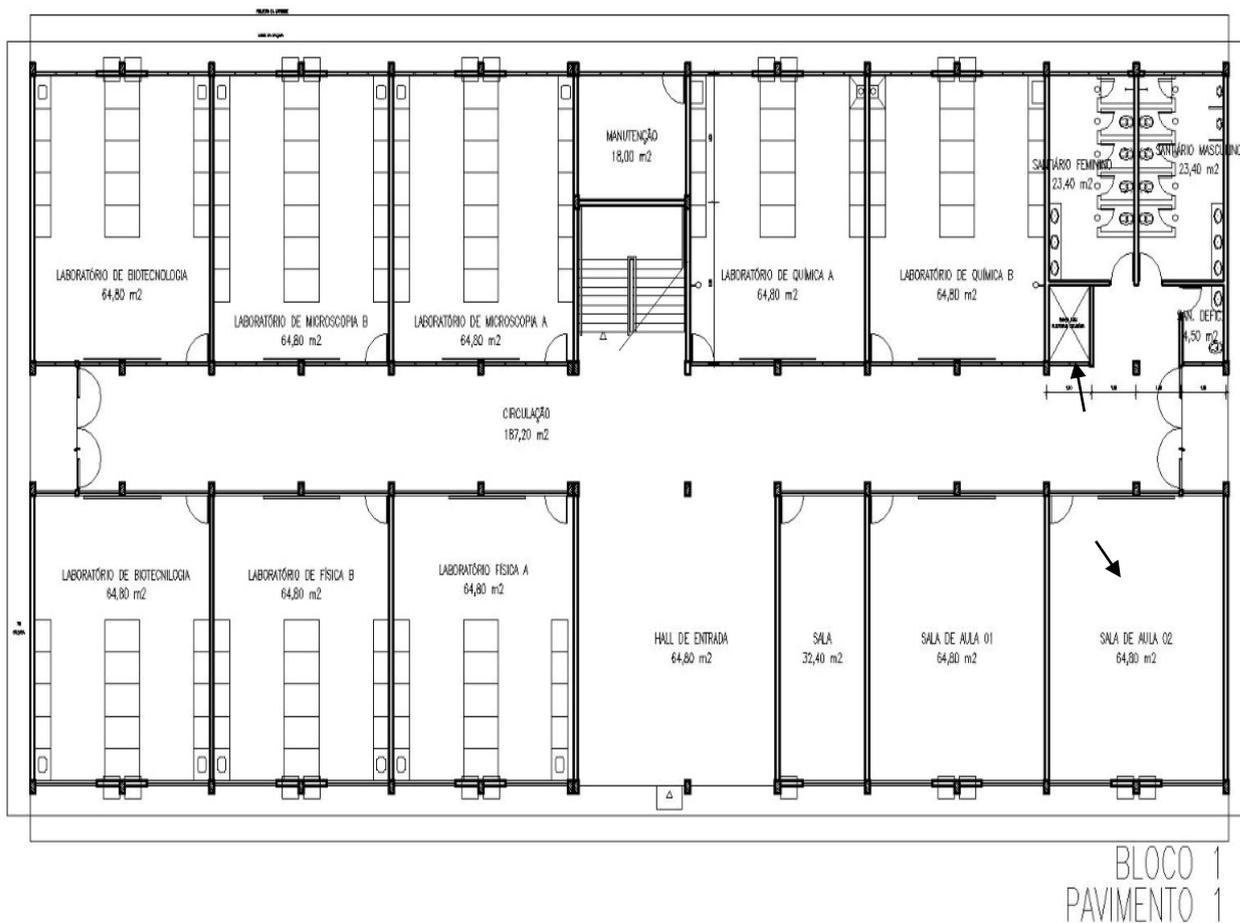
### **5.6 Ações recomendadas realizadas pelo instituto durante a coleta de dados**

Apesar dos serviços nos laboratórios estudados estarem parados e não possibilitar a reaplicação do formulário, isso não impossibilitou alcançar algumas soluções para problemas encontrados. Durante a fase de coleta a direção juntamente com o representante do setor administrativo acompanharam momentos da coleta e puderam identificar na prática problemas detectados nos laboratórios que poderiam ser resolvidos naquele momento. A primeira iniciativa da Direção foi providenciar duas (02) salas, sendo uma (01) para depósito dos resíduos encontrados armazenados nos laboratórios e outra para armazenamento de produtos novos como mostra a planta baixa do bloco I (figura 9). A sala de aula 2 identificada na planta baixa do Bloco I com 64,80 m<sup>2</sup> foi deslocada para o andar superior Bloco onde estão presentes somente salas de aula, sala de informática e banheiros e no andar inferior somente laboratórios, salas de depósitos e banheiros. A sala de aula 2 passou a ser a sala de depósito dos resíduos produzidos e

encontrados nos laboratórios estudados. Esta sala tem apenas algumas prateleiras com materiais empilhados (figura 10) e duas janelas ao fundo de vidro que abrem para fora, porém, as mesmas estão gradeadas pelo lado externo devido roubos no instituto. A organização e adequação do espaço será realizada segundo o técnico com o retorno das atividades presenciais no instituto, porém, o local já foi definido, o que anteriormente não se tinha nenhuma previsão.

A segunda sala foi destinada ao armazenamento dos produtos novos e fica localizada ao lado dos banheiros femininos com dimensão de 3,88 m<sup>2</sup> que anteriormente era a sala de depósito de material de limpeza do bloco como mostra a planta baixa do bloco I, andar inferior (térreo). Esta sala será provisoriamente a sala de depósito de matérias novos, pois a direção está readequando os espaços do térreo do Bloco I.

Figura 9. Planta baixa do Bloco I (localização das salas de depósitos e laboratórios de química)



Fonte: ISB/Coari (2021)

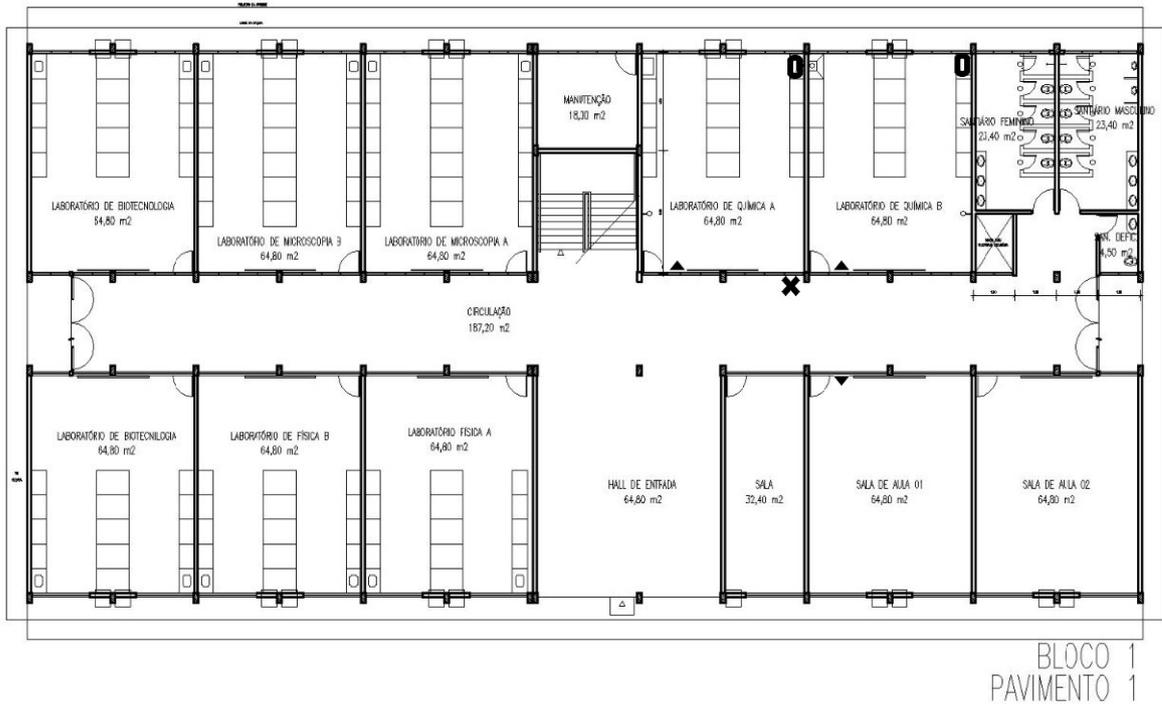
Figura 10. Sala destinada à depósito dos resíduos dos laboratórios de química



Fonte: Autora, 2021

Foram encontrados nos laboratórios estudados como equipamento de segurança somente capela de exaustão sendo que somente a do laboratório de química geral está funcionando as dos demais laboratórios estão servindo de depósito de vidros de reagentes com resíduos de soluções das aulas prática. A segunda iniciativa da Direção foi a instalação de extintores no interior dos laboratórios no lado direito da porta solucionando a questão dos riscos de incêndio em seu interior e de maiores danos à saúde dos servidores por não terem opções de rotas de fuga e no corredor do bloco chuveiro e lava-olhos em frente ao laboratório de química geral para atender a esses três laboratórios. As figuras 11, 12 e 13 mostram a localização dos equipamentos de biossegurança nos laboratórios estudados. O laboratório de Química A é o de Química Geral, o de Química B é o de Química Orgânica e a sala de aula 01 é o de Físico-química e Química Analítica.

Figura 11. Planta baixa com a localização dos equipamentos de biossegurança



Legenda:

-  Capela de exaustão
-  Chuveiro lava-olhos
-  Extintor de incêndio

Fonte: Autora, 2021

Figura 12. Equipamentos de biossegurança (chuveiro e lava-olhos) instalados no corredor dos laboratórios de química



Fonte: Autora, 2021

Figura 13. Instalação do extintor de incêndio no interior dos laboratórios



Fonte: Autora, 2021

Outra iniciativa foi o levantamento dos equipamentos encontrados queimados nos laboratórios, que foram listados (Anexo 7) para prosseguir com a destinação adequada dos mesmos.

Com essas ações realizadas, resolve mesmo que provisoriamente o problema de armazenamento dos resíduos dentro dos laboratórios que geravam grande risco de explosão, de acidente ao servidor e alunos e com isso ameniza riscos a vida dos envolvidos no laboratório, porém a direção retrata que está buscando soluções com relação ao descarte final dos resíduos junto à empresas de Manaus e assim se planejar e organizar dentro desse processo, visando não ter mais produto armazenado dentro da Instituição por longo prazo. E com relação a questão da biossegurança a mesma conta com uma comissão relacionada ao assunto e que está tomando as providencias necessárias em relação a demarcação de área e a instalação de equipamentos de segurança tanto dentro como fora dos laboratórios em geral adequando-se quanto às normas de biossegurança.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho utilizou a ferramenta FMEA com a finalidade de detectar os aspectos e impactos gerados pelos laboratórios de Química do Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari visando identificar e analisar e por meio deste propor ações de eliminação ou mitigação para os problemas encontrados além de propor essa metodologia como orientação para a direção do instituto que poderá usar como subsídios para a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos e se adequar a legislação ambiental estando preparada à futuras fiscalizações e

cobranças ambientais à instituições de ensino. Por meio da ferramenta FMEA foram calculados os riscos de vinte e um (21) processos e identificados trinta e duas (32) prioridades sendo duas (02) prioridade I que são os que apresentaram IRA igual ou maior que 365 sem controle atual dos aspectos e impactos ambientais, oito (08) com prioridade nível II, onde estão os que apresentaram IRA igual ou maior que 365, porém com algum controle atual. Seguido de seis (06) prioridades III que são os que se classificam com IRA menor que 365 sem controle atual e finalmente dezesseis (16) de prioridade IV com IRA menor que 365 com controle atual. Após discriminação dos aspectos e impactos encontrados foram propostas várias sugestões de melhorias adequadas à realidade local visando atuar também dentro da proposta de produção mais limpa. Vale ressaltar que todos os níveis de prioridades devem ser tratados, pois se foram detectados demonstram problemas que devem ser solucionados a curto, médio ou longo prazo.

Em virtude da pandemia os laboratórios estão com suas atividades paradas, não tendo como realizar a reaplicação do formulário e assim analisar se houve melhorias, porém, espera-se que os gestores continuem com as análises, implementem as ações corretivas e em seguida acompanhe os resultados obtidos.

Algumas ações já foram tomadas o que demonstra o comprometimento da direção atual do instituto em sanar ou amenizar essa situação. Um relatório com os resultados deste trabalho foi confeccionado para a instituição visando atuar como um importante instrumento gerencial e que as tomadas de decisões possam ser concretizadas, pois, a primeira etapa de identificação dos problemas já foi realizada pela aplicação do formulário, resta atuação e envolvimento do gestor e sua equipe de biossegurança na busca de parceria para a concretização das ações recomendadas em prol do todo (alunos, servidores, instituição, sociedade e meio ambiente).

Enfim, a disseminação e a prática dessas metodologias oferecem oportunidades de demonstrar que o pensamento voltado em prol da melhoria ambiental anda junto com benefícios econômicos, além de serem estratégias eficientes no combate à degradação ambiental. Além disso a sua aplicação traz benefícios à saúde ocupacional e a segurança dos trabalhadores, além de fortalecer a imagem da instituição frente à comunidade e aos órgãos ambientais.

## Anexo 7. Lista do inventário permanente da UFAM somente dos laboratórios de Química



Poder Executivo  
Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Instituto de Saúde e Biotecnologia – ISB/Coari

COMISSÃO DE INVENTÁRIO DOS BENS MÓVEIS

### ANEXO I-C



#### INVENTARIO PERMANENTE 2021 - INSTITUTO DE SAUDE E BIOTECNOLOGIA - BENS OCIOSO

\*1. Ocioso - 3. Recuperável - 3. Irrecuperável

\*\* 1. Ótimo - 2. Bom - 3. Regular - 4. Péssimo

ITEM	Nº de Tombamento	Descrição	Estado *	Conservação **	Responsável por Guarda	Setor/Sala	Local	Observação
034	S/T	CONDICIONADOR DE AR, TIPO JANELA, 18.000 BTU'S, MARCA SPRINGER.	2	1	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	
035	S/T	CONDICIONADOR DE AR, TIPO JANELA, 18.000 BTU'S, MARCA SPRINGER.	2	1	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	
036	99523	ESPECTROFOTÔMETRO DIGITAL 340-1000NM, 110/220 VOLTS, MARCA SPECTRUM, Nº DE SÉRIE KJ1B08041549.	2	1	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	
037	176393	FOTOMETRO DE CHAMA - QUIMIS	2	2	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	
038	S/T	TURBIDIMETRO. MOD MATB100. MARCA MARCONI	2	2	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	

#### INVENTARIO PERMANENTE 2021 - INSTITUTO DE SAUDE E BIOTECNOLOGIA - BENS RECUPERÁVEIS



### ANEXO I-D



Poder Executivo								
ITEM	Nº de Tombamento	Descrição	Estado *	Conservação **	Responsável por Guarda	Setor/Sala	Local	Observação
124	169018	BALANÇA ANALÍTICA UNIBLOC 220GR, 1 MG.	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	Com defeito
125	S/T	CAPELA E EXASTOR	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	Com defeito
126	S/T	DESTILADOR DE AGUA. QUIMIS	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	Com defeito
127	S/T	DESUMIDIFICAR	3	2	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Física/Química e Analítica	Bloco I	Com defeito
137	S/T	BARRILETE PARA ÁGUA DESTILADA CAPACIDADE 20 LITROS MARCA UNION.	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Inorgânica	Bloco I	Com defeito
138	S/T	PHMETRO DE BANCADA. MARCA BEL ENGINEERNIG 110V	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Inorgânica	Bloco I	Com defeito
139	S/T	PHMETRO DE BANCADA. MARCA HANNA INSTRUMENTS	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Inorgânica	Bloco I	Com defeito
140	S/T	CONDICIONADOR DE AR, TIPO JANELA, 21.000 BTU'S, MARCA SPRINGER.	3	2	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I	Com defeito
141	S/T	ESTUFA DELEO 0909 100-220V	3	3	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I	Com defeito

## INVENTARIO PERMANENTE 2021 - INSTITUTO DE SAUDE E BIOTECNOLOGIA - BENS IRRECUPERÁVEIS



## ANEXO I-E



		Poder Executivo							
213	92818	CHAPA AQUECEDORA ANALÓGICA - 30 X 40 CM MARCA THELGA.	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Inorgânica	Bloco I		
214	S/T	CHAPA AQUECEDORA TCIS 220V	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Inorgânica	Bloco I		
215	106266	MANTA AQUECEDORA BALÃO 500 ML MARCA THELGA	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Inorgânica	Bloco I		
216	S/T	AGITADOR MAGNETICO. MARCA NOVA ETICA	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
217	S/T	AGITADOR MAGNETICO. MARCA QUIMIS	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
218	92818	CHAPA AQUECEDORA ANALÓGICA - 30 X 40 CM MARCA THELGA	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
219	100375	EVAPORADOR ROTATIVO, SL-126 MARCA SOLAB.	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
220	106262	MANTA AQUECEDORA BALÃO 500 ML MARCA THELGA	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
221	106263	MANTA AQUECEDORA BALÃO 500 ML MARCA THELGA	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
222	101574	MANTA AQUECEDORA MARA EDULAB.	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
223	101575	MANTA AQUECEDORA MARA EDULAB.	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
224	S/T	MANTA AQUECEDORA MARA EDULAB.	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		
225	S/T	MANTA AQUECEDORA MARA EDULAB.	4	4	Tec. Laboratório - Abinadabis	Lab. Química Geral/Orgânica	Bloco I		