

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DO SERTÃO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PEDRO HENRIQUE RIBEIRO DA CRUZ

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PELO MÉTODO FMEA: o caso do  
Laboratório de Materiais de Construção do Campus do Sertão**

DELMIRO GOUVEIA

2022

PEDRO HENRIQUE RIBEIRO DA CRUZ

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PELO MÉTODO FMEA: o caso do  
Laboratório de Materiais de Construção do Campus do Sertão**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Alagoas Campus do Sertão, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto

DELMIRO GOUVEIA

2022

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

C957a Cruz, Pedro Henrique Ribeiro da

Avaliação de impactos ambientais pelo método FMEA: o caso do Laboratório de Materiais de Construção do Campus do Sertão / Pedro Henrique Ribeiro da Cruz. - 2022.

61 f. : il.

Orientação: Antonio Pedro de Oliveira Netto.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2022.

1. Análise do Modo e do Efeito de Falha – FMEA. 2. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. 3. Campus do Sertão. 4. Laboratório de pesquisa. 5. Materiais de construção. 6. Impactos ambientais. 7. Prevenção e controle. 8. Geração de resíduos. I. Oliveira Netto, Antonio Pedro de. II. Título.

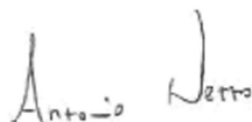
CDU: 628.4.043

## Folha de Aprovação

PEDRO HENRIQUE RIBEIRO DA CRUZ

### **AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS PELO MÉTODO FMEA: o caso do Laboratório de Materiais de Construção do Campus do Sertão**

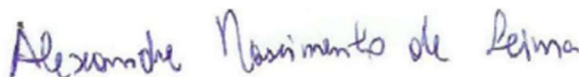
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Alagoas Campus do Sertão, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil.



---


Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto (UFAL – Campus do Sertão)  
**(Orientador)**

Banca examinadora:



---

Prof. Me. Alexandre Nascimento de Lima (UFAL – Campus do Sertão)  
**(Examinador interno)**

Documento assinado digitalmente  
 REGINA CAMARA LINS  
Data: 25/10/2022 09:31:12-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Profa. Dra. Regina Camara Lins (UFAL – Campus do Sertão)  
**(Examinador interno)**

Acima de tudo e todos, à vida.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a mim mesmo pela persistência. Agradeço a tudo em mim que não me permitiu optar pela desistência. Até àquele minúsculo resquício de esperança durante os momentos mais difíceis.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, Sara Cristina, e ao meu pai, Manuel Cruz, pelo apoio, incentivo, educação e confiança ao longo desses anos de graduação. Ao seu amor, respeito e compaixão, tão essenciais em diversos momentos.

Agradeço à minha grande amiga, Yane Renata, e à toda sua família, pelo imenso incentivo anterior e contínuo à graduação. Confesso que não teria feito a grande escolha de ter Delmiro como casa sem a ajuda de vocês. Aos abraços acolhedores e sorrisos duradouros durante todas as visitas a Serra Talhada, Petrolina e Filadélfia.

Agradeço ao meu grande amigo, Erik Eduardo (Dudu), que apesar de ter chegado com o caminho já bem percorrido, pôde compartilhar momentos mais que inesquecíveis. Aos gestos de carinho, afeto e amizade; aos momentos de sorriso e discordância; às conversas e companheirismo.

Às grandes amizades que esta graduação me permitiu fazer. Aos meus amigos mais apegados e parceiros de caminhada, em especial Rikelly, Vitória, Mateus, Nathalie e Iris. Agradeço também à Isabelly, Cleyslany, Josiclécio, Ângelo, Raiana, Marcos, Micael e muitos outros que partilharam comigo as alegrias e desesperos da vida universitária.

Ao PET Engenharias, que me proporcionou inúmeros momentos de aprendizado e superação. Às amizades feitas dentro do grupo e à troca de afeto e companheirismo.

Agradeço ao meu orientador, Professor Netto, pela disposição, auxílio e atenção desde o primeiro momento. Agradeço imensamente pelo tempo e paciência à mim dispostos.

Aos professores, colegas e conhecidos da UFAL Sertão que, de alguma forma, contribuíram pra que eu chegasse até aqui.

Por fim, agradeço à todos aqueles que, de forma direta ou indireta, participaram da minha jornada em busca do conhecimento, seja ele pessoal ou acadêmico. Muito Obrigado.

“Do arco que empurra a flecha, quero a força que a dispara. Da flecha que penetra o alvo,  
quero a mira que o acerta” – Marina Silva

## RESUMO

Os laboratórios dentro das Instituições de Ensino Superior (IES) são demandados de carga expressiva de pesquisas e atividades que, de forma direta ou indireta, são grandes geradoras de aspectos e impactos ambientais. Em muitos casos, o acompanhamento dessa geração não é suficientemente eficaz na identificação e controle, acarretando em prejuízos no que se diz respeito aos resultados propostos pelas ações acadêmicas. Nesse sentido, o trabalho propõe uma Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) para o laboratório de materiais de construção na UFAL Campus do Sertão. A intenção do estudo foi identificar os aspectos e impactos ambientais relacionados às atividades realizadas dentro do laboratório e investigar seus atuais mecanismos de controle. Para tanto, foram selecionadas as principais ações executadas, além das características e condições do ambiente para execução da avaliação pelo método de Análise do Modo e do Efeito de Falha (FMEA). Com isso, foram analisados 16 grupos de ensaios e 4 características do ambiente, sendo 6 desses classificados com nível moderado de risco e 3 com nível relevante de risco, o mais significativo dentro da avaliação. Para os aspectos e impactos relacionados às atividades e características com níveis moderado e relevante, foram sugeridas e propostas medidas de prevenção e mitigação, além da composição de pequeno documento com principais informações de boas práticas. Em relação aos casos com classificação de nível relevante de risco, foi possível fazer uma comparação entre a situação de controle atual e um controle futuro, desde que as medidas de prevenção e mitigação sejam seguidas. Para esses aspectos, o valor do Número de Prioridade de Risco (NPR) diminuiu expressivamente, obtendo-se, dessa forma, uma classificação de nível de risco menos grave.

Palavras-chave: Laboratórios de Pesquisa; Geração de Resíduos; Risco Ambiental; Medidas de Prevenção.



## ABSTRACT

The Higher Education Institutions (HEIs) laboratories are required to carry a significant load of research and activities that, directly or indirectly, are major generators of environmental aspects and impacts. In many cases, the monitoring of this generation is not effective enough in the identification and control, resulting in losses with regard to the results proposed by the academic actions. For this reason, the research proposes an Environmental Impact Assessment (EIA) for the building materials laboratory at UFAL Campus do Sertão. The intention of the study was to identify the environmental aspects and impacts related to the activities carried out within the laboratory and to investigate its current control mechanisms. To this end, the main actions performed were selected, in addition to the characteristics and conditions of the environment to perform the evaluation by the method of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). As a result, 16 groups of tests and 4 environmental characteristics were analyzed, 6 of which were classified as having a moderate level of risk and 3 with a relevant level of risk, the most significant within the assessment. For aspects and impacts related to activities and characteristics with moderate and relevant levels, prevention and mitigation measures were suggested and proposed, in addition to the composition of a small document with key information on good practices. Regarding the cases with a relevant risk level classification, it was possible to make a comparison between the current control situation and a future control, provided that prevention and mitigation measures are followed. For these aspects, the value of the Risk Priority Number (RPN) significantly decreased, thus obtaining a less severe risk level classification.

Keywords: Research Laboratories; Waste Generation; Environmental Risk; Prevention Measures.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre ações humanas, aspectos e impactos ambientais .....	20
Figura 2 - Matriz para análise dos impactos ambientais associados à produção de tabaco em uma propriedade no vale do Rio Pardo .....	24
Figura 3 - Metodologia do FMEA .....	27
Figura 4 - Depósito de blocos e tijolos cerâmicos .....	39
Figura 5 - Descarte de corpos-de-prova em reservatório .....	43
Figura 6 - Entrada com rampa de acesso ao prédio anexo .....	45
Figura 7 - Bancada apresentando pouca ou nenhuma limpeza .....	45
Figura 8 - Fluxograma de proposta de mitigação de impacto .....	49
Figura 9 - Fluxograma de proposta de mitigação de impacto .....	50
Figura 10 - Fluxograma de proposta de mitigação de impacto .....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos de uma Avaliação de Impactos Ambientais .....	21
Quadro 2 – Principais elementos do processo de avaliação de impacto ambiental .....	21
Quadro 3 – Lista de verificação de uma unidade hospitalar quanto ao gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais .....	23
Quadro 4 – Critérios para atribuição de valores para os efeitos .....	34
Quadro 5 – Critérios para atribuição de valores para as causas .....	35
Quadro 6 – Critérios para atribuição de valores auxiliares do Índice de Ocorrência .....	35
Quadro 7 – Critérios para atribuição de valores para o controle .....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aspectos e impactos ambientais analisados para o laboratório .....	28
Tabela 2 - Aspectos e impactos ambientais para o laboratório de biologia .....	29
Tabela 3 - Aspectos ambientais analisados para o laboratório .....	31
Tabela 4 - Ferramenta FMEA utilizada .....	36
Tabela 5 - Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em blocos, tijolos e telhas cerâmicos .....	38
Tabela 6 - Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em agregados .....	39
Tabela 7 - Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em aglomerantes .....	41
Tabela 8 - Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em argamassas .....	42
Tabela 9 - Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em concreto e blocos de concreto .....	42
Tabela 10 - Aspectos e impactos ambientais do ambiente do laboratório .....	44
Tabela 11 - Aspectos e impactos ambientais por classificação de risco .....	46
Tabela 12 - Classificação antes e depois de medidas mitigadoras .....	49
Tabela 13 - Classificação antes e depois de medidas mitigadoras .....	50
Tabela 14 - Classificação antes e depois de medidas mitigadoras .....	51

## LISTA DE ABREVIACÕES

ACV - Avaliação de Ciclo de Vida

AIA - Avaliação de Impactos Ambientais

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise do Modo e do Efeito de Falha, em português)

IA – Impacto Ambiental

IES – Instituições de Ensino Superior

IRA - Índice de Risco Ambiental

LAIA - Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais

MDL - Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

NPR - Número de Prioridade de Risco

ODM - Objetivos do Desenvolvimento do Milênio

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SGA - Sistemas de Gestão Ambiental

SGQ – Sistemas de Gestão da Qualidade

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	16
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
3.1 A EVOLUÇÃO DO AMBIENTE HUMANO.....	17
3.2 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	19
3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	20
3.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS .....	22
3.5 OUTROS MÉTODOS DE ANÁLISE DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	25
3.6 USO DO FMEA EM LABORATÓRIOS .....	27
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	33
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS .....	33
4.2 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS COM O FMEA.....	34
4.3 DISPOSITIVO DOCUMENTAL E MECANISMOS DE CONTROLE.....	37
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	38
5.1 ENSAIOS EM BLOCOS, TIJOLOS OU TELHAS CERÂMICOS .....	38
5.2 ENSAIOS EM AGREGADOS .....	39
5.3 ENSAIOS EM AGLOMERANTES .....	41
5.4 ENSAIOS EM ARGAMASSAS.....	41
5.5 ENSAIOS EM CONCRETO E BLOCOS DE CONCRETO .....	42
5.6 CONDIÇÕES DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS.....	44
5.7 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E/OU MITIGAÇÃO .....	46
5.7.1 Aspectos e Impactos Moderados.....	47
5.7.2 Aspectos e Impactos Relevantes.....	48
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	54
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55
<b>APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES E SUGESTÕES DE PRÁTICA PARA ATIVIDADES RELACIONADAS AOS ASPECTOS AMBIENTAIS RELEVANTES</b> .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

As instituições de ensino, em especial as públicas, sempre desempenharam um papel vanguardista em diversos aspectos da sociedade. Para Vieira *et al* (2006, p. 02), as Instituições de Ensino Superior (IES) públicas ampliaram e estimularam novas formas de pensar, refletir, pesquisar e criar, servindo como portais à quebra de barreiras ao longo do tempo.

No Brasil, cerca de 90% da produção científica provém das IES públicas (VIEIRA et al, 2006, p. 04). Para tanto, as instituições, inevitavelmente, se mostram capazes de introduzir, manter e executar processos repetitivos e de avaliação para obtenção de melhores resultados e precisão. A produção acontece, na maioria das vezes, em laboratórios de estudo e pesquisa dentro das instituições, por discentes, servidores e docentes.

De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2020, p. 13), o número de IES no ano de 2020 chegou a mais 2.400, sendo mais de 8 milhões de alunos distribuídos em instituições que apresentam, em sua maior parte, laboratórios para desenvolvimentos de pesquisa. Nesse contexto, os laboratórios dentro das instituições assumem o papel de difusoras de novas práticas e de políticas econômicas e sociais.

Assim também, às IES são solicitadas constantes mudanças em suas relações com o meio ambiente (VIEIRA e SILVA, 2020, p. 77). Isso acontece, principalmente, por conta da demanda progressiva nas pesquisas e dos impactos ambientais que muitas delas geram nesses locais. Avaliar a relevância desses impactos passa a ser uma tarefa importante na manutenção dos resultados propostos. Além disso, a avaliação pode fazer sinalização quanto à necessidade de mudanças nas práticas e renovação dos métodos utilizados. Entretanto, as metodologias de avaliação não são facilitadas; principalmente, no que se refere às avaliações ambientais. A disposição de inúmeros métodos nem sempre é acessível e ações prejudiciais ao meio ambiente, como o descarte inadequado de resíduos, continuam sendo executadas.

Com a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), a situação é semelhante no que se diz respeito ao grande número de metodologias e formas de análises, mas difere na perspectiva de alternativas. Métodos como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e a Análise do Modo e do Efeito de Falha (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*), surgem como alternativas para análise, apresentando resultados claros e objetivos de forma menos burocratizadas.

É dentro dessa perspectiva que se estabelecem os fundamentos básicos do presente trabalho: um estudo de caso acerca dos aspectos e impactos ambientais relacionados às atividades realizadas dentro de um dos laboratórios de pesquisa da UFAL Sertão, utilizando-se do FMEA como metodologia de avaliação.

Para tanto, esta pesquisa está estruturada em 4 partes: objetivos, referencial teórico; metodologia; e resultados e discussões.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar e avaliar, utilizando-se do método FMEA, os aspectos e impactos ambientais dos ensaios e procedimentos do Laboratório de Matérias de construção da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus do Sertão, na cidade de Delmiro Gouveia – Alagoas.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os aspectos e impactos ambientais, causas e metodologias de controle existentes;
- Propor ações de prevenção, controle e mitigação;
- Criar dispositivo documental simples de procedimentos.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) surgiram na década de 1970, quando a lei de política nacional do meio ambiente dos Estados Unidos, *National Environmental Policy Act* (NEPA), criada em 1969, entrou em vigor. Essa lei passou a ser considerada uma legislação pioneira e modelo de planejamento ambiental (SÁNCHEZ, 2013). As discussões que levaram à criação, por sua vez, começaram alguns anos antes e as particularidades dos métodos de AIA só foram desenvolvidas décadas depois. Aqui se faz necessário, portanto, uma breve contextualização histórica mais recente acerca da movimentação internacional e também brasileira no que tange ao ambientalismo.

#### 3.1 A EVOLUÇÃO DO AMBIENTE HUMANO

Após o fim da 2ª Guerra Mundial, os passos mais fundamentados do movimento ambiental moderno foram dados no início da década de 1960, com a publicação de trechos do livro *Primavera Silenciosa* (1962), de Rachel Carson (1907 – 1964), pela revista *New Yorker* (1925 – Atual). No livro, Carson “explica como o uso desenfreado de pesticidas nos EUA alterava os processos celulares das plantas, reduzindo as populações de pequenos animais e colocando em risco a saúde humana.” (BONZI, 2013, p. 208). Por conta da repercussão pública imensurável, o livro é mencionado até os dias de hoje como importantíssimo produto de transformação cultural, social e ambiental.

Já em 1968, foi criado o Clube de Roma, uma organização que tinha como proposta reimaginar o cenário mundial, incentivando e fortalecendo novas atitudes na política, economia e meio ambiente (OLIVEIRA, 2012, p. 77). Mais tarde, em 1972, a organização viria a encomendar e publicar um relatório feito pelo Instituto Tecnológico de Massachussets – MIT, chamado *Limites do Crescimento* (*The Limits to Growth*). Publicado uma década após o manifesto de Carson, o Relatório de Meadows – como também é chamado – gerou controvérsias profundas por seu caráter catastrófico, apesar da sua importância para a questão ambiental (OLIVEIRA, 2012, p. 78).

No mesmo ano de publicação do relatório do Clube de Roma, aconteceu a Conferência da Organização das Nações Unidas no Ambiente Humano, em Estocolmo, Suécia. A manifestação dos países nessa conferência esteve voltada à necessidade da criação de critérios comuns no sentido da preservação e melhoramento do meio ambiente humano. Como

resultado, foram criados 19 princípios, guias de preservação e sustentabilidade, além da criação do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA). Alguns anos mais tarde, em 1983, foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), presidida pela ex-primeira ministra da Noruega e mestre em saúde pública, Gro Harlem Brundtland. Essa comissão foi responsável por trazer a ideia de desenvolvimento sustentável ao campo político com a publicação, em 1987, do relatório intitulado *Nosso Futuro Comum* (ONU, 2020). O Relatório de Brundtland, como também é conhecido, faz uma chamada de estreitamento de laços entre economia e ecologia, além de promover a mudança nos padrões de consumo e exploração de recursos.

Três décadas após a publicação de *Primavera Silenciosa*, acontece a chamada *Cúpula da Terra*, Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento de 1992. Realizada no Rio de Janeiro, a Eco-92, colocou “o ser humano no centro das preocupações relacionadas ao desenvolvimento sustentável, considerando o homem participante da diversidade biológica existente no ambiente.” (CUNHA *et al.*, 2013, p. 67). A Eco-92 é considerada o foro mundial mais importante da história atual e foi responsável por adotar a *Agenda 21* e compor a *Declaração do Rio*, ambos modelos de ações para o desenvolvimento sustentável.

Alguns anos mais tarde, em dezembro de 1997, foi assinado o acordo conhecido como Protocolo de Quioto. Nesse protocolo, estabelecido em Quioto, Japão, os países desenvolvidos se comprometeram a implementar explícitas reduções na emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, através de programas de incentivos de compra e transferência de tecnologias limpas ou Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) para países em desenvolvimento (DINIZ, 2007, p. 31). O protocolo de Quioto – que se utilizou de ideias originalmente criadas pela proposta brasileira do Fundo de Desenvolvimento Limpo (FDL) – só entrou em vigor em 2005, quando os países desenvolvidos que correspondiam a mais da metade das emissões o ratificaram.

Em 2000, aconteceu a chamada Cúpula do Milênio, tendo como resultado a Declaração do Milênio. Esse documento serviu de base para que no ano seguinte a 56ª Sessão da Assembleia das Nações Unidas aprovasse os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio - ODM (CARVALHO e BARCELOS, 2014, p. 224). Os ODM direcionavam a atenção dos países rumo a eliminação da extrema pobreza e fome ao redor do mundo. Esses objetivos ficaram vigentes até setembro de 2015, quando os países-membros integrantes da ONU

aprovaram a Agenda 2030, contendo os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que ampliavam os esforços presentes nos ODM.

Cabe aqui ressaltar que, apesar de toda a institucionalidade e movimentação processual histórica dos fatos supracitados, uma série de desastres ambientais acontecidos durante esse período, impulsionou as ações ambientalistas e mobilizou a atenção internacional. Entre essas tragédias, é possível citar o derramamento de petróleo na costa sudoeste do Reino Unido (1967); o acidente industrial e químico em Bhopal, Índia (1984); e o desastre de Chernobyl, antiga União Soviética (1986).

No Brasil, a primeira legislação mais abrangente e completa no sentido regulamentário surge em 1981, com a criação da Lei 6.938. Nesse momento, é estabelecida a Política Nacional do Meio Ambiente, constituído o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Com a sanção dessa lei, obtém-se os mecanismos de formulação e aplicação da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, além do estabelecimento de seus critérios e padrões e de normas relativas ao uso e manejo dos recursos naturais. A ratificação da Lei 6.938/81 acontece em 1988, com o artigo 225 da Constituição Federal. Vale ressaltar que, a lei em questão incorporou aspectos de legislações já existentes, como o Decreto nº 8.468 que regulamentou o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente no estado de São Paulo, em 1976, e o Decreto nº 1633, que instituiu o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras no estado do Rio de Janeiro, em 1977.

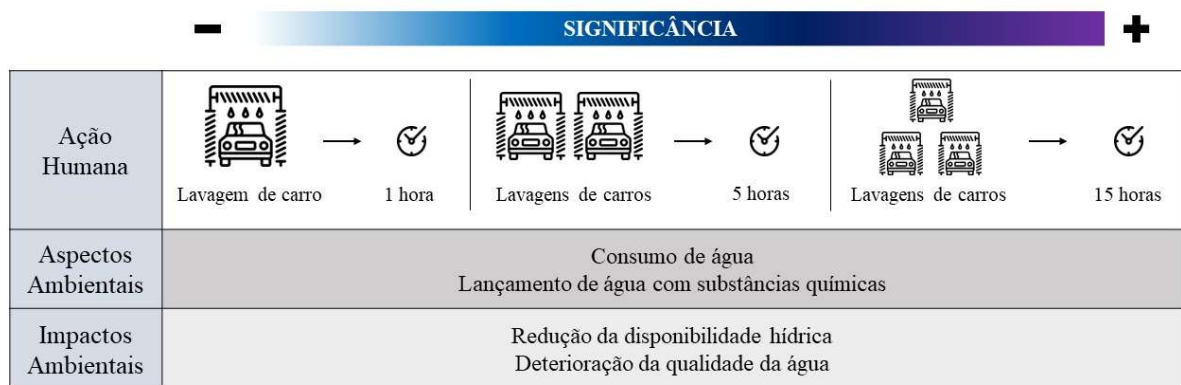
### **3.2 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS**

De acordo com a norma ISO 14.001 (ISSO 2015, p. 03), aspecto ambiental é todo e qualquer “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que interage ou pode interagir com o meio ambiente”. Nesse sentido, um aspecto ambiental pode resultar em um impacto ambiental, que é, de forma geral, a modificação do ambiente. A mesma norma traz em nota que impactos ambientais significativos só podem ser gerados por um ou mais aspectos ambientais também significativos, e que os mesmos são determinados utilizando-se de critérios avaliativos.

Os elementos considerados como aspectos ambientais das atividades, produtos ou serviços não estão restritos à quantificação. Qualquer ação humana pode estar relacionada aos impactos ambientais, desde quando vinculadas às conceituações dos aspectos ambientais. A

lavagem de roupas, por exemplo, é considerada uma ação humana relacionada aos aspectos ambientais e seus respectivos impactos. Nesta ação, há um consumo de água e conseqüentemente, pode-se haver um comprometimento da disponibilidade hídrica. Nitidamente, a significância de tal aspecto ambiental precisa ser analisada e avaliada. A Figura 1 ilustra de forma mais didática a relação entre ações humanas, aspectos ambientais e impactos ambientais e sua significância.

Figura 1 – Relação entre ações humanas, aspectos e impactos ambientais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Existem diversas definições de Avaliação de Impacto Ambiental na literatura especializada. Segundo Moreira (1985, p. 03), a AIA é um instrumento de política ambiental que dispõe de procedimentos capazes de assegurar um exame sistemático dos impactos ambientais de uma proposta. Pimentel e Pires (1992) destacam a definição de AIA feita por Bolea (1984, apud PIMENTEL e PIRES, 1992, p. 56): “estudos realizados para identificar, prever, interpretar e prevenir os efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar a saúde, ao bem estar humano e ao ambiente”.

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), como define a Associação Internacional de Avaliação de Impactos (IAIA, 2009), é um “processo de identificação, predição, avaliação e mitigação de efeitos relevantes de propostas de desenvolvimento nos meios biofísico, social e outros, antes da tomada de decisões e assunção de compromissos”. Nessa definição estão também embutidos os objetivos de proteger a capacidade e produtividade dos sistemas naturais, de promover um desenvolvimento que seja sustentável e otimizar o uso de recursos e sua gestão. Esses objetivos estão detalhados no Quadro 1.

Quadro 1 – Objetivos de uma Avaliação de Impactos Ambientais

1. Assegurar que as considerações ambientais sejam explicitamente tratadas e incorporadas ao processo decisório.
2. Antecipar, evitar, minimizar ou compensar os efeitos negativos relevantes biofísicos, sociais e outros.
3. Proteger a produtividade e a capacidade dos sistemas naturais, assim como os processos ecológicos que mantêm suas funções.
4. Promover o desenvolvimento sustentável e otimizar o uso e as oportunidades de gestão de recursos.

Fonte – IAIA (2009, p. 02).

Além dos objetivos, uma AIA está baseada em princípios básicos e de operação, que determinam como as ações da avaliação devem ser e o que o seu processo deve fornecer. O processo de uma AIA, ou conjunto de atividades e procedimentos da avaliação de impactos ambientais, precisa ser aplicado “o mais rápido possível nos processos de tomada de decisão e ao longo do ciclo de vida das atividades propostas.” (IAIA, 2009, p. 4). Além disso, o processo de AIA precisa produzir informação e resultado, aplicar as melhores metodologias e práticas científicas, ser ajustado à realidade, entre outros deveres.

Após o estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente, o CONAMA publicou, em 1986, a resolução nº 01 que dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impactos ambientais. Com essa publicação, o CONAMA definiu que atividades modificadoras do meio ambiente – listadas pela resolução em questão – dependeriam da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o seu licenciamento. Assim também, nessa resolução estão embutidos os principais elementos do processo de AIA que em sua maioria estão inalterados até os dias atuais; apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Principais elementos do processo de avaliação de impacto ambiental

Elemento	Resolução nº 01/86 (CONAMA)
Triagem	Art. 2º
Determinação do escopo	Art. 6º
Elaboração do EIA e RIMA	Art. 5º, 6º, 8º e 9º
Análise técnica do EIA	Art. 10º
Consulta pública	Art. 11º

Quadro 2 – Principais elementos do processo de avaliação de impacto ambiental  
(Conclusão)

Elemento	Resolução nº 01/86 (CONAMA)
Decisão	Art. 4º e 11º
Acompanhamento e monitoramentos	Art. 6º

Fonte: Elaborado através da resolução 01/86 do CONAMA e SÁNCHEZ (2013, p. 112).

De forma geral, na etapa inicial, a triagem, é analisado se a proposta pode ou não causar impactos ambientais significativos. Só passam pelo processo de determinação do escopo, as propostas que necessitam do EIA e conseqüentemente do RIMA. Após a elaboração do EIA, as propostas passam pela análise técnica e consulta pública como auxílio da tomada de decisão da jurisdição ou instancia decisória. É possível que a proposta seja aprovada com ou sem condições, desaprovada ou encaminhada para modificações ou estudos complementares. Cabe aqui mencionar que, caso seja feita a solicitação de regressão à outras etapas, a proposta precisará retornar ao processo de decisão.

Segundo Sánchez (2013), a gestão ambiental de um futuro empreendimento é facilitada pela AIA, visto que o empreendedor assume compromissos delineados no estudo de impacto ambiental para obter a aprovação do projeto. O autor afirma que o processo de AIA não se encerra com a aprovação da licença, haja visto a existência do monitoramento e acompanhamento, e que as formas de implementação de medidas mitigadoras e compensatórias, assim como os indicadores de sucesso e cronogramas, podem ser definidos durante todo o ciclo de vida do projeto.

É importante mencionar, apesar de não ser o objeto de estudo deste trabalho, que a trajetória dos processos da AIA no contexto nacional se desvincula do objetivo conceitual desse instrumento. A AIA passa a ser observada como um empecilho por aqueles que buscam as licenças ambientais para as suas ações. Uma das causas para esse afastamento dos objetivos da AIA pode estar na falta de integração com instrumentos como planos regionais de desenvolvimento, auditorias ambientais, entre outros, além da falta de clareza quanto aos mecanismos asseguradores da participação social nos processos. (TEIXEIRA, 2008, p. 15).

### 3.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Como já mencionado, a AIA é um instrumento que busca identificar, prever, avaliar, entre outras coisas, os efeitos das propostas de alteração do meio ambiente. Nesse sentido, é possível fazer o uso de metodologias ou ferramentas já desenvolvidas para atender os requisitos exigidos para a execução dos estudos. De acordo com Moreira (1985, p. 12), os “métodos de AIA são mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios para a apresentação escrita e visual dessas informações”.

Moreira (1985) e Sánchez (2013), fazem um apanhado dos principais métodos de AIA, dentre os mais utilizados estão:

1. Listas de verificação (*Checklists*): listas que descrevem os impactos mais comuns associados a certos tipos de empreendimento, enquanto outras indicam os elementos e fatores ambientais potencialmente afetados por determinados tipos de empreendimentos. (SÁNCHEZ, 2013, p. 353). O Quadro 3 é um exemplo de lista de verificação aplicada em uma situação real.

Quadro 3 – Lista de verificação de uma unidade hospitalar quanto ao gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais

<b>CRITÉRIO 1 - FORNECEDORES</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>NA</b>
1. O processo hospitalar segue a legislação ambiental?	A		
2. Os fornecedores são monopolistas no mercado?		A	
3. Os fornecedores apresentam preocupação com o meio ambiente?		D	
4. Para a extração/transporte/processamento/distribuição da matéria-prima é necessário grande consumo de energia?	A		
5. Os fornecedores apresentam alternativas para o tratamento de resíduos?		D	
<b>CRITÉRIO 2 – ECOEFICIÊNCIA DO PROCESSO HOSPITALAR</b>			
<b>A) INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS</b>			
6. A incineração é utilizada para o tratamento de todos os resíduos?		D	
7. A incineração é utilizada para o tratamento de resíduos de alta periculosidade?		D	
8. é verificado se existe a destruição completa e segura nesse processo?			NA
9. Esse método é de alto custo?			NA
10. É necessária a utilização de equipamentos especiais?			NA
11. As escórias e cinzas, resultantes do processo, são dispostas em aterro sanitário próprio?			NA
12. Os efluentes líquidos são encaminhados para estação de tratamento?	A		
Legenda: A – Adequada; D – Deficitário; NA – Não se aplica.			

Fonte: PFITSCHER, E. D. *et al.* 2007, p. 13.



2. Diagramas de interação: “estabelecem a sequência dos impactos desencadeados por uma ação, através de gráficos ou diagramas, permitindo retrair, a partir de um impacto, o conjunto de ações que o causaram direta e indiretamente”. (MOREIRA, 1985, p. 13).

3. Matrizes de interação: matrizes compostas de duas listas, dispostas na forma de linhas e colunas. “Em uma das listas são elencadas as principais atividades ou ações que compõem o empreendimento analisado e na outra são apresentados os principais componentes ou elementos do sistema ambiental, ou ainda processos ambientais”. (SÁNCHEZ, 2013, p. 361). “As quadriculas definidas pela intercessão das linhas e colunas da matriz representam os impactos de cada ação sobre cada fator ambiental”. (MOREIRA, 1985, p. 13). A Figura 3 traz a exemplificação de uma matriz de interação para análise de impactos ambientais.

Figura 2 – Matriz para análise dos impactos ambientais associados à produção de tabaco em uma propriedade no vale do Rio Pardo

		CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS RELEVANTES							
		Meio Físico				Meio Antrópico			
		Ar		Recurso Hídrico	Recurso Edáfico				
Etapas	Atividades	Partículas	Gases e Vapores	Contaminação	Contaminação	Econômico	Infraestrutura	Qualidade de vida	Qualidade Prod. Final
Produção e preparo das mudas	Construção dos canteiros	-	-	-	-	PIRCT	PDLMT	-	-
	Obtenção de mudas e bandejas	-	-	-	-	PDRMT	PDLMT	-	PDLXY
	Preparo do substrato	-	-	-	-	PDLCT	-	-	PDLMT
	Repique	-	-	-	-	PDLCT	-	NDXY	PDLXY
Preparação do solo	Calagem	NDLCT	-	NILXT	NDLXY	PIRCT	-	-	PDLXY
	Lavagem/gradeamento	-	-	-	-	PDRCT	-	NDXY	PDLXY
	Uso de herbicidas/fungicidas	-	NDRMT	NDRXY	NDRXY	PIRCT	-	NDXY	PDRXY
Plantio	Transplante de mudas para a lavoura	-	-	-	-	PIRCT	-	NDXY	PILCT
	Controle de pragas	-	MDLMT	-	-	PDRCT	-	NDXY	PDLXY
	Adubação de plantio e cobertura	-	-	-	-	PIRCT	-	NDXY	PDLXY
Capação	Aplicação de antibrotante	-	NDLCT	NDRXY	NDRXY	PIRCT	-	NDXY	PDLXY
	Quebra do botão floral	-	-	-	-	PILCT	-	NDXY	PDLMT
Colheita	Quebra das folhas	-	-	-	-	-	-	NDXY	PILCT
	Transporte até a propriedade	-	-	-	-	-	-	-	-
Cura das folhas	Preparação das varas de sustentação	-	-	-	-	PDLCT	-	NDXY	PDLCT
	Secagem em estufa	-	NDRMT	-	-	PDRMT	-	NDXY	PDLXY
Classificação, manocas e enfardamento	Classificação do tabaco em grupos de acordo com seu preparo, sua apresentação e arrumação, sua posição nas plantas, cor das folhas e sua qualidade.	NDLMT				PDLMT		NDXY	PDLMT
Transporte para as fumageiras	Carregamento nos veículos de transporte	-	-	-	-	PILCT	-	NDXY	-
	Transporte até as indústrias	-	-	-	-	PIRCT	-	-	-

LEGENDA: P - positivo; N - negativo; D - Direto; I - Indireto; L - Local; R - Regional; C - Curto; M - Médio; X - Longo; Y - Permanente; T - Temporário

Fonte: FALK, D. *et al.* 2019, p. 111.

4. Superposição de cartas: “perfeitamente adaptável a diagnóstico e análise ambiental, consiste na confecção de uma série de cartas temáticas, uma para cada fator ambiental, onde se representam os dados organizados em categorias”. (MOREIRA, 1985, p. 14).

Para a adaptação das partes específicas de cada projeto, tem se observado mais recentemente, a utilização combinada de dois ou mais métodos, considerando as qualidades e deficiências de cada ferramenta.

### 3.5 OUTROS MÉTODOS DE ANÁLISE DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Quando se trata da análise dos aspectos e avaliação de impactos ambientais em laboratórios de pesquisa dentro de instituições de ensino, faz-se necessário uma adaptação dos mecanismos usuais da AIA, baseando-se em técnicas já utilizadas por alguns pesquisadores.

Existem inúmeros modelos de processos de AIA, como citado anteriormente. É possível utilizar a AIA para fundamentar decisões quanto a investimentos ou financiamento de projetos. Pode-se utilizar também os processos de AIA mais focados na quantificação de impactos ambientais desde a sua geração, como é o caso da Análise ou Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

A ACV é um processo técnico que, segundo Martins et al (2017, p. 214):

Leva em conta, sistematicamente, do berço ao túmulo, os impactos do agente sobre os seres humanos e seu entorno. Pela ACV de um produto ou processo, este é inspecionado considerando-se os IAs decorrentes da obtenção das matérias primas para a sua fabricação, a própria fabricação, o uso global de energia e de coadjuvantes requeridos, além do tratamento dos rejeitos originados.

Uma avaliação desse tipo geralmente é dividida em quatro componentes: formulação de escopo e metas; inventário; avaliação de impacto e a avaliação de aprimoramentos. Em se tratando da etapa da avaliação de impacto, é possível subdividi-la quanto à classificação, identificação e a valoração.

Apesar da crescente utilização da ferramenta, a ACV possui algumas limitações. Segundo Cunha e Guerra (2009, p. 240), “a ACV apenas proporciona uma identificação de impactos que poderiam ocorrer, dadas determinadas condições, e não informações que possam ser usadas para avaliar impacto de áreas já afetadas num determinado local e tempo”.

Outro modelo que vem sendo utilizado e mencionado na literatura quando se trata da avaliação de aspectos e impactos ambientais em laboratórios de instituições de pesquisa é o *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) (Análise do Modo e do Efeito de Falha).

O modelo FMEA é definido como um método de análise de riscos e prevenção de falhas partindo da identificação das causas e possibilidade de efeitos. De acordo com Braz (2011, p. 155), o FMEA é utilizado para:

- 1 – Identificar todos os possíveis tipos de falha potencial (do produto ou processo);
- 2 – Determinar o efeito de cada uma (das falhas) sobre o desempenho (do produto ou processo);
- 3 – Priorizar os modos de falha em função de seus efeitos, de sua frequência de ocorrência e da capacidade de os controles existentes evitarem que a falha chegue ao cliente;
- 4 – Identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha potencial ocorrer.

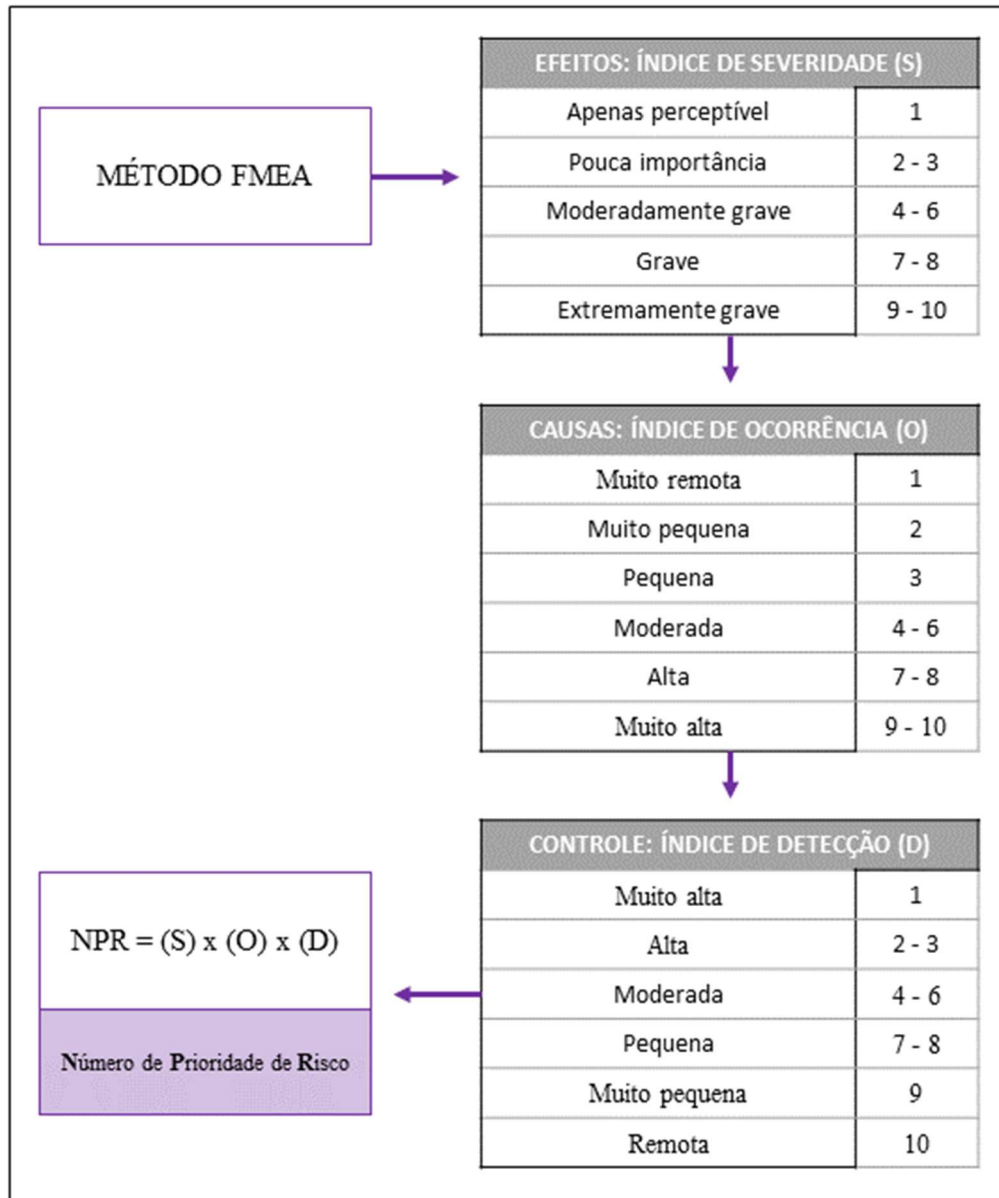
O autor ainda faz uma distinção entre um FMEA de Produto e um FMEA de Processo. Segundo o mesmo (BRAZ, 2011, p. 156), um FMEA de Produto foca na identificação das falhas potenciais do produto, enquanto que o FMEA de Processo só observa as falhas causadas pela confecção do produto ou realização do serviço.

Vandenbrande (1998) fez o uso do FMEA para analisar os riscos na confecção de novos produtos e dos impactos ambientais a partir de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) e Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ). Broggi *et al* (2013) faz o uso do FMEA para avaliar os riscos de pacientes submetidos a tratamentos radioterápicos realizados por meio de uma unidade de tomoterapia helicoidal. Já Liao e Ho (2014), utilizaram o FMEA para examinar o desperdício de companhias biomédicas através da avaliação de risco.

De forma geral, o FMEA pode ser usado em diversas áreas de pesquisa desde que a motivação seja, sumariamente, identificar, examinar ou avaliar a possibilidade de falhas em um determinado produto, serviço ou processo, como citado anteriormente.

A Figura 3 traz, de forma resumida e simplificada, a metodologia de valoração de riscos e/ou falhas dentro da ferramenta FMEA.

Figura 3 – Metodologia do FMEA



Fonte: Elaborado através de VANDENBRANDE (1998) e BRAZ (2011).

### 3.6 USO DO FMEA EM LABORATÓRIOS

A ferramenta FMEA já foi aperfeiçoada e utilizada em ambientes educacionais, especialmente em laboratórios de pesquisa. Senna *et al* (2014), fez o uso do FMEA com o intuito de identificar o Índice de Risco Ambiental (IRA) nas instalações de uma unidade da Instituição Federal Multicampi de Ensino Superior. Nesse estudo, o objetivo principal era realizar o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Na pesquisa em questão, além dos critérios de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), apresentados anteriormente, utilizou-se o índice (F) de Facilidade de implementação da ação recomendada. Esse critério adicionado foi utilizado para quantificar a relação custos, recursos humanos e tempo gastos no momento de implementação do plano de ação. Dessa forma, o Número de Prioridade de Risco (NPR) foi modificado e instituído como IRA.

O LAIA foi realizado através de visitas coletivas aos espaços da unidade, inclusive os laboratórios. Nesse último, foram identificados 5 aspectos ambientais, assim como 5 impactos ambientais relacionados; sendo que 3 desses aspectos e impactos chamaram atenção por apresentar números de IRAs maiores que 600. A Tabela 1 apresenta esses aspectos e impactos.

Tabela 1 – Aspectos e impactos ambientais analisados para o laboratório

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	S	Causas potenciais	O	Controle atual	D	Ação recomendada	F	IRA
Geração de resíduos	Reduz a possibilidade de reciclagem e/ou reutilização	3	Falta de conscientização dos usuários	10	Monitoramento visual	4	Ações de educação ambiental e conscientização	6	720
Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem-estar e segurança dos usuários	6	Ventilação inadequada	10	Conforto térmico	4	Ajustar a capacidade em função do código de edificações	3	720
							Instalação de condicionadores de ar e exaustores	3	720
			Iluminação inadequada	10	Monitoramento visual	4	Redimensionamento dos pontos de iluminação; verificação periódica; substituição	3	720
			Utilização inadequada de equipamentos elétricos diversos	6	Monitoramento visual	4	Levantamento de carga e adequação dos circuitos; instalação de tomadas individualizadas; proibição da utilização de "Ts" e/ou extensões; monitorar a utilização de equipamentos periodicamente; conscientizar usuários	5	720
			Acesso sem os devidos equipamentos	9	Monitoramento visual	2	Conscientização dos usuários; determinar controle de acesso restrito	6	648
	Depósito inadequado de material	10	Monitoramento visual	4	Providenciar depósito adequado	3	720		
Consumo de energia	Redução dos recursos naturais	3	Falta de manutenção no sistema	10	Sem controle	4	Implantar plano preventivo de manutenção	7	840

Fonte: SENNA *et al*, 2014, p. 564-565.

Aqui vale fazer uma consideração em relação ao caso apresentado. Através dos resultados obtidos pelo método FMEA, seria possível compor uma resolução ou lista mais detalhada das prioridades, utilizando-se, inclusive, das ferramentas mais usuais de avaliação de impactos ambientais, como a listagem de controle e/ou diagramas de interação.

Mendonça e Silva (2015) utilizaram o FMEA para a avaliação de aspectos e impactos ambientais de um laboratório de biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Campus Natal Central (IFRN/CNAT). Assim como na pesquisa de Senna *et al*, foi feita a identificação dos aspectos e impactos, as causas e controles atuais para a determinação do IRA e o desenvolvimento de ações de prevenção ou correção.

Nesse trabalho, foi construída ainda uma tabela de classificação dos aspectos ambientais do laboratório conforme sua significância, utilizando-se das médias aritméticas simples do IRA de cada impacto. Os aspectos que apresentaram médias que compunham a porcentagem de 50% com os maiores resultados, foram classificados como significativos e, consequentemente, selecionados com nível de prioridade I. Os demais aspectos foram classificados como não significativos, classificados como prioridade II.

A Tabela 2 apresenta os aspectos ambientais, dessa pesquisa, classificados como significativos e seus respectivos detalhamentos quanto aos impactos e IRA, de acordo com o método FMEA.

Tabela 2 – Aspectos e impactos ambientais para o laboratório de biologia

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	S	Causas potenciais	O	Controle atual	D	IRA	Ação recomendada
Geração de resíduos sólidos perigosos	Contaminação do solo	10	Descarte inadequado; falta de conscientização dos usuários	6	Armazenamento por períodos prolongados; empresa para coleta e tratamento	2	120	Auditar a empresa responsável pela coleta e tratamento dos resíduos; adquirir recipientes próprios para armazenamento
	Contaminação de ambientes aquáticos	10					120	
	Danos à saúde e ao bem-estar de pessoas internas e externas à instituição	10		10	Armazenamento em frascos; utilização de EPI's	2	200	Aumentar a frequência na coleta; adquirir recipientes próprios para armazenamento; treinar continuamente servidores e bolsistas
	Poluição visual	2	Demora na coleta	10	Coleta por empresa	2	40	Aumentar a frequência da coleta

Tabela 2 – Aspectos e impactos ambientais para o laboratório de biologia (Conclusão)

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	S	Causas potenciais	O	Controle atual	D	IRA	Ação recomendada
Geração de efluentes perigosos	Contaminação do solo	10	Descarte inadequado	9	Armazenamento por períodos prolongados; empresa para coleta e tratamento	4	360	Auditar a empresa responsável pela coleta e tratamento dos resíduos; adquirir recipientes próprios para armazenamento; construir uma mini estação de tratamento; tratar os efluentes com fibra de casca de coco verde
	Contaminação de ambientes aquáticos	10	Falha no sistema de coleta e/ou tratamento; falta de conscientização dos usuários	9			360	
	Danos à saúde e ao bem-estar de servidores e alunos e população externa à instituição	10	Manejo incorreto; falta de conscientização dos usuários	10	Armazenamento em frascos e garrafas pet; utilização de EPI's	4	400	
Emissão de gases e vapores	Danos à saúde e ao bem-estar de servidores e alunos	7	Armazenamento incorreto de reagentes	10	Armazenamento em armários dentro do laboratório	2	140	Construir uma "casa de reagentes"; instalar sistema de exaustão
			Coleção de animais em formaldeído	10	Frascos comuns e sem vedação	4	280	Vedar os frascos; substituir o formaldeído por outra solução menos tóxica
Riscos à saúde devido às condições do ambiente	Danos à saúde e ao bem-estar de servidores e alunos	7	Ventilação inadequada	10	Abertura das janelas	2	140	Instalar sistema de exaustão
			Falha ergonômica	10	Não há controle	2	140	Utilizar bancos com altura regulável
		Falta de limpeza do ar-condicionado	10	Limpeza com pouca frequência por empresa terceirizada	1	70	Aumentar a frequência de limpeza dos ar-condicionados	

Fonte: MENDOÇA e SILVA, 2015, p. 374-376.

Aires e Pimenta (2019) também fizeram uso do FMEA no estudo de caso com foco na avaliação dos aspectos e impactos ambientais de um laboratório de análises físico-químicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Nesse caso, foram utilizados os índices de severidade (S), probabilidade de ocorrência (O) e detecção (D), usuais para o cálculo do IRA na ferramenta FMEA.

Processualmente, nessa pesquisa, as etapas seguidas foram as de: (i) identificação dos aspectos e impactos ambientais; (ii) avaliação dos aspectos e impactos ambientais; (iii)

recomendações de medidas de controle para os aspectos ambientais. Na etapa (i) e (iii) foram feitas entrevistas com o corpo técnico e secretariado do laboratório com o objetivo de validação dos resultados obtidos de forma empírica. Na etapa (i), foi realizada também a análise documental dos procedimentos do laboratório, desde formulários diversos de controle interno a resoluções de colegiado.

Vale mencionar que, a pesquisa em questão utilizou-se da metodologia de valoração FMEA no intervalo de 1 a 5 entre os índices; fator este que produziu um decréscimo aparente de seus valores em relação a outros casos que utilizaram o mesmo método.

Desta forma, a relevância dos aspectos foi definida em níveis de risco como: tolerável ( $IRA < 24$ ); moderado ( $25 < IRA < 99$ ) e relevante ( $IRA > 100$ ). Para os casos onde o risco foi classificado com tolerável, a sugestão de ação foi considerada como não imediata. Nos casos moderados, a ação precisaria ter sua implementação prevista e definida a curto prazo. Por fim, os riscos classificados como relevantes, a sugestão de ação foi considerada como imediata e a definição de medidas de acompanhamento e monitoramento contínuo. Entretanto, apesar da classificação proposta, não foram identificados aspectos ambientais de nível de risco relevante.

A Tabela 3 detalha os aspectos ambientais e os resultados do IRA da pesquisa em questão.

Tabela 3 – Aspectos ambientais analisados para o laboratório

Aspecto ambiental	Fatores			IRA (SxOxD)
	Severidade (S)	Probabilidade de Ocorrência (O)	Detecção (D)	
Uso de peças de computadores e equipamentos	3	3	1	9
Acidentes de manipulação	3	3	1	9
Quebra de equipamentos e lâmpadas	3	3	1	9
Geração de resíduos não perigosos	3	3	1	9
Consumo de energia	3	1	3	9
Consumo de água	3	1	3	9
Odores	3	1	1	3
Geração de efluente perigoso	5	3	5	75
Geração de efluente não perigoso	3	3	5	45
Geração de resíduos sólidos perigosos	5	5	1	25

Fonte: AIRES e PIMENTA, 2019, p. 10-13.



Para o presente trabalho de conclusão de curso, foi utilizado também a ferramenta FMEA e análises semelhantes às apresentadas neste último tópico. A metodologia está detalhada no próximo item.

## 4. METODOLOGIA

Os objetivos de se fazer uma avaliação de aspectos e impactos ambientais podem ser distintos, mas, geralmente, conduzem à um mesmo instinto de finalidade nos projetos e empreendimentos. Uma AIA, como detalhada nos itens anteriores dessa pesquisa, segue um ou mais modelos previamente estabelecidos por normas e determinações institucionais que sucederam descobertas, discussões e acordos internacionais ao longo dos anos. O que se propõe no presente trabalho se entrelaça e baseia-se nesses modelos, mas, de forma geral, não está limitada aos mesmos.

Para a pesquisa em questão, a metodologia utilizada seguiu parâmetros semelhantes aos utilizados nos estudos de caso citados anteriormente. Inicialmente, foi feita a identificação dos aspectos e impactos ambientais, tendo como sequência a avaliação utilizando-se do método FMEA. Através da avaliação, foi possível localizar as possíveis falhas nas atividades e os mecanismos de controle atuais, além de propor medidas de prevenção e/ou mitigação. Ao final, foi realizada a confecção de um documento auxiliador para melhores práticas no laboratório, de acordo com os dados obtidos nas etapas anteriores. Cada uma dessas etapas será detalhada a seguir.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

De acordo com Sanchez (2013, p. 125), o potencial de um impacto ambiental está intrinsecamente ligado às características dos processos e significância dos aspectos, além da vulnerabilidade ou importância do meio. Ou seja, um impacto só é significativo quando seu aspecto relacionado é significativo. Sendo assim, identificados os aspectos ambientais com maiores potenciais, chega-se nos impactos ambientais importantes para o meio.

Para Assumpção (2011, apud AIRES e PIMENTA, 2019, p. 04), o objetivo de se identificar os aspectos ambientais “consiste em esclarecer as atividades da organização que possam vir a gerar riscos ou acidentes ambientais, avaliando seus efeitos adversos, falhas e erros no processo”. Dessa forma, o método de coleta e processo de identificação de aspectos e impactos ambientais dessa pesquisa se voltou à análise documental dos procedimentos atuais do laboratório de materiais de construção da UFAL/Sertão e à observação e tomada de notas.

Na etapa de análise documental, o contato com a equipe laboratorial possibilitou um detalhamento mais preciso dos ensaios e atividades realizados naquele ambiente. Os ensaios

estão divididos em 5 grupos, estando todos eles ligados diretamente à Proposta Pedagógica Curricular (PPC) do curso de graduação em Engenharia Civil e às ementas e conteúdos programáticos das disciplinas na área de materiais de construção e afins. Além disso, alguns ensaios em concreto são realizados de forma rotineira por agentes não necessariamente ligados aos planos de curso das disciplinas. Como é o caso do ensaio de determinação da resistência à compressão do concreto utilizando-se da prensa eletrohidráulica presente no laboratório, realizado por uma empresa júnior de engenharia com sede no campus.

No que se diz respeito à etapa de observação, foi feita a tomada de nota e levantamento dentro de um período de março a agosto de 2022, listando as entradas (INPUTS), os processos de transformação e as saídas (OUTPUTS).

#### 4.2 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS COM O FMEA

Identificados os aspectos e impactos ambientais, foi possível prosseguir para a fase de avaliação. Como apresentado anteriormente, é possível utilizar-se do FMEA para essa avaliação, por se tratar de “uma ferramenta útil e poderosa em avaliar possíveis falhas e prevenir eles ocorram.” (VANDENBRANDE, 1998, p. 97).

Desta forma, para a avaliação dos efeitos desses aspectos e consequentes impactos, foi utilizado o Índice de Severidade (S), variando do nível mais baixo (1) ao mais alto (5), como detalhado no Quadro 4.

Quadro 4 – Critérios para atribuição de valores para os efeitos

EFEITOS	
Índice de Severidade (S)	Valor
Difícilmente perceptível: impacto ambiental muito baixo ou insignificante no meio ambiente	1
Pouca importância: impacto ambiental baixo ou muito baixo no meio ambiente	2
Moderadamente grave: impacto ambiental moderado no meio ambiente	3
Grave: impacto ambiental com graves danos ao meio ambiente (a saúde das pessoas que vivem na área pode ser ameaçada)	4
Extremamente grave: impacto ambiental com danos muito graves ao meio ambiente (coloca em risco a vida de pessoas nas áreas circunvizinhas)	5

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Para a avaliação das causas, foi utilizado o Índice de Ocorrência (O), variando também de (1) a (5), como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 – Critérios para atribuição de valores para as causas

CAUSAS	
Índice de Ocorrência (O)	Valor
Remota: impacto altamente improvável de ocorrer	1
Baixa: o impacto ocorre em casos isolados, mas as chances são baixas	2
Moderada: o impacto tem uma chance razoável de acontecer	3
Alta: o impacto acontece de forma regular e/ou em períodos significativos do tempo	4
Muito alta: impacto acontece inevitavelmente durante longos períodos	5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Outro fator analisado dentro dos mecanismos das causas foi a contribuição do Índice de Ocorrência (O) para a significância do impacto. Dessa forma, foi atribuído o Parâmetro Contribuição (C) junto à (O), variando dos níveis mais baixos (0,6) aos mais altos (1,0); como detalha o Quadro 6.

Quadro 6 – Critérios para atribuição de valores auxiliares do Índice de Ocorrência

CAUSAS – Índice de Ocorrência	
Parâmetro de Contribuição (C)	Valor
Remota: a ocorrência do impacto não influencia sua significância	0,6
Baixa: a ocorrência do impacto traz influência pequena na sua significância	0,7
Moderada: a ocorrência traz uma influência moderada na significância do impacto	0,8
Alta: a ocorrência do impacto provavelmente irá influenciar sua significância	0,9
Muito alta: a significância do impacto está diretamente ligada à ocorrência	1,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Em se tratando dos mecanismos de controle, foi utilizado o Índice de Detecção (D), variando de forma decrescente dos níveis remotos (5) à níveis mais altos (1). O Quadro 7 detalha os valores de atribuição.

Quadro 7 – Critérios para atribuição de valores para o controle

CONTROLE	
Índice de Detecção (D)	Valor
Muito pequena ou remota: os aspectos ambientais não vão ser detectados em qualquer período de tempo ou não existe razão para que eles aconteçam	5
Pequena: é improvável que os aspectos ambientais sejam detectados	4
Moderada: existe uma chance moderada dos aspectos ambientais serem detectados	3
Alta: as chances de detecção dos aspectos ambientais são altas	2
Muito alta: os controles atuais irão sempre detectar os aspectos ambientais	1

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

No que se refere a todo o quadro de mecanismos de descrição da ferramenta FMEA utilizado para a avaliação, com o objetivo de uma melhor identificação dos aspectos e impactos ambientais, foi proposta uma separação, em 5 grupos, dos ensaios e atividades realizadas dentro do laboratório avaliado. São eles:

- Ensaios em blocos, tijolos ou telhas cerâmicos;
- Ensaios em agregados;
- Ensaios em aglomerantes;
- Ensaios em argamassas;
- Ensaios em concreto e blocos de concreto.

Além disso, foi feita a análise no que se diz respeito às condições do ambiente do laboratório de materiais. Desta forma, os resultados avaliativos do presente trabalho serão apresentados e detalhados seguindo a divisão de grupos proposta. A Tabela 4 apresenta o modelo adaptado de ferramenta FMEA utilizada neste trabalho.

Tabela 4 – Ferramenta FMEA utilizada

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = Sx(OxC)xD
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

### 4.3 DISPOSITIVO DOCUMENTAL E MECANISMOS DE CONTROLE

Ao final da AIA proposta pelo trabalho em questão e durante todo o período de coleta de dados e vivência em laboratório, foi constatado a inexistência de algum documento suplementar capaz de auxiliar os estudantes e demais usuários no que se refere ao uso dos equipamentos e riscos oferecidos pelos mesmos. Assim, como objetivo suplementar, este trabalho se propôs à criação de um dispositivo simples em forma de documento (Apêndice 1), contendo as principais normas, instruções de funcionamento de equipamentos e principais procedimentos descritos em um Manual de Boas Práticas (MBP) e um Procedimento Operacional Padronizado (POP).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ENSAIOS EM BLOCOS, TIJOLOS OU TELHAS CERÂMICOS

Existe uma enorme variedade de ensaios e procedimentos que podem ser realizados com blocos, tijolos ou telhas cerâmicos em laboratórios, com objetivos também diversos. Para o laboratório em questão, dois processos foram analisados e avaliados, são eles: entrega e armazenamento; ensaio de aceitação e determinação da resistência à compressão e carga de ruptura à flexão. A Tabela 5 apresenta os resultados dessa avaliação, utilizando o método FMEA.

Tabela 5 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em blocos, tijolos e telhas cerâmicos

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = Sx(OxC)xD
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Entrega e armazenamento	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento de recursos naturais	2	Armazenamento de material por períodos prolongados	2	0,6	Monitoramento visual	2	4,8
Ensaio de aceitação e determinação da resistência à compressão (para blocos e tijolos) e aceitação e determinação da carga de ruptura à flexão (para telhas)	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento de recursos naturais	2	Descarte inadequado	2	0,9	Não existe controle suficiente	2	7,2
	Consumo de energia elétrica	Comprometimento do fornecimento elétrico	1	Uso de equipamentos com alto consumo energético	4	1	Desligamento de equipamentos quando não utilizados	2	8
	Consumo de água	Comprometimento da disponibilidade hídrica	1	Uso de recipientes com grandes volumes a preencher	3	1	Troca de água dos grandes reservatórios realizada em períodos de tempo mais espaçados	3	9

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

O primeiro processo apresentado é o conjunto das atividades de entrega e armazenamento dos materiais dos ensaios. O aspecto ambiental identificado se refere diretamente à danificação e quebra dos tijolos, blocos ou telhas ou partes deles no momento de recebimento da fábrica, além dos resíduos gerados pelo armazenamento de tais materiais. É importante ressaltar que, para esse processo em específico, a movimentação dos materiais é reduzida por parte dos servidores, técnicos e estudantes. Isso acontece devido sazonalidade de realização de ensaios que utilizem os materiais. Dessa forma, apesar de se tratar de um aspecto ambiental relevante, a significância e ocorrência do impacto é baixa. Aliado a isso, a

detecção é facilmente perceptível, resultando em um Número de Prioridade de Risco (NPR) baixo. A Figura 4 apresenta a situação de um dos espaços reservados ao armazenamento dos materiais desse processo.

Figura 4 – Depósito de blocos e tijolos cerâmicos



Fonte: Autor, 2022.

Para o segundo conjunto de atividades, foram avaliados dois ensaios relacionados aos tijolos e blocos e dois ensaios relacionados às telhas cerâmicas. Para esses processos, foram identificados três aspectos ambientais. Em todos os casos, o valor de NPR foi baixo.

## 5.2 ENSAIOS EM AGREGADOS

Em se tratando de agregados, foram identificados e analisados três grupos de processos realizados no laboratório estudado neste trabalho. Tais processos são: ensaios de determinação da absorção de água e massa específica; ensaio de determinação de impurezas orgânicas; ensaios de determinação de teor de umidade, cloretos, inchamento da areia, índice de forma e abrasão “Los Angeles”. A Tabela 6 apresenta os resultados da avaliação.

Tabela 6 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em agregados

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = Sx(OxC)xD
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Ensaio de determinação da absorção de água e massa específica	Consumo de água	Comprometimento da disponibilidade hídrica	2	Uso de recipientes com grandes volumes a preencher	1	0,6	Não existe controle hídrico	5	6



Tabela 6 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em agregados (Conclusão)

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = Sx(OxC)xD
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Ensaio de determinação de impurezas orgânicas	Manejo de substâncias químicas	Danos à saúde e bem-estar de servidores e alunos	5	Utilização de materiais como hidróxido de sódio, ácido tânico e álcool	3	1	Uso de EPI's e armazenamento de materiais em vidrarias dentro do laboratório	2	30
	Geração de resíduos sólidos perigosos	Danos à saúde e bem-estar de pessoas internas e externas à instituição	4	Descarte inadequado	2	1	Não existe controle eficiente	4	32
		Comprometimento de recursos naturais	3	Descarte inadequado	3	0,9	Não existe controle suficiente e eficiente	3	24,3
Ensaio de determinação de teor de umidade, teor de cloretos, inchamento da areia, índice de forma e abrasão “Los Angeles”	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento de recursos naturais	2	Descarte inadequado	1	0,7	Não existe controle eficiente	4	5,6

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Os ensaios do primeiro e terceiro grupos não produziram valores para NPR significativamente altos. Isso se deve aos níveis de severidade e ocorrência dos impactos baixos ou muito baixos. Entretanto, foi possível constatar que os mecanismos de controle e acompanhamento atuais não são eficientes e/ou suficientes. Dessa forma, utilizando-se da suposição, caso os valores de severidade ou ocorrência ou ambos fossem altos, os aspectos identificados poderiam ser significativos.

No caso dos ensaios do segundo grupo analisado, foram identificados dois aspectos ambientais e três impactos no total. Nesses ensaios, os valores de severidade, ocorrência e detecção variam e divergem uns dos outros. Em um dos impactos identificados, a severidade, ocorrência e detecção apresentaram valores iguais, apesar de possuírem significados diferentes. Nesses dois primeiros aspectos ambientais, os valores para NPR se mostraram altos.

Vale destacar que, dentre todos os ensaios analisados, independente da finalidade ou material, o ensaio de determinação de impurezas orgânicas foi o que apresentou o maior índice de severidade, devido sua alta capacidade de danos e materialização de impacto.

### 5.3 ENSAIOS EM AGLOMERANTES

Se referindo aos aglomerantes, foram analisados dois grupos de atividades realizadas no laboratório: ensaios de determinação da consistência, finura, tempo de pega e resistência do cimento; ensaio de carbonatação da cal e resíduos insolúveis. Esses dois grupos estão divididos entre ensaios que se utilizam de cimento e ensaios com cal. Na Tabela 7, é possível visualizar os resultados da avaliação para esses materiais.

Tabela 7 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em aglomerantes

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = $S_x(O_xC)xD$
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Ensaio de determinação da consistência, finura, tempo de pega e resistência do cimento	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	1	Descarte inadequado	1	1	Não existe controle	5	5
Ensaio de carbonatação da cal e resíduos insolúveis	Manejo de substâncias químicas	Danos à saúde e bem-estar de servidores e alunos	3	Utilização de ácido clorídrico	3	1	Uso de EPI's e armazenamento de materiais em vidrarias e frascos dentro do laboratório	1	9

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Para os ensaios realizados com o cimento, foi possível perceber que os valores de severidade e ocorrência não são significativos. Isso se deve ao fato de que esses processos utilizam-se de quantidades muito reduzidas de material, além da periodicidade pouco recorrente. Esses ensaios são realizados a números de duas ou três vezes ao ano no máximo. Entretanto, não foram observados mecanismos de controle de desperdício, nem de descarte.

No caso dos ensaios realizados com a cal, as possibilidades de danos à saúde e bem estar dos servidores e alunos é significativa, haja visto a utilização de substâncias perigosas. Porém, para a realização das atividades, foram sempre observadas a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), além do correto armazenamento dos materiais após a prática.

### 5.4 ENSAIOS EM ARGAMASSAS

Os ensaios em argamassas analisados no laboratório foram unificados e apresentados em um único grupo. Esses ensaios são realizados, de forma geral, em demonstrações práticas

nas disciplinas laboratoriais e pesquisas sazonais feitas por estudantes. Dessa forma, a Tabela 8 fornece os dados relacionados a avaliação de aspectos e impactos ambientais.

Tabela 8 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em argamassas

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = $Sx(OxC)xD$
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Ensaio para análise de características como plasticidade, trabalhabilidade, adesão, absorção de água, exsudação, coesão e retração em argamassas para assentamento e revestimentos de paredes e tetos	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	3	Descarte inadequado	3	1	Não existe controle suficiente e eficiente	3	27

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Apesar de uma periodicidade razoável, os ensaios para esse grupo de materiais não dispõem de acompanhamento eficaz no que se diz respeito à geração de resíduos sólidos. Dessa forma, o aspecto ambiental identificado é significativo, dada a severidade, ocorrência e detecção de seu impacto.

## 5.5 ENSAIOS EM CONCRETO E BLOCOS DE CONCRETO

Os ensaios realizados com concreto e/ou blocos de concreto representam o maior percentual periódico dentro do laboratório. As práticas com esses tipos de materiais acontecem regularmente e utilizando-se de grandes volumes de material mensalmente. Na Tabela 9 estão detalhados os resultados da análise feita pelo método FMEA.

Tabela 9 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em concreto e blocos de concreto

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = $Sx(OxC)xD$
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Ensaio para determinação da consistência de concretos convencionais e do espalhamento de concretos autoadensáveis	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	2	Descarte inadequado	4	0,9	Não existe controle eficiente	4	28,8

Tabela 9 – Aspectos e impactos ambientais para os ensaios em concreto e blocos de concreto (Conclusão)

Atividade ou processo	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = Sx(OxC)xD
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Ensaio para determinação da resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral do concreto	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	3	Número elevado de corpos de prova e/ou blocos de concreto descartados	4	1	Não existe controle de descarte	4	48
	Consumo de água	Comprometimento da disponibilidade hídrica	1	Uso de recipientes com grandes volumes a preencher	1	0,8	Troca de água dos grandes reservatórios realizada em períodos de tempo mais espaçados	4	3,2
	Consumo de energia elétrica	Comprometimento do fornecimento elétrico	1	Uso de equipamentos com alto consumo energético	2	0,8	Desligamento de equipamentos quando não utilizados	4	6,4

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

O primeiro grupo analisado, apresenta níveis de ocorrência consideráveis, apesar da baixa severidade de seu impacto. Nota-se que, caso existisse um controle de descarte, o valor de NPR seria insignificante.

No segundo grupo de processos, três aspectos ambientais foram identificados, destacando-se o primeiro. O NPR para esse caso, se apresentou o mais elevado de todos, dentre os dados analisados. Isso se deve, como citado anteriormente, ao alto número de práticas no ambiente, contribuindo diretamente com o índice de ocorrência, além da não existência de um controle de descarte de resíduos. Portanto, o acompanhamento é falho. A Figura 5 apresenta a situação de um dos locais contendo resíduos de corpos-de-prova utilizados nos ensaios detalhados acima.

Figura 5 – Resíduos de corpos-de-prova em reservatório



Fonte: Autor, 2022.

É importante ressaltar que, os resíduos gerados pelos ensaios com blocos ou corpos-de-prova de concreto são reutilizados em algumas pesquisas feitas por discentes dentro do laboratório. Entretanto, a periodicidade dessas pesquisas não pode ser documentada nem prevista, assim como a relevância das mesmas no que se diz respeito às quantidades de resíduos utilizados.

## 5.6 CONDIÇÕES DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS

Além das análises relacionadas aos ensaios e procedimentos realizados no laboratório, foi feita uma avaliação utilizando-se também do método FMEA para as condições do ambiente. Nesse caso, foram considerados 4 características e/ou condições: iluminação e equipamentos de emergência; limpeza; acessibilidade e ventilação. A Tabela 10 apresenta os dados dessa análise.

Tabela 10 – Aspectos e impactos ambientais do ambiente do laboratório

Características ou condições	EFEITOS			CAUSAS			CONTROLE		NPR = $Sx(OxC)xD$
	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	Situação	O	C	Acompanhamento atual	D	
Iluminação e equipamentos de emergência	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem estar e segurança dos usuários	4	Ausência de iluminação de emergência	3	0,9	Monitoramento visual	2	21,6
Limpeza	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem estar e segurança dos usuários	4	Utilização de materiais e equipamentos que geram resíduos	4	1	Limpeza e retirada de resíduos após a utilização dos equipamentos e materiais	2	32
Acessibilidade				Trânsito de pessoas no laboratório	2	1	Laboratório localizado dentro de anexo com entrada acessível	2	16
Ventilação				Ausência de condicionadores de ar e ventilação cruzada bloqueada	3	1	Flexibilização nos horários de uso do laboratório	2	24

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Para todas condições, os aspectos e impactos identificados foram iguais, inclusive para o índice de severidade (S). Em se tratando das causas e controle, as características de iluminação e equipamentos de emergência, limpeza e ventilação apresentaram os maiores valores; resultando em um NPR significativamente alto.

Para a característica de acessibilidade, os índices de Ocorrência e Controle foram baixos. Isso aconteceu pela existência de rampa de acesso ao prédio no qual o laboratório está localizado. Apesar disso, os valores dos índices citados não foram mínimos por conta da inexistência de piso tátil e mapa com indicação do ambiente em alto relevo para deficientes visuais, como requeridos pela NBR 9050 (ABNT, 2020). A Figura 6 apresenta a rampa de acesso ao prédio do laboratório.

Figura 6 – Entrada com rampa de acesso ao prédio anexo



Fonte: Autor, 2022.

Em se tratando especificamente das condições de limpeza, foi possível detectar um valor consideravelmente alto para a ocorrência do impacto. Em muitos locais dentro do laboratório, foram observados a inexistência ou pouca limpeza ou a irregularidade da mesma. A Figura 7 apresenta um desses locais citados.

Figura 7 – Bancada apresentando pouca ou nenhuma limpeza



Fonte: Autor, 2022.

## 5.7 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E/OU MITIGAÇÃO

Através da avaliação dos aspectos e impactos pelo método FMEA, proposta pelo trabalho, foi possível identificar NPR's com valores diversos, mas que trazem informações consigo. Utilizando-se de metodologia classificatória semelhante à Aires e Pimenta (2019), citada anteriormente, as atividades e processos ou características e condições foram divididas em 3 grupos de níveis de risco: tolerável ( $NPR \leq 18$ ); moderado ( $18 < NPR \leq 31$ ) e relevante ( $NPR > 31$ ). Desta forma, 11 aspectos foram classificados com nível de risco tolerável, 6 como moderados e 3 aspectos como nível de risco relevantes. Cada um desses aspectos está detalhado na Tabela 11.

Tabela 11 – Aspectos e impactos ambientais por classificação de risco

Atividade ou processo/característica ou condição	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	NPR	Classificação
Ensaio em concreto e blocos de concreto	Consumo de água	Comprometimento da disponibilidade hídrica	3,2	Tolerável
Ensaio em blocos, tijolos ou telhas cerâmicos	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	4,8	Tolerável
Ensaio em aglomerantes	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	5	Tolerável
Ensaio em agregados	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	5,6	Tolerável
Ensaio em agregados	Consumo de água	Comprometimento da disponibilidade hídrica	6	Tolerável
Ensaio em concreto e blocos de concreto	Consumo de energia elétrica	Comprometimento do fornecimento elétrico	6,4	Tolerável
Ensaio em blocos, tijolos ou telhas cerâmicos	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	7,2	Tolerável
Ensaio em blocos, tijolos ou telhas cerâmicos	Consumo de energia elétrica	Comprometimento do fornecimento elétrico	8	Tolerável
Ensaio em blocos, tijolos ou telhas cerâmicos	Consumo de água	Comprometimento da disponibilidade hídrica	9	Tolerável
Ensaio em aglomerantes	Manejo de substâncias químicas	Danos à saúde e bem-estar de servidores e alunos	9	Tolerável
Acessibilidade	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem-estar e segurança dos usuários	16	Tolerável
Iluminação e equipamentos de emergência	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem-estar e segurança dos usuários	21,6	Moderado
Ventilação	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem-estar e segurança dos usuários	24	Moderado
Ensaio em agregados	Geração de resíduos sólidos perigosos	Comprometimento dos recursos naturais	24,3	Moderado



Tabela 11 – Aspectos e impactos ambientais por classificação de risco  
(Conclusão)

Ensaio em argamassas	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	27	Moderado
Ensaio em concreto e blocos de concreto	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	28,8	Moderado
Ensaio em agregados	Manejo de substâncias químicas	Danos à saúde e bem-estar de servidores e alunos	30	Moderado
Ensaio em agregados	Geração de resíduos sólidos perigosos	Danos à saúde e bem-estar de pessoas internas e externas à instituição	32	Relevante
Limpeza	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem-estar e segurança dos usuários	32	Relevante
Ensaio em concreto e blocos de concreto	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	48	Relevante

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

No que se refere às atividades ou características nos quais o nível de risco foi classificado como tolerável, não foram apresentadas sugestões de controle; haja visto a baixa relevância dos seus NPR's. Para esses aspectos, deve-se fazer a manutenção dos controles atuais, se caso existirem.

### 5.7.1 Aspectos e Impactos Moderados

Em se tratando dos aspectos de atividades ou condições classificados como nível moderado, foram feitas algumas considerações e sugestões de medidas de prevenção e/ou mitigação.

Para a primeira atividade ou condição analisada, iluminação e equipamentos de emergência, sugere-se aquisição e instalação de iluminação de emergência, sinalização de saídas de emergência, aumento no número e diversificação dos extintores de incêndio, de acordo com a norma NBR 12693 (2021), além da elaboração e exposição de mapa de risco do laboratório.

Em sequência, para a condição de ventilação do ambiente, segunda característica listada na classificação “moderado”, faz-se a sugestão da instalação de sistema de exaustão ou condicionadores de ar para melhoramento do fluxo de ar no ambiente.

No que se refere ao aspecto de geração de resíduos sólidos perigosos relacionado ao ensaio de determinação de impurezas orgânicas, terceira atividade listada, é sugerido o descarte sinalizado e separado dos resíduos para a coleta sanitária, o aumento da frequência da coleta e sensibilização dos servidores e alunos no momento do descarte. A instalação de



sinalização de aviso e orientação reforçada dos servidores e docentes para com os discentes nos momentos de prática também é imprescindível.

Para a quarta atividade listada, relacionada ao aspecto de geração de resíduos sólidos, faz-se a sugestão de controle no descarte. Para essa atividade, única relacionada às argamassas, foi possível identificar a utilização de outros materiais, como blocos ou tijolos cerâmicos ou de concreto, nos momentos de prática. Nesse caso, a reutilização desses materiais, sempre que possível, pode auxiliar na diminuição da severidade do aspecto.

No caso do aspecto de geração de resíduos sólidos relacionado aos ensaios para determinação da consistência de concretos convencionais e do espalhamento de concretos autoadensáveis, quinta atividade listada, a sugestão também se limita ao controle de descarte. Para esse caso também, é sugerida a reutilização desses resíduos em pesquisas fomentadas por grupos de pesquisa e/ou docentes.

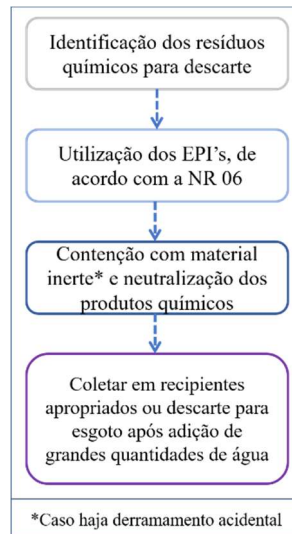
Para a sexta e última atividade classificada com nível de risco moderado, o aspecto de manejo de substâncias químicas relaciona-se ao ensaio de determinação de impurezas orgânicas. Nesse caso, o impacto ambiental está diretamente ligado ao momento da prática e não ao descarte. Para esse caso, faz-se a sugestão de continuidade no uso de EPI's, a utilização de trabalho em capela, a substituição dos recipientes danificados de armazenamento das substâncias químicas ou não apropriados e a instalação de equipamentos de socorro imediato como chuveiro de emergência e lava olhos.

### **5.7.2 Aspectos e Impactos Relevantes**

Os aspectos e impactos ambientais classificados como nível relevante necessitam de uma atenção e detalhamento aprimorado no que se refere às medidas de prevenção e/ou mitigação. Nesses casos, 3 no total, são feitas propostas, não se limitando em sugestões.

Para o primeiro caso, no qual o aspecto ambiental de geração de resíduos sólidos perigosos relaciona-se ao ensaio de determinação de impurezas orgânicas, a proposta se desdobra na criação de um controle específico para o descarte. A exposição aos agentes químicos no momento de descarte pode se valer ou utilizar-se, para a composição das propostas, de normas que tratam de atividades e operações que se utilizam de EPI's, como é o caso da NR 06 (2022). A Figura 8 detalha o passo-a-passo para a formalização e realização da proposta de mitigação do impacto ambiental.

Figura 8 – Fluxograma de proposta de mitigação de impacto



Fonte: Autor, 2022.

Utilizando-se das propostas para este caso, primeiro entre os classificados com nível relevante de risco, seria possível observar alterações no que se diz respeito aos índices de ocorrência e detecção, O e D, do impacto ambiental. Desta forma, haveria uma diminuição significativa no NPR e, conseqüentemente, na sua classificação de nível de risco; como mostra a Tabela 12.

Tabela 12 – Classificação antes e depois de medidas mitigadoras

Estágio	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	O	C	D	NPR	Classificação
Situação atual	Geração de resíduos sólidos perigosos	Danos à saúde e bem-estar de pessoas internas e externas à instituição	4	2	1	4	32	Relevante
Após medidas de mitigação			4	1	1	1	4	Tolerável

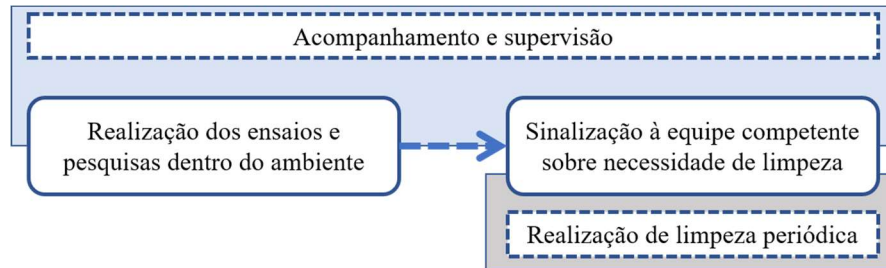
Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Para efeito de identificação, melhoramento de práticas e manutenção de processos, está proposto no Apêndice 1, ao final do trabalho, informações e sugestões de práticas para esse caso.

Em se tratando do segundo caso, no qual o impacto ambiental se relaciona às condições de limpeza do laboratório, a proposta se torna mais generalizada. Isso acontece devido ao caráter do aspecto. Nesse caso, o compartilhamento de informações das condições cotidianas do ambiente deve ser instrumentalizado e, a sinalização para com as equipes de limpeza

precisa acontecer imediatamente ao final do processo, além da supervisão nesse ínterim. A Figura 9 ilustra a proposta para mitigação do impacto identificado.

Figura 9 – Fluxograma de proposta de mitigação de impacto



Fonte: Autor, 2022.

Ao se executar as medidas de mitigação propostas para esse caso, segundo entre os classificados com nível relevante de risco, seria possível observar uma redução para o NPR, haja visto as alterações nos índices de ocorrência e detecção. A Tabela 13 detalha essas alterações.

Tabela 13 – Classificação antes e depois de medidas mitigadoras

Estágio	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	O	C	D	NPR	Classificação
Situação atual	Condições do ambiente	Comprometimento da saúde, bem estar e segurança dos usuários	4	4	1	2	32	Relevante
Após medidas de mitigação			4	1	1	1	4	Tolerável

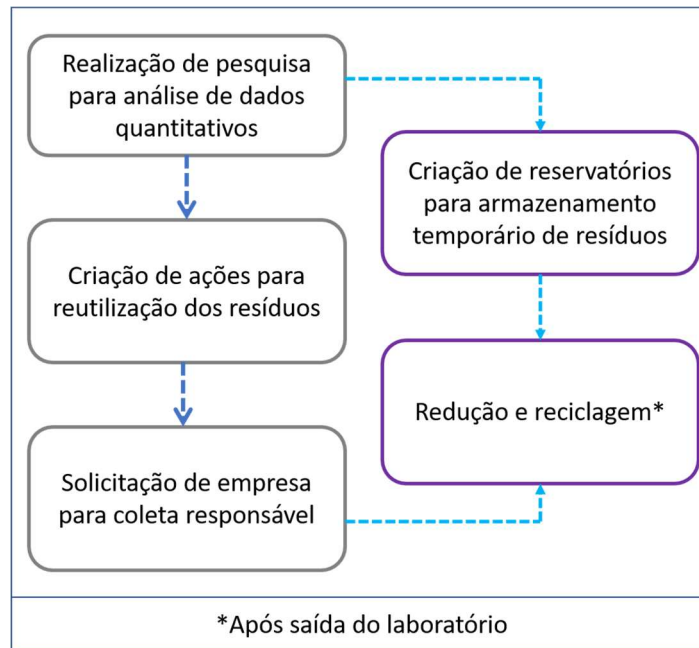
Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

O terceiro e último aspecto ambiental classificado com nível de risco relevante se relaciona diretamente à inexistência do controle de descarte. Durante o período de coleta de dados desse trabalho, foi possível inferir que o laboratório em questão produz um montante residual superior a 30 mil cm<sup>3</sup> por mês; em virtude da intensa periodicidade dos ensaios. Nesse caso, a proposta de acompanhamento e mitigação se configura a mais urgente dentre todas as apresentadas anteriormente.

Inicialmente, visando uma efetividade no controle, é proposto um mapeamento das atividades geradoras os resíduos, realizando uma análise quantitativa de dados e seus períodos de realização. Em consequente, é necessária uma exposição dos resultados com o objetivo de discussão e proposição de ações que possam reutilizar parte dos resíduos em pesquisas e

ensaios ainda no âmbito do laboratório. Em paralelo a isso, o treinamento continuado dos técnicos e discentes deve ser feito, traçando metas para redução ou reciclagem residual. Por fim, fazer sinalização formal à instituição de ensino sobre a necessidade de contratação de empresa responsável pela coleta dos resíduos dos ensaios. A Figura 10 ilustra a proposta para controle e mitigação do impacto ambiental identificado.

Figura 10 – Fluxograma de proposta de mitigação de impacto



Fonte: Autor, 2022.

A partir da execução das medidas de mitigação propostas para esse caso, terceiro aspecto ambiental classificado como nível relevante de risco, seria possível observar diminuições em relação aos índices de ocorrência e detecção. A atividade passaria a enquadrar o limiar entre os níveis tolerável e moderado; como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 – Classificação antes e depois de medidas mitigadoras

Estágio	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	S	O	C	D	NPR	Classificação
Situação atual	Geração de resíduos sólidos	Comprometimento dos recursos naturais	3	4	1	4	48	Relevante
Após medidas de mitigação			3	3	1	2	18	Tolerável

Fonte: Elaborado pelo o autor, 2022.

Assim como para o primeiro caso apresentado anteriormente, está proposto no Apêndice 1, mais informações para melhoramento das práticas relacionadas a esse aspecto dentro do laboratório.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar e analisar os aspectos e impactos ambientais de atividades e processos realizados dentro de um laboratório de pesquisas na área de construção civil e pontuar o tratamento e acompanhamento atuais. Para tanto, utilizou-se de uma metodologia alternativa de avaliação de impactos, visando a possibilidade de realização menos burocratizada, o FMEA.

Aplicando o FMEA no laboratório de materiais foi possível perceber que a maioria dos aspectos e impactos produzidos pelas ações de pesquisa e ensino são toleráveis. Isso não significa, entretanto, um apoio à manutenção das práticas atuais de maneira não diligente, mas a sinalização para uma retomada atenção para com as práticas.

Apesar das ações com resultados de níveis citados acima, foi possível identificar alguns processos mais preocupantes e urgentes no que se diz respeito à tomada de medidas de mitigação e prevenção; os aspectos e impactos com nível relevante de risco. Nesses casos, notou-se que a problemática não está delimitada pelos processos de pesquisa, mas sim o tratamento pós-realização. Sendo assim, as medidas de prevenção e mitigação não estão focadas, especificamente, nos agentes geradores de resíduos, mas no que se faz após a geração. Não obstante, dar atenção aos processos e atividades também é importante, haja visto a potencialidade de tais aspectos em romperem a barreira entre níveis moderados e relevantes de risco.

Aqui, vale ressaltar que, um dos processos classificado como nível relevante, ao realizar a avaliação, está relacionado às condições do ambiente, a limpeza do laboratório. Desta forma, a não atenção quanto a urgência das medidas de mitigação pode comprometer a realização das demais pesquisas, transformando todos os processos em suscetíveis ao aumento de risco ambiental.

À vista das considerações acima apresentadas, fica evidente a importância da AIA em ambientes de pesquisa, como o laboratório analisado por esse trabalho. As análises, apesar de qualitativas, denotam credibilidade e segurança, trazendo para a discussão os motivos pelos quais a preocupação com questões ambientais e socioecológicas devem ser sempre levadas em consideração.

## 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Aqui, cabe-se fazer sugestões para pesquisas futuras que visem a qualidade e desempenho ambiental do laboratório de materiais de construção do Campus Sertão, contribuindo para um maior refino dos resultados aqui apresentados.

- Analisar quantitativamente os aspectos e impactos ambientais;
- Aplicar as ações de prevenção e mitigação de impactos, comparando as novas entradas e saídas com as antigas;
- Analisar qualitativa e quantitativamente outros laboratórios presentes na instituição, comparando as avaliações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRES, C. F.; PIMENTA, H. C. D. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais de um laboratório de análises físico-químicas pelo método FMEA. **HOLOS**, [S.L.], ano 35, v. 8, dez. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 4. ed. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001: Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015.

BONZI, R. S. Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S.L.], n. 28, p. 207-215, jul./dez. 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2018. Disponível em: . Acesso em: 19 set. 2022.

BRAZ, M. A. Ferramentas e Gráficos Básicos. In.: ROTONDARO, R. G. (Coord.). **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, cap. 5, 1. ed. 8. reimpr. 2011.

BROGGI, S. *et al.* Application of failure mode and effects analysis (FMEA) to pretreatment phases in tomotherapy. **Journal of Applied clinical Medical Physics**. [S.L.], v. 14, n. 5, p. 265-277, 2013.

CARVALHO, P. G.; BARCELLOS, F. C. Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM: Uma avaliação crítica. **Sustentabilidade em Debate**. Brasília: v. 5, n. 3, p. 222-244, set.-dez. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 01 de 23/01/1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

CUNHA, G. F. *et al.* Princípio da precaução no Brasil após a Rio-92: Impacto Ambiental e Saúde Humana. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo: v. XVI, n. 3, p. 65-82, jul.-set. 2013.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 9. ed. 2009.



- DINIZ, E. M. Lessons from the Kyoto Protocol. **Ambiente & Sociedade**. Campinas: v. X, n. 1, p. 27-38, jan.-jun. 2007.
- FALK, D. *et al.* Estudo de caso: Emprego da matriz de Leopold para a avaliação de impactos associados à produção de tabaco em uma propriedade no vale do Rio Pardo. **TECNO-LÓGICA**. Santa Cruz do Sul: v. 23, n. 2, p. 108-115, jul.-dez. 2019.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT. **Princípios da Melhor Prática em Avaliação do Impacto Ambiental**. Fargo: IAIA, v.1, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Resumo técnico do censo da educação superior 2020**. Brasília, 2022.
- LIAO, C. J.; HO, C. C. Risk management for outsourcing biomedical waste disposal – Using the failure mode and effects analysis. **Waste Management**. [S.L.], v. 34, p. 1324-1329, 2014.
- MARTINS, C. R. *et al.* Avaliação dos impactos ambientais dos tratamentos de resíduos de solventes no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. **Química Nova**, [S.L.], v. 40, n. 2, p. 214-218, 2017.
- MENDONÇA, J. M. S.; SILVA, R. G. Aspectos e impactos ambientais de um laboratório de biologia. **HOLOS**, [S.L.], ano 31, v. 8, dez. 2015.
- MOREIRA, I. V. D. Assessoria Técnica da Presidência. **Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1985.
- OLIVEIRA, L. D. O “Limites do Crescimento” 40 anos depois: Das “Profecias do Apocalipse Ambiental” ao “Futuro Comum Ecologicamente Sustentável”. **Revista Continentes**, n. 1, p. 72-96, jul. 2012.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o Meio Ambiente**. 16 set. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- PFITSCHER, E. D. *et al.* A situação dos hospitais quanto ao gerenciamento dos aspectos e impactos ambientais. **Cadernos EBAPE**. Brasil: v. 5, n. 3, set. 2007.
- PIMENTEL, G.; PIRES, S. H. Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e seus limites. Rio de Janeiro: **Revista Administração Pública**, 26. Ed v. 1, p. 56-68, jan.-mar. 1992.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2. ed. 2013.

SENNA, A. J. T. *et al.* Determinação do índice de risco ambiental das instalações de uma unidade de uma instituição federal multicampi de ensino superior. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia ambiental – REGET**. [S.L.], v. 18, n. 1, p. 555-565, abr. 2014.

TEXEIRA, I. M. V. **O Uso da Avaliação Ambiental Estratégica no Planejamento da Oferta de Blocos para Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Brasil: Uma Proposta**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. (Tese).

VANDENBRANDE, W. How to se FMEA to reduce the size of your quality toolbox. **Quality Progress**. Belgium, 1998.

VIEIRA, E. M. F. *et al.* Universidade em tempos de mudança. **Cadernos EBAPE**. Brasil: v. 4, n. 3, out. 2006.

VIEIRA, L. I.; SILVA, E. R. Revisão narrativa sobre práticas de gestão ambiental nas instituições públicas de ensino superior brasileiras. **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 16, n. 42, p. 75-93. jul/set. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9256>. Acesso em: 05 set. 2022.



## APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES E SUGESTÕES DE PRÁTICA PARA ATIVIDADES RELACIONADAS AOS ASPECTOS AMBIENTAIS RELEVANTES

### Principais normas e documentos relacionados aos ensaios:

- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para Concreto - Especificação.
- ABNT NBR NM 30:2001 - Agregado Miúdo - Determinação da Absorção de Água.
- ABNT NBR NM 52:2009 - Agregado Miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.
- ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto –Especificações.
- ABNT NBR NM 26:2001: - Agregados – Amostragem: Procedimento.
- ABNT NBR NM 49:2001 – Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas.
- ABNT NBR 9939:2011: Determinação da umidade total – Método de ensaio.
- ABNT NBR 6467:2006 – Determinação do Inchamento de Agregado Miúdo
- ABNT NBR 9917:2022 - Agregados para Concreto – Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis.
- NR 06:2018 – Equipamento de Proteção Individual – EPI
- Catálogo SOLOTEST (Concreto e Agregado) – Prensa Eletrohidráulica com Indicador Digital (1.501.250 – setembro 2022)

### Destaques:

<b>Processos em contato com Hidróxido de Sódio (NaOH)</b>
<p><b>Características gerais:</b> Soca cáustica (nome comercial); pode ser apresentado em diversos estados físicos e em soluções aquosas; pode gerar explosões (gás hidrogênio) em contato com alumínio, chumbo, zinco e estanho; provoca danos ao meio ambiente.</p>
<p><b>Medidas de prevenção:</b> Fazer descarte correto, diminuindo chances de contaminação; evitar todo tipo de contato com a pele e/ou inalação (em estado gasoso); manter em locais bem ventilados e em frascos e vidrarias bem fechados, protegidos de fontes de calor e luz do sol; fazer o uso de EPI de acordo com a NR 06.</p>

**Exposição:** Em contato com a pele, pode causar queimaduras severas, dermatites e câncer de pele (casos raros).; em caso de ingestão/ inalação/contato com os olhos, pode causar queimaduras na boca, garganta, sangramento de esôfago, estômago, colapso respiratório, câncer de esôfago, conjuntivite, tosse, edema pulmonar, perda de visão e até a morte.

**Procedimentos de emergência:** Em caso de incêndio, utilizar extintores com CO<sub>2</sub>, pó químico ou água; em caso de inalação/ingestão/contato com pele ou olhos, procurar assistência médica imediatamente.

### Processos utilizando Prensa Eletrohidráulica

**Características gerais:** Prensa Eletrohidráulica com indicador digital simples; permite controle manual de velocidade de avanço do pistão; função S.U.P para visualização de carga máxima atingida pelo corpo de prova; porta de proteção contra estilhaços.

**Medidas de prevenção de acidentes:** Fazer uso somente com supervisão de pessoal capacitado; utilizar de óculos de proteção, de acordo com NR 06:2018; proibir movimentação posterior à máquina quando em uso; garantir fechamento de porta de proteção quando em uso.

**Exposição:** Em contato com estilhaços de tamanhos significativos e em grandes velocidades, pode causar ferimentos leves, graves ou letais ao corpo.

**Procedimentos de emergência:** Em caso de acidentes com estilhaços, procurar assistência médica imediatamente e, se possível, interromper funcionamento da máquina; em caso de incêndio por eletricidade, utilizar extintores do tipo C (CO<sub>2</sub>).