

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

DEISE COELHO JOUSSEPH

**MÉTODOS MULTICRITERIAIS DE HIERARQUIZAÇÃO PARA
AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM
ORGANIZAÇÕES**

**CURITIBA
2020**

DEISE COELHO JOUSSEPH

**MÉTODOS MULTICRITERIAIS DE HIERARQUIZAÇÃO PARA
AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM
ORGANIZAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – PPGCTA – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Lucila Adriani Coral
Coorientador: Prof. Dr. Klaus Dieter Sautter

**CURITIBA
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Jousseph, Deise Coelho
Métodos multicriteriais de hierarquização para avaliação de aspectos e impactos ambientais em organizações [recurso eletrônico] / Deise Coelho Jousseph. -- 2020.
1 arquivo texto (114 f.): PDF; 952 KB.

Modo de acesso: World Wide Web.
Título extraído da tela de título (visualizado em 16 jun. 2020).

Texto em português com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2020.
Bibliografia: f. 89-98.

1. Tecnologia ambiental - Dissertações. 2. Gestão ambiental. 3. Impacto ambiental - Avaliação - Brasil, Sul. 4. Processo decisório por critério múltiplo - Aspectos ambientais. 5. ISO 14001 I. Coral, Lucila Adriani, orient. II. Sautter, Klaus Dieter, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, inst. IV. Título.

CDD: Ed. 23 -- 363.7

Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba
Bibliotecária: Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271
Aluna de Biblioteconomia: Josiane Mangueira

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 135

A Dissertação de Mestrado intitulada MÉTODOS MULTICRITERIAIS DE HIERARQUIZAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM ORGANIZAÇÕES defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Deise Coelho Jousseph**, no dia 04 de março de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, área de concentração Tecnologias e Processos Ambientais, linha de pesquisa Controle e Monitoramento Ambiental, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Lucila Adriani Coral - Presidente - UTFPR
Prof(a). Dr(a). Cíntia Mara Ribas de Oliveira – Univ. Positivo
Prof(a). Dr(a). Dr^a. Larissa Kummer - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 04 de março de 2020.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

À minha mãe, mulher de fibra e
coração enorme. Exemplo e inspiração!

AGRADECIMENTOS

À Deus, que colocou em meu caminho a possibilidade real de realização de mais esta conquista, me mostrando sempre que os caminhos se alternam e tudo é possível, com vontade e dedicação.

À minha família:

- meu esposo Jociel, por me incentivar e suportar incondicionalmente, qualquer que seja minha escolha, e minha filha Bianca, que me dá forças com seu sorriso contagiante.

- meu pai Rupen, que mesmo um pouco distante, deixa claro seu carinho e minha mãe Dalva, apoio sempre presente e incondicional.

- meus irmãos: Augusto, sereno e de opinião sensata, sempre disposto a ajudar no que for necessário, e Carlos Alberto, o caçula que traçou o caminho primeiro, me mostrando que é possível e indicando as possibilidades.

- meus tios, que sempre acreditaram em mim, em especial tio Marco Antônio, preocupado com minhas escolhas desde menina, apontando as melhores opções.

Meu especial agradecimento aos meus orientadores, Prof. Dr. Klaus Dieter Sautter, que generosamente forneceu o tema e me direcionou durante toda a pesquisa para que atingisse o objetivo esperado e, Prof.^a Dr.^a Lucila Adriani Coral, que acreditou desde o início que eu seria capaz de concluir o trabalho, criando uma oportunidade onde fosse possível conciliar minha vida acadêmica e profissional e não poupou esforços para corrigir minha trajetória quantas vezes fossem necessárias.

Aos professores que compuseram a banca de qualificação e a banca de defesa da dissertação, por dedicarem seu tempo para leitura detalhada da pesquisa, ouvir a arguição e fazer suas contribuições para enriquecer o trabalho.

Agradeço também à UTFPR e ao PPGCTA, por proporcionarem oportunidade e recurso para a realização da pesquisa, assim como todos os professores e colegas, que durante as disciplinas, se dispuseram a dividir suas experiências, contribuindo e enriquecendo o estudo.

Muito obrigada!

RESUMO

JOUSSEPH, Deise Coelho. **Métodos multicriteriais de hierarquização para avaliação de aspectos e impactos ambientais em Organizações**. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

As vantagens comerciais, financeiras e mercadológicas têm levado muitas empresas a optarem pela certificação no Sistema de Gestão Ambiental de acordo o estabelecido na Norma ISO 14001. Uma das fases mais críticas deste processo é o levantamento e avaliação dos Als (Aspectos e Impactos ambientais) associados às atividades da Organização e a priorização das atividades de minimização destes impactos. A Norma ISO 14001 não especifica um método para esta avaliação e diferentes modelos são utilizados pelas Organizações. O presente trabalho se propõe a aplicar e avaliar três diferentes métodos multicriteriais de avaliação e ranqueamento dos aspectos ambientais, sendo a Análise Hierárquica de Processos (AHP), uma adaptação do método de Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA) e método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010) (MRZ), de forma a identificar as diferenças na avaliação dos Als. Para a avaliação dos métodos, considerou-se o levantamento de Als de duas Organizações brasileiras, sendo uma do ramo industrial e uma de serviços. Primeiramente, foram aplicados os métodos FMEA e MRZ a todos os Als identificados em ambas as Organizações, e posteriormente o método AHP foi aplicado aos Als com as 10 maiores pontuações nos ranqueamento resultante da análise dos Als com os métodos FMEA e MRZ. A análise dos resultados da avaliação feita através dos três métodos, mostrou que qualquer um deles pode ser utilizado para a avaliação de Als; no entanto, o método AHP apresentou dificuldades para avaliar um número maior que 20 Als. O método MRZ se mostrou inovador, ao considerar a governança para análise e ranqueamento dos Als e, o método FMEA apresentou vantagem em relação aos demais, principalmente quanto à facilidade de aplicação, sendo o mais recomendado para este ranqueamento.

Palavras-chave: Sistema de Gestão Ambiental. Impactos Ambientais. Métodos de hierarquização. ISO 14001.

ABSTRACT

JOUSSEPH, Deise Coelho. **Multi-criteria hierarchy methods for assessing environmental aspects and impacts in corporations**. Dissertation. Postgraduate Program in Environmental Science and Technology. Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2020.

Commercial, financial and marketing advantages have encouraged many companies to adopt the Environmental Management System certificated in accordance with ISO 14001. Some of the most critical steps of this process are the identification and assessment of environmental aspects and impacts associated with corporate activities and the prioritization of actions to minimize these impacts. The ISO 14001 does not specify a method for this assessment and different models are used by companies. Here we applied three different multicriteria methods for evaluation and ranking of environmental aspects, namely the Analytic Hierarchy Process (AHP), one adaptation of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Marazza, Bandini e Contin (2010) method (MRZ). The assessment of Environmental Aspects and Impacts using each one of these methods was performed in two different Brazilian companies, one of them was industrial and the other was the service company. First, was applied the FMEA and the MRZ for all Aspects and Impacts from companies and then, AHP was applied for the 10 Aspects and Impacts with higher graduation on FMEA and MRZ. The analysis of the results of the evaluation made through the three methods, showed that any one of them can be used for the AIs evaluation, however the AHP showed restrictions for evaluation more than 20 AIs. The MRZ proved to be innovative when considering governance for analysis and the FMEA method presented advantage in relation to the others, mainly related of easily application of it, being the most recommended for this ranking.

Keywords: Environmental Management. Environmental Impacts. Hierarchy methods. ISO 14001.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estrutura da série de Normas ISO 14000.....	15
Quadro 2: Requisitos da norma ISO 14001:2015.....	24
Quadro 3: Estudos na literatura que utilizam a metodologia AHP em avaliações na área ambiental.....	39
Quadro 4: Modelo tradicional de tabela FMEA.....	43
Quadro 5: Valores usuais considerados para atribuição da frequência da falha “F” .	43
Quadro 6: Valores usuais considerados para atribuição da detecção da falha “D” ...	44
Quadro 7: Valores usuais considerados para atribuição da severidade da falha “S”	44
Quadro 8: Estudos na literatura, que utilizam a metodologia FMEA para avaliação de Als	45
Quadro 9: Nível de responsabilidade do aspecto pelo método MRZ - c	47
Quadro 10: Nível de gerenciamento do aspecto pelo método MRZ - g.....	48
Quadro 11: Referência para cálculo do valor do índice de governança G	48
Quadro 12: Valores de referência para parâmetro de frequência e extensão fe	49
Quadro 13: Relação entre pressões ambientais e componentes ambientais.....	50
Quadro 14: Valores para os impactos ambientais em cada componente ambiental, de acordo com a dimensão temporal e espacial do impacto.....	51
Quadro 15: Categorias gerais e específicas de aspectos ambientais e seus relativos valores de “m”	51
Quadro 16: Valores de m para categorias de saúde pública e segurança	53
Quadro 17: Formulário FMEA adaptado para avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais.....	60
Quadro 18: Diretrizes para classificação do índice de gravidade do impacto	61
Quadro 19: Diretrizes para classificação do índice de ocorrência da causa	61
Quadro 20: Diretrizes para classificação da detecção da causa de uma ocorrência	62
Quadro 21: Diretrizes para classificação da facilidade de implantação das ações recomendadas.....	62
Quadro 22: Escala de Conversão para julgamento de cada alternativa na comparação par a par com base em cada subcritério a ser avaliado entre as alternativas (Ex. probabilidade de ocorrência).....	65

Quadro 23: Escala para comparação dos critérios para a par segundo julgamento de importância.....	66
Quadro 24: Modelo de comparação teórica entre os métodos multicriteriais de análise proposto por Guglielmetti, Martins e Salomon (2003)	67
Quadro 25: Listagem de critérios considerados relevantes para a análise dos métodos aplicados no presente estudo para o ranqueamento de Aspectos e Impactos Ambientais.....	69
Quadro 26: Als com maiores pontuações na avaliação com FMEA para Organização industrial.....	70
Quadro 27: Als com maiores pontuações na avaliação com FMEA para Organização de serviços	71
Quadro 28: Als com maiores pontuações na avaliação com MRZ para Organização industrial.....	73
Quadro 29: Als com maiores pontuações na avaliação com MRZ para Organização de serviços	74
Quadro 30: Hierarquização de AI avaliados pelo método AHP para a Organização industrial.....	77
Quadro 31: Hierarquização de AI avaliados pelo método AHP para a Organização de serviços	78
Quadro 32: Comparação entre os métodos multicriteriais de análise aplicados nas duas organizações para hierarquização de Als.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre o ciclo PDCA e a estrutura da ISO 14001	21
Figura 2: Fases genéricas dos Métodos Multicriteriais de Análise	34
Figura 3: Classificação dos métodos multicriteriais de análise em grupo	35
Figura 4: Representação de uma estrutura hierárquica do método AHP – Decomposição do problema em hierarquias	41
Figura 5: Processo de fabricação de MDF (Organização 1)	56
Figura 6: Processo de destinação final de resíduos (Organização 2)	57
Figura 7: Características dos métodos utilizados no trabalho	58
Figura 8: Representação das etapas realizadas no estudo	59
Figura 9: Etapas para preenchimento do formulário para análise FMEA	60
Figura 10: Hierarquia de critérios adotada neste estudo, para aplicação do AHP	64
Figura 11: Als da Organização Industrial, hierarquizados com os métodos FMEA, MRZ e AHP	81
Figura 12: Als da Organização de Serviços, hierarquizados com os métodos FMEA, MRZ e AHP	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Sistemas de Gestão padronizados pela ISO (<i>International Organization for Standardization</i>)	12
3.1.1 O Sistema de Gestão Ambiental (SGA)	15
3.2 Sistema de Gestão Ambiental segundo a ISO 14001	18
3.3 Requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental baseado na Norma ISO 14001:2015	20
3.3.1 Estrutura da norma ISO 14001:2015	21
3.3.2 Requisitos da norma ISO 14001	23
3.4 Planejamento de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseado na norma ISO 14001:2015 – Riscos e Oportunidades	28
3.4.1 Riscos e Oportunidades	28
3.4.2 Aspectos Ambientais	29
3.4.3 Impactos Ambientais	30
3.4.4 Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA)	31
3.5 Métodos para Análise de Aspectos e Impactos Ambientais (AIs)	33
3.5.1 Métodos Multicriteriais de Análise	34
4 METODOLOGIA	56
4.1 Coleta de dados	56
4.2 Aplicação dos Métodos	58
4.2.1 Aplicação do método FMEA para determinação da significância dos aspectos ambientais	59
4.2.2 Aplicação do método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010) – MRZ para determinação da significância dos aspectos	63
4.2.3 Aplicação do método da Análise Hierárquica de Processos (AHP) para determinação da significância dos aspectos ambientais	63
4.3 Avaliação dos Métodos Aplicados para Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais	66
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.1 Avaliação dos AIs utilizando FMEA	70

5.2 Avaliação dos Als Utilizando o Método MRZ	73
5.3 Aplicação do Método AHP para os Als com Maiores Pontuações obtidos nos Métodos FMEA e MRZ	75
5.4 Comparação Entre os Métodos Multicriteriais de Análise Quando Aplicados às Duas Diferentes Organizações	79
5.4.1 Avaliação dos resultados obtidos pelos três métodos utilizados para o ranqueamento dos Als da Organização industrial	79
5.4.2 Avaliação dos resultados obtidos pelos três métodos utilizados para o ranqueamento de Als da Organização de serviços	82
5.5 Comparação entre os três métodos multicriteriais de análise aplicados	84
6 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A	99
APÊNDICE B	109

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da industrialização global, a explosão populacional, o desenvolvimento de novos produtos, a alta produção e o consumo, contribuíram para o desenvolvimento econômico, mas resultaram na degradação ambiental. A implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) traz uma série de vantagens para a gestão organizacional, destacando-se a gestão financeira, impactada positivamente devido ao uso eficiente de recursos naturais, e a preocupação em alcançar e demonstrar o desempenho ambiental correto, controlando os impactos de suas atividades, produtos e serviços em relação ao meio ambiente e agindo de acordo com suas políticas e objetivos ambientais (OLIVEIRA; SERRA, 2010). A implantação do SGA auxilia o atendimento à legislação vigente e também diminui as penalidades com multas impostas por órgãos ambientais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (RINO; SALVADOR, 2017). Da mesma forma, as restrições legais e a pressão da sociedade contribuem para a evolução dos SGAs e por isso, requerem modelos inovadores (ACUÑA, FIGUEROA E WILCHES, 2017).

O modelo de SGA proposto a partir da norma ISO 14001:2015, objetiva a proteção ao meio ambiente pela prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos, o auxílio à Organização no atendimento aos requisitos legais e outros requisitos, e melhoria do desempenho ambiental (ABNT, 2015).

A implementação de um SGA pelas Organizações, tem como intuito, entre outros, desenvolver uma política ambiental e gerenciar aspectos e impactos ambientais (AIs) (LIU et al., 2012). A norma ISO 14001 pode ser aplicada em empresas de todos os portes e em qualquer região, devido ao seu caráter amplo, estabelecendo requisitos mínimos para o gerenciamento do SGA (OLIVEIRA; SERRA, 2010).

Para a mitigação dos riscos ambientais de uma empresa, a norma ISO 14001:2015 coloca, entre outros pontos, que “a Organização deve determinar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços os quais ela possa controlar e aqueles que ela possa influenciar e seus impactos ambientais associados, considerando a perspectiva do ciclo de vida” (ABNT, 2015, pág. 10). Ainda, tem-se que a Organização deve determinar aqueles aspectos que têm ou possam ter um impacto ambiental significativo, ou seja, aspectos ambientais significativos, por meio de um ou mais critérios estabelecidos pela própria Organização.

O adequado levantamento dos AIs dos processos da Organização é de extrema complexidade (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009) e um dos pontos fundamentais para o bom andamento do sistema de gestão; segundo Liu et al. (2012), é a chave para o sucesso de um SGA. A norma ISO 14001:2015 impõe como requisito a avaliação e significância dos AIs, porém não especifica um método para a realização desta avaliação (ABNT, 2015).

Uma das tarefas mais importantes nos métodos de decisão é a escolha do critério a ser considerado (RUSSO; CAMANHO, 2015; SAATY; SHANG, 2011). Os métodos multicriteriais de análise permitem avaliar vários critérios para o processo de tomada de decisão. A aplicação destes métodos possibilita a consideração de diversos fatores, compartilhando o entendimento entre as questões e utilizando os julgamentos subjetivos dos decisores envolvidos no processo decisório, conferindo transparência, precisão e confiabilidade ao processo de julgamento (ROSA, STEINER E COLMENERO, 2015). Três métodos multicriteriais foram considerados para o desenvolvimento do estudo: Análise Hierárquica de Processos (AHP), Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), e o método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010).

O método AHP tem se mostrado eficaz na aplicação para hierarquização de alternativas (possibilidades a serem priorizadas) em diferentes assuntos por ser um método capaz de considerar múltiplos critérios de avaliação (ABBA et al., 2013; CHAKROUN et al., 2014; JOVANOVIC; KRIVOKAPIC, 2009; WANG; HOU; LIN, 2013; ZHANG; WANG, 2013), motivo pelo qual foi escolhido neste estudo para análise e hierarquização de AIs significativos.

Campani et al. (2006) fizeram adaptações nas tabelas de critérios de avaliação e incluíram um critério que considera a governança (facilidade de implementação das ações) no método FMEA. Os autores mostraram que o método FMEA é eficaz para a detecção da criticidade dos AIs, auxiliando na determinação de prioridades e suas adaptações serão utilizadas como modelo no presente estudo, por já considerar os critérios ambientais necessários para a análise.

Marazza, Bandini e Contin (2010) descrevem um novo método para determinação da significância dos AIs, chamado neste trabalho por MRZ, o qual afirmam ser baseado no princípio da transparência e consistência e, o descrevem como um método claro, bem definido e reproduzível, que leva em conta tanto questões ambientais como gerenciais.

Guglielmetti, Martins e Salomon (2003) afirmam que a escolha de um método multicriterial de análise baseia-se, geralmente, na afinidade do tomador de decisão com o método ao invés da aplicabilidade do mesmo, gerando imprecisões nos resultados, uma vez que os métodos de decisão devem auxiliar na estruturação da escolha sem induzir o tomador de decisão.

O presente trabalho se propõe a avaliar os três métodos multicriteriais citados, AHP, FMEA e MRZ em duas diferentes Organizações, contribuindo para a escolha de um método adequado para a avaliação e hierarquização de AIs. Uma vez que não foram encontrados na literatura, trabalhos semelhantes, esta proposta tem como fundamento, auxiliar as Organizações em processo de implantação e/ou manutenção do SGA, na escolha mais assertiva do método de avaliação e priorização dos AIs.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a utilização de métodos multicriteriais de análise para a hierarquização de Aspectos e Impactos Ambientais (AIs) em duas Organizações de diferentes tipologias.

2.2 Objetivos Específicos

Foram considerados os seguintes objetivos específicos para o desenvolvimento do presente estudo:

- Analisar e hierarquizar os aspectos e impactos ambientais significativos em duas Organizações de diferentes tipologias, aplicando-se os métodos FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*, Análise Hierárquica de Processos (AHP), e método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010).
- Identificar vantagens e desvantagens na priorização dos AIs em função do método escolhido para a análise.
- Avaliar a adequação dos métodos aplicados em função do tipo de Organização estudado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistemas de Gestão Padronizados pela ISO (*International Organization for Standardization*)

O consumidor tem se mostrado cada vez mais interessado no ciclo de vida dos produtos e serviços adquiridos, desde a escolha e utilização dos insumos, na forma como são produzidos, utilizados, descartados, e nos impactos ambientais causados durante o processo, gerando uma cobrança por práticas mais limpas e certificações com reconhecimento internacional (OLIVEIRA; SERRA, 2010).

A disponibilidade de recursos naturais, antes abundante, tende a se tornar escassa, gerando um aumento da preocupação com a utilização destes recursos empregados na produção de bens, alimentos e serviços (DOTTO, 2012).

O pensamento sustentável, que parte da esfera pública, chega às Organizações privadas e os clientes passam a exigir uma posição mais responsável das empresas (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009). No mundo todo, Organizações de diversos setores mostram-se cada vez mais preocupadas em controlar os aspectos e impactos ao meio ambiente e demonstrar seu bom desempenho ambiental, como forma de cativar os consumidores e clientes preocupados com a questão ambiental. Privilégios dados por bancos estrangeiros a países que cuidam do meio ambiente também fazem com que a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável cresçam no meio industrial (FOGLIATTI et al., 2011).

Sistema de Gestão pode ser definido como um “conjunto de elementos inter-relacionados ou interativos de uma Organização, para estabelecer políticas, objetivos e processos para alcançar estes objetivos” (ABNT, 2015 – p. 1). Os sistemas de gestão colaboram com a formação de uma estrutura que contribui para o gerenciamento de uma área específica, auxiliando na melhoria contínua das Organizações (POLTRONIERI, GEROLAMO E CARPINETTI, 2017).

A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma Organização internacional não governamental independente, com sede em Genebra (Suíça) que tinha, em 2019, membros em 164 países e 785 comitês e subcomitês técnicos, trabalhando no desenvolvimento de padrões (normas) para os diversos sistemas de gestão. Desde sua fundação, em 1947, até abril de 2019, a ISO publicou 22602

Normas Internacionais, fornecendo especificação de adesão voluntária, de reconhecimento internacional para produtos, serviços e sistemas, para garantir a qualidade, segurança e eficiência, abrangendo quase todos os setores, desde tecnologia, até segurança alimentar, agricultura e saúde (ISO, 2019a; MURMURA et al., 2016). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o membro representante do país na ISO, com comitês técnicos para emissão e comercialização das normas em nível nacional. Há vários sistemas de gestão padronizados, cada um com um foco diferente, em problemas que afetam os negócios globais (ISO, 2019a).

A série de normas ISO 9000, por exemplo, oferece padrões para o gerenciamento da qualidade. Esta série, baseada no princípio da melhoria contínua, contém os padrões mais conhecidos da ISO e fornece orientações e ferramentas para Organizações que desejam buscar o aprimoramento consistente da qualidade e a garantia de que seus produtos e serviços atendam aos requisitos do cliente (ISO, 2019a).

Murmura et al. (2016), evidenciaram que as Organizações, independente do porte, relatam poucas diferenças nos benefícios e limitações percebidos ao implantar um sistema de gestão baseado na ISO 9001, e destacam como maiores benefícios relatados pelas empresas, a maior conscientização das oportunidades de negócios em termos de melhoria contínua, a melhora dos resultados da empresa em termos de Organização, maior satisfação dos clientes, aumento do prestígio e reputação da companhia. O mesmo estudo mostra que as principais desvantagens percebidas pelas Organizações foram o aumento da complexidade dos procedimentos da empresa e da burocratização das operações comerciais (MURMURA et al., 2016).

A ISO tem ainda uma série de padrões adaptados da ISO 9000 para Gerenciamento da Qualidade de setores específicos, como a ISO 13485:2016, que é específica para dispositivos médicos (ABNT, 2016), a ISO/TS 17582:2014 para Organizações eleitorais em todos os níveis de governo (ISO, 2014), a ISO 18091:2014, para aplicação em prefeituras (ABNT, 2014b), a ISO/TS 22163:2017, que oferece requisitos para o sistema de gestão empresarial para Organizações ferroviárias (ISO, 2017), a ISO 29001:2010, para indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural (ABNT, 2010) e a ISO/IEC/IEEE 90003:2018, para engenharia de software (ISO, 2018).

Seguindo o conceito da ISO 9000, têm-se outras normas como destacado a seguir:

- (a)** A norma ISO 50001:2018 baseia-se no modelo de melhoria contínua utilizado pela ISO 9001, o que faz com que possam ser englobadas em um mesmo sistema de gestão integrado (ABNT, 2018d). Fornece suporte às Organizações de todos os setores para o uso eficiente de energia através de um Sistema de Gerenciamento de Energia (ABNT, 2018d) e sua implementação resulta em mudanças operacionais que levam à reduções no consumo de energia e na emissão de gases de efeito estufa (MCKANE et al., 2017);
- (b)** A série de normas ISO/IEC 27000 considera o Sistema de Gerenciamento de Segurança da Informação, com uma abordagem sistemática, que inclui pessoas, processos e sistemas de TI (tecnologia da informação), para gerenciar informações confidenciais da empresa, de modo que permaneçam seguras (ABNT, 2013; ISO 2019a). Valencia-Duque e Orozco-Alzate (2017) propõem um processo metodológico que inter-relaciona as quatro principais normas da série 27000, com o objetivo de amenizar a complexidade do processo de desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de segurança, gerado pelo número de normas da família;
- (c)** A ISO 20121:2012 oferece orientação e melhores práticas para gerenciar eventos de qualquer tamanho, controlando impactos sociais, econômicos e ambientais (ABNT, 2012c). Pelham (2011), em seu estudo realizado ainda na versão anterior da ISO 20121, afirma que ferramentas internacionais de sustentabilidade como a ISO 20121, oferecem uma oportunidade para superar a barreira econômica, presente na disseminação mais ampla da sustentabilidade na indústria de eventos;
- (d)** A série de normas ISO 22000, oferece estrutura para implantação de um Sistema de Gestão de Segurança Alimentar, dando suporte através de padrões internacionais, para a Organização identificar e controlar os riscos à segurança de alimentos (ISO, 2019a), o que exige da Organização uma avaliação dos riscos de maneira científica para uma combinação eficaz das medidas de controle (SOMAN; RAMAN, 2016);
- (e)** A norma ISO 45001:2018, foi desenvolvida por especialistas em segurança e saúde ocupacional e oferece diretrizes para implantação de um Sistema de Segurança e Saúde Ocupacional, que leva em conta padrões internacionais, como o da Organização Internacional do Trabalho (OIT), diretrizes do *National Institute for*

Occupational Safety and Health (NIOSH) e várias outras normas e convenções do trabalho, seguindo a abordagem da ISO 9001 e ISO 14001, podendo ser gerenciada de forma integrada em um mesmo Sistema de Gestão (ABNT, 2018c);

- (f) A série de normas ISO 14000 foi baseada nas normas britânicas BS7750 - *Specification for Environmental Management Systems* (Especificação para Sistemas de Gestão Ambiental), e entrou em vigor no início dos anos 90, com o intuito de assegurar uma abordagem sistêmica à gestão ambiental e possibilitar a certificação das Organizações que a cumprem (FOGLIATTI; FILIPPO E GOULARD, 2011; VALLE, 1995). Prevê ferramentas práticas para Organizações que buscam gerenciar suas responsabilidades ambientais. Para isso, além da ISO 14001, que apresenta os requisitos para o gerenciamento ambiental, a Série prevê normas de suporte (Quadro 1) com abordagens específicas como diretrizes para incorporação do *ecodesign*, determinação de custos e benefícios ambientais e até avaliação monetária dos AIs (ISO, 2019a).

Quadro 1: Estrutura da série de Normas ISO 14000

Norma: ano de revisão	Uso
ISO 14001: 2015	Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso
ISO 14002: 2019	Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes para uso da ISO 14001 para abordar aspectos e condições ambientais em uma área de tópico ambiental – Parte 1: geral
ISO 14004: 2016	Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes gerais para implementação
ISO 14005: 2019	Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes para uma abordagem flexível à implementação em fases
ISO 14006: 2011	Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes para a incorporação do <i>ecodesign</i>
ISO 14007: 2019	Gestão Ambiental – Diretrizes para a determinação de custos e benefícios ambientais
ISO 14008: 2019	Avaliação monetária dos impactos ambientais e aspectos ambientais relacionados

Fonte: ISO (2019a).

3.1.1 O Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

Conforme disposto na norma ISO 14001:2015, Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é “parte do sistema de gestão usado para gerenciar os aspectos ambientais, cumprir requisitos legais e outros requisitos, e abordar riscos e oportunidades” (ABNT, 2015, p. 2).

O SGA também pode ser definido como um sistema de gestão que tem o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável, ou seja, controlar os efeitos ambientais de forma que não ultrapassem a capacidade suporte do meio em que a Organização está situada (ALMEIDA; NUNES, 2014; ZHANG; WANG., 2013).

Fogliatti, Filippo e Goulard (2011) consideram mais simples estabelecer um SGA para indústrias que fabricam bens, do que para geração de serviços, pois em geral, na indústria as consequências das suas atividades sobre o meio ambiente estão contidas nas respectivas áreas de influência direta.

Acuña, Figueroa e Wilches (2017) reforçam que, além do desempenho ambiental, o SGA traz vantagens econômicas, pois é focado no desenvolvimento sustentável e na ecoeficiência. Seu estudo mostra que a Gestão Ambiental tem grande influência na gestão organizacional, seguido do aproveitamento de recursos, gestão financeira e gestão comercial.

A implantação do SGA, que já foi incompatível com a realidade econômica das Organizações, revela-se uma tendência e, enquanto algumas empresas questionam o custo da implantação, outras concluem que é muito mais caro não ter o SGA implementado (GRAEL, 2009). O SGA contribui para a redução do consumo de recursos naturais e incentiva o desenvolvimento de ações ambientais preventivas, evitando custos imprevistos como multas ou recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA; SERRA, 2010).

Além do SGA, muitas Organizações têm adotado outras práticas de gerenciamento ambiental como a Produção Mais Limpa (P+L), Ecoeficiência, Avaliação do Ciclo de Vida de produtos, entre outras (CAMPOS et al., 2015). Muitas ferramentas ambientais se complementam na construção de um sistema de gerenciamento dos aspectos ambientais da Organização, das quais vale destacar:

a) *Administração da Qualidade Ambiental Total (AQAT)*

A variável ambiental está cada vez mais presente, surgindo o termo Gerenciamento da Qualidade Ambiental Total (AQAT), que compartilha os mesmos princípios de redução de desperdício, diminuição de custos, controle de processo, melhoria das condições de trabalho, entre outros (DOTTO, 2012; MARTINS; NASCIMENTO, 1998). A AQAT prevê a adoção de processos mais eficientes e barreiras preventivas, que acabam diminuindo a produção de resíduos. Como a

qualidade, o objetivo do gerenciamento ambiental é agir de forma proativa, considerando aspectos ambientais desde o *design*, produção e entrega, até a utilização e descarte do produto (KLASSEN; MCLAUGHLIN, 1996).

b) Produção Mais Limpa

Considerando o princípio de que todo o resíduo gerado por uma empresa teve um custo, já que foram comprados a preço de matéria-prima, consumiram recursos como água e energia durante o processo de produção, consomem ainda mais recurso financeiro com o armazenamento, tratamento e destinação, além do risco de multas e danos à imagem da empresa por falta destes cuidados, a Produção Mais Limpa (P+L) tem o objetivo de eliminar a poluição durante o processo de produção (CEBDS, 2005). A metodologia se baseia em balanços de massa e energia para avaliar processos e produtos, identificando oportunidades de melhoria e indicadores para monitoramento (CEBDS, 2005; SISINNO; MOREIRA, 2005). Segundo o Guia de Produção Mais Limpa, a P+L é:

A aplicação contínua de uma estratégia ambiental de prevenção da poluição na empresa, focando os produtos e processos, para otimizar o emprego de matérias primas, de modo a não gerar ou minimizar a geração de resíduos, reduzindo os riscos ambientais para os seres vivos e trazendo benefícios econômicos para a empresa (CEBDS, 2005).

Oliveira et al. (2016) afirmam que a maturidade e a fase de planejamento e disciplina são as chaves para o sucesso das práticas da P+L, mostrando uma influência direta e indireta entre seus requisitos e os requisitos da ISO 14001. Em seu estudo, foi possível verificar que empresas com ISO 14001 totalmente implementada apresentaram vantagens ao implantar o programa P+L.

King e Lenox (2001) concluíram em seu estudo sobre a relação entre a P+L e a performance ambiental, que a primeira é complementar à segunda e pode reduzir os custos com poluição, diminuindo as barreiras para a implementação de medidas de controle de poluição ou simplificando o acesso à informação sobre valores de economia com redução da poluição. Acrescentam ainda, que a prática da P+L reduz custos e melhora a performance do gerenciamento ambiental. A ecoeficiência de uma empresa pode ser demonstrada quantitativamente através da metodologia P+L (SISINNO; MOREIRA, 2005).

Severo, Guimarães e Dorion (2016) evidenciam em sua pesquisa com 762 Organizações brasileiras de diferentes portes, uma forte e positiva relação entre P+L

e Gestão Ambiental, e recomendam que as práticas sejam combinadas para a melhoria dos resultados em inovação sustentável e ganhos financeiros.

c) Ecoeficiência

Silva (2018) apresenta a ecoeficiência pelo ponto de vista econômico como sendo a capacidade de se obter o maior benefício possível de uma quantidade fixa de recursos e, sob a perspectiva da produção, consiste em produzir da melhor maneira possível ou com a menor quantidade de insumos possível.

Conforme definido pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável - WBCSD, “A Ecoeficiência é alcançada pela entrega de bens a preços competitivos e serviços que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, reduzindo os impactos ecológicos e a quantidade de recursos ao longo do ciclo de vida para um nível pelo menos em linha com a capacidade de carga estimada da Terra” (WBCSD, 2006 p. 16).

Conforme destaca Sisino e Moreira (2005), em um programa de ecoeficiência, são mapeadas e monitoradas todas as fontes de utilização de água, energia e materiais, com o objetivo de identificar os possíveis desperdícios e ações para diminuir ou eliminar os desperdícios. Os mesmos autores afirmam ainda que uma empresa se torna ecoeficiente à medida que o conceito de prevenção da poluição e de riscos ocupacionais é inserido no processo produtivo e os benefícios ambientais e econômicos são alcançados por meio da redução progressiva da geração de resíduos.

A ecoeficiência é baseada em dois pilares: redução do uso de recursos naturais e diminuição da contaminação associada aos processos produtivos; porém, também busca a redução dos impactos ambientais durante todo o ciclo de vida dos produtos (LEAL, 2005), contribuindo muito para o Sistema de Gestão Ambiental baseado nos princípios da ISO 14001:2015.

3.2 Sistema de Gestão Ambiental Segundo a ISO 14001

A ISO 14001 é a norma de Gestão Ambiental mais difundida em todo o mundo na atualidade, exigindo o cumprimento de seus requisitos estruturados de forma a estabelecer um sistema de melhoria contínua (FOGLIATTI; FILIPPO E GOULARD, 2011; MAZZI et al., 2016). O número de Organizações certificadas mundialmente com

a ISO 14001 até 31 de dezembro de 2018, chegou a 447.547, sendo 6.430 no Brasil (ISO, 2019b).

Valle (1995) e Acuña, Figueroa e Wilches (2017) afirmam que um dos grandes méritos da implantação do SGA segundo a ISO 14001, é a normatização das rotinas e procedimentos, seguindo um padrão de exigência aceito internacionalmente, critérios estes que incluem cumprir três princípios básicos:

- Ter o SGA implementado;
- Cumprir toda a legislação ambiental aplicável;
- Assumir o compromisso com a melhoria contínua do SGA.

Conforme indicado no documento ABNT NBR ISO 14001 (ABNT, 2015), podem ser citadas inúmeras vantagens na adoção de uma abordagem estratégica para a melhoria do desempenho ambiental, relatada pelos usuários da Norma, tais como:

- Demonstrar a conformidade com requisitos legais;
- Aumentar o envolvimento da liderança e dos funcionários;
- Melhorar a reputação da empresa e a confiança das partes interessadas através de uma comunicação estratégica;
- Alcançar os objetivos de negócios, incorporando questões ambientais em gestão de negócios;
- Fornecer um ambiente competitivo e vantagem financeira através da melhoria da eficiência;
- Incentivar um melhor desempenho ambiental dos fornecedores.

A norma tem o objetivo de prover uma estrutura para a proteção do meio ambiente, através da especificação de requisitos que permitam que a Organização alcance os resultados pretendidos e definidos para o seu sistema de gestão ambiental e, embora tenha muitas vantagens, a certificação não é exigida pela norma (ABNT, 2015).

Oliveira e Serra (2010) avaliaram as percepções sobre as dificuldades e benefícios na implantação de um SGA segundo a ISO 14001, em 69 atividades industriais com certificação ISO 14001 do Estado de São Paulo, onde as percepções foram medidas a partir da nota atribuída de 1 a 5, para cada uma das perguntas, onde a nota 1 (um) corresponderia à "discordo totalmente" e 5 (cinco), "concordo totalmente". Em seus estudos, os autores concluíram que as empresas certificadas

com a ISO 14001, se tornam mais atrativas para os investidores por evitarem riscos de contaminação ao meio ambiente, e conseqüentemente diminuïrem o risco de passivos ambientais ao adotarem ações ambientais preventivas.

Os autores ainda apontaram como benefício de maior concordância entre as Organizações pesquisadas, o incentivo do desenvolvimento de ações ambientais, com conseqüente redução de custos imprevistos, que alcançou uma média de 4,81 entre os respondentes, seguido da redução no consumo de água, energia elétrica, óleo, etc. Como ponto negativo, os mesmos autores relataram a elevação de custos empresariais com a intensificação de treinamentos, a modernização de equipamentos, a instituição de auditorias, entre outros, e ainda apontaram as mudanças periódicas na legislação como dificuldade para a atualização e cumprimento dos requisitos da norma.

A certificação ISO 14001 faz com que o processo produtivo ou de serviços, seja avaliado continuamente, melhorando o desempenho ambiental e comprovando junto ao mercado e à sociedade, que a Organização adota um conjunto de práticas destinadas a minimizar impactos que imponham riscos à preservação da biodiversidade, contribuindo com o equilíbrio ambiental e a qualidade de vida da população (ISO, 2019a; OLIVEIRA; SERRA, 2010).

3.3 Requisitos para a Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental Baseado na Norma ISO 14001:2015

Todas as normas da ISO são regularmente revisadas para permanecer relevantes ao mercado. A última revisão da norma ISO 14001 foi publicada em 2015 e as principais alterações nos requisitos da nova versão incluem algumas necessidades:

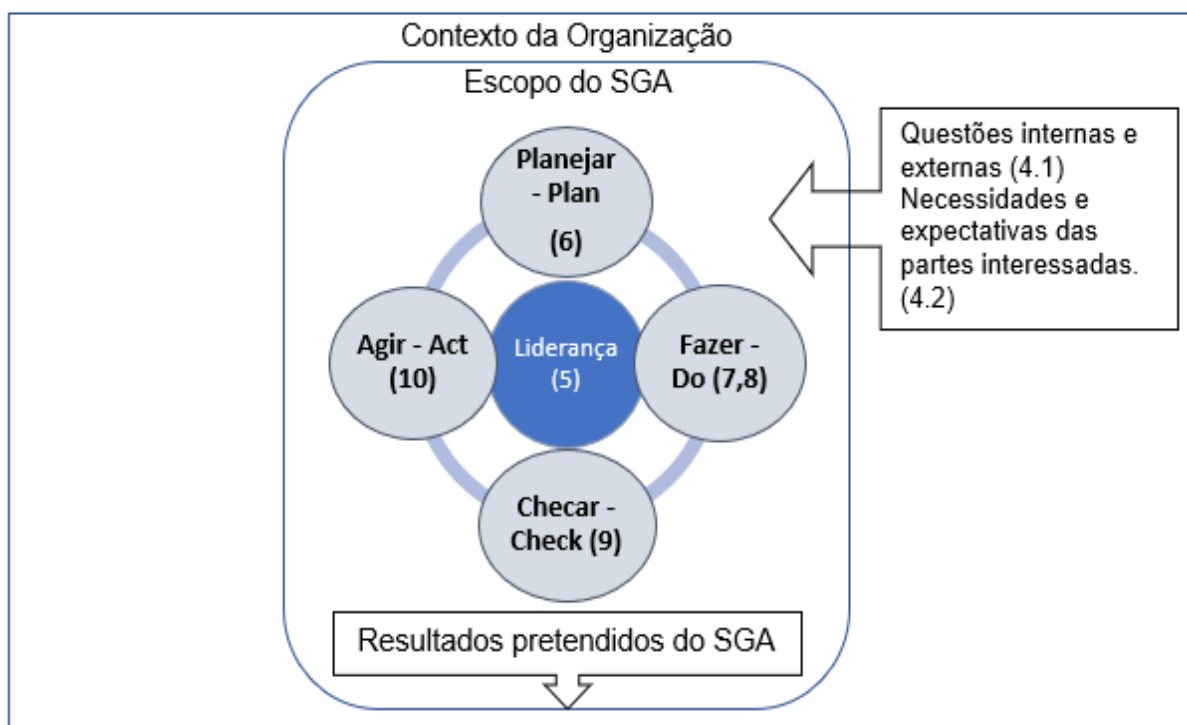
- Uma gestão ambiental mais proeminente com a direção estratégica da Organização;
- Maior compromisso da liderança;
- Implementação de iniciativas proativas para proteger o meio ambiente contra danos e degradação;
- Foco no ciclo de vida;

- Adoção de uma estratégia de comunicação focada nas partes interessadas (ABNT, 2015).

3.3.1 Estrutura da norma ISO 14001:2015

A norma ISO 14001:2015 estabelece critérios para implantação e certificação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA e apresenta diretrizes que podem ser seguidas por qualquer Organização para um SGA eficaz (ISO, 2019a). A norma é baseada no ciclo PDCA - *Plan-Do-Check-Act* (Planejar, Fazer, Checar, Agir), um ciclo dinâmico no qual se reavalia permanentemente o sistema de gestão, buscando a melhor relação possível com o meio ambiente (DOTTO, 2012). Para Silva et al. (2018), a utilização do ciclo PDCA é uma forma de reduzir erros e contribuir para o controle e alcance dos resultados esperados, gerando confiabilidade no processo, conforme etapas ilustradas na Figura 1 e descritas na sequência.

Figura 1: Relação entre o ciclo PDCA e a estrutura da ISO 14001



Fonte: adaptado de ABNT (2015).

Na Figura 1, tem-se representada a relação entre a ISO 14001:2015 e o ciclo PDCA, no qual o planejamento deve ser realizado levando-se em consideração o contexto da Organização, que é definido a partir das questões internas e externas, e as necessidades e expectativas das partes interessadas. A Liderança tem responsabilidade por todo o SGA e o ciclo PDCA é aplicado em busca dos resultados pretendidos do sistema (ABNT, 2015).

a) *Etapa de Planejamento “Plan”*

Nesta etapa são recolhidas todas as informações pertinentes ao sistema de gestão, analisadas, definidas as metas e planejadas as ações de melhoria (SOUZA et al., 2018). Adissi, Pinheiro e Cardoso (2013) recomendam que seja feita uma avaliação inicial da Organização e sua posição perante o meio ambiente, no caso de ainda não haver um sistema de gestão ambiental implementado. Para Pacheco et al. (2005), a primeira etapa do ciclo possibilita o registro do conhecimento por meio do entendimento dos processos, favorecido pelos debates e consultas desta etapa. A etapa de Planejamento é considerada a fase mais importante do ciclo, por desencadear todo o processo de melhoria (ANDRADE, 2003). Em sua pesquisa sobre os resultados de uma instituição financeira com o uso do PDCA, Silva et al. (2018) mostraram que o planejamento foi percebido como peça fundamental para excelência na gestão, por contribuir para a melhoria dos resultados através de controles e planejamentos adequados para uma melhor gestão.

b) *Etapa de Execução “Do”*

Nesta fase do ciclo, são colocadas em prática as ações planejadas na etapa de Planejamento (SOUZA et al., 2018). Andrade (2003) afirma que a viabilidade desta fase depende de um planejamento bem estruturado das ações para alcançar todos os objetivos e metas traçados no planejamento.

c) *Etapa de Verificação “Check”*

Etapa em que se verifica se as expectativas e metas definidas foram alcançadas (SOUZA et al., 2018). Para Andrade (2003), todas as ações devem ser monitoradas na etapa de execução para que possam ser avaliadas nesta etapa de forma eficaz.

d) Etapa de Ação “Act”

Esta etapa deve ser dedicada à padronização dos processos em que as ações foram planejadas, executadas e tiveram sua eficácia verificada, buscando a melhoria contínua dos processos (ANDRADE, 2003). Lobo (2010) afirma que nesta etapa, são realizadas ações corretivas para a manutenção e melhoria dos processos.

A última fase do ciclo abre uma nova demanda de planejamento para reparar os desvios identificados. A excelência estratégica e operacional de um sistema é atingida com a continuidade deste processo (SILVA et al., 2018).

3.3.2 Requisitos da norma ISO 14001

Os requisitos propostos pela norma ISO 14001:2015 estão estruturados em conformidade com os requisitos da ISO para normas de sistema de gestão de alto nível (Quadro 2), como a ISO 9001:2015 (Qualidade) e a ISO 45001:2018 (Saúde e Segurança Ocupacional), que contém texto central idêntico, podendo ser implementado em um único sistema de gestão integrado (ABNT, 2015). Essa abordagem integrada com os outros subsistemas de gestão foi apontada como benefício melhor percebido pelas Organizações estudadas por Fonseca et al. (2019), em sua pesquisa sobre a transição de Organizações portuguesas para a versão 2015 da ISO 14001.

Quadro 2: Requisitos da norma ISO 14001:2015

Item 4 Contexto da Organização	4.1 Entendendo a Organização e seu contexto	
	4.2 Entendendo as necessidades e expectativas das partes interessadas	
	4.3 Determinando o escopo do Sistema de Gestão Ambiental	
	4.4 Sistema de Gestão Ambiental	
Item 5 Liderança	5.1 Liderança e comprometimento	
	5.2 Política Ambiental	
	5.3 Papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais	
Item 6 Planejamento	6.1 Ações para abordar riscos e oportunidades	6.1.1 Generalidades 6.1.2 Aspectos ambientais 6.1.3 Requisitos legais e outros requisitos 6.1.4 Planejamento de ações
	6.2 Objetivos ambientais e planejamento para alcançá-los	6.2.1 Objetivos ambientais 6.2.2 Planejamento para alcançar os objetivos ambientais
Item 7 Apoio	7.1 Recursos	
	7.2 Competência	
	7.3 Conscientização	
	7.4 Comunicação	7.4.1 Generalidades 7.4.2 Comunicação interna 7.4.3 Comunicação externa
	7.5 Informação documentada	7.5.1 Generalidades 7.5.2 Criando e atualizando 7.5.3 Controle de informação Documentada
Item 8 Operação	8.1 Planejamento e controle operacionais	
	8.2 Preparação e resposta à emergências	
Item 9 Avaliação de Desempenho	9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação	9.1.1 Generalidades 9.1.2 Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros requisitos
	9.2 Auditoria interna	9.2.1 Generalidades 9.2.2 Programa de auditoria interna
	9.3 Análise crítica pela direção	
Item 10 Melhoria	10.1 Generalidades	
	10.2 Não conformidade e ação corretiva	
	10.3 Melhoria Contínua	

Fonte: O autor (2019).

Os requisitos de cada item da norma encontram-se detalhados a seguir:

a) Contexto da Organização

Este requisito exige uma avaliação das questões internas e externas pertinentes ao propósito da Organização que devem ser levadas em consideração na construção da Política e Objetivos do Sistema de Gestão Ambiental, como requisitos legais e outros requisitos, necessidades e expectativas das partes interessadas, condições ambientais, disponibilidade de recursos, entre outras questões, além das funções e limites das unidades organizacionais, atividades, produtos, serviços e sua capacidade de exercer influência sobre estas questões. Uma análise bem-feita do contexto da Organização permitirá a identificação dos riscos e oportunidades para a Organização e para o SGA (ABNT, 2015).

Para Ward (2016), a determinação do contexto da Organização exige que ela conheça seu propósito, o que se espera dela, que seja avaliada a cultura interna, princípios e direção estratégica, além de avaliar os fatores sociais, econômicos e ambientais externos que podem afetar seus negócios.

Nesta etapa, deve ser identificado o escopo do sistema de gestão, que pode ser definido como a área ou *range* coberto pela atividade (SUSANTO; MULYONO, 2017). Os mesmos autores afirmam que um escopo que não possa ser devidamente demonstrado no momento da auditoria será um problema para a Organização.

b) Liderança

Este requisito traz uma evolução na norma revisada em 2015, em que torna explícita a necessidade de um comprometimento da Alta Direção com o SGA, sempre reconhecido como um dos pontos de sucesso da implantação, pois fortalece a integração entre o SGA e a estratégia de negócios da Organização (ABNT, 2015; FIESP, 2015).

A norma cita responsabilidades específicas relacionadas ao SGA, com as quais a Alta Direção deve estar diretamente envolvida e, mesmo que a execução seja delegada, a responsabilidade por prestar contas fica mantida, para assegurar que as ações sejam realizadas (ABNT, 2015). A alta gerência precisa demonstrar agora, envolvimento ativo em todo o seu sistema de gestão (WARD, 2016).

Para Susanto e Mulyono (2017), a liderança deve ser um defensor capaz de encorajar todos os indivíduos a alcançar a visão da empresa; deve ser um intermediário do conhecimento capaz de disseminar o conhecimento para outros membros. Acuña, Figueroa e Wilches (2017) afirmam que as Organizações onde a

alta administração se encontra comprometida com o SGA e cumpre os seus requisitos obtém melhorias em relação aos aspectos ambientais.

c) Planejamento

Durante a fase de planejamento, devem ser identificados os requisitos legais a serem seguidos, assim como os objetivos e metas, os quais devem atender aos princípios da política ambiental estabelecida. Neste contexto, as metas devem ser específicas, mensuráveis e exequíveis (ABNT, 2015; DOTTO, 2012).

Cabe à Organização determinar e avaliar os riscos e oportunidades relacionados ao seu processo e definir como reduzir e/ou prevenir os mesmos para garantir que sejam alcançados os resultados pretendidos. Devem ser avaliados os aspectos ambientais, pois podem gerar riscos e oportunidades relacionados aos seus impactos (ABNT, 2015).

d) Apoio

Na fase de apoio são definidos os recursos necessários para implementação, manutenção e melhoria contínua do sistema, como as necessidades de competência, conscientização, comunicação (interna e externa) e documentação. É de responsabilidade da Alta Direção assegurar que o SGA seja apoiado com os recursos necessários para o atingimento das metas (ABNT, 2015).

Baccaro, Caldana e Shinyashiki (2015) estudaram a influência do treinamento ambiental na consciência ambiental dos profissionais de recursos humanos e afirma que as Organizações devem investir em treinamentos com conteúdo ambiental, pois contribuem para um maior nível de consciência ambiental, auxiliando na participação dos funcionários nas iniciativas ambientais e conseqüentemente, influenciando positivamente no SGA. Devem ser previstos os treinamentos necessários para os colaboradores que aplicam os controles operacionais, pois a conscientização é considerada um dos fatores de sucesso na implantação de um SGA (SUSANTO; MULYONO, 2017).

A comunicação interna e externa, como relatórios de informações exigidas por agências reguladoras e outras partes interessadas precisa ser considerada no desenvolvimento da estratégia de comunicação (FONSECA, 2015).

e) Operação

Fase em que a Organização irá estabelecer critérios operacionais para o processo, implementar controles de processos de acordo com os critérios estabelecidos e estabelecer o plano de preparação e resposta a emergências (ABNT, 2015).

Para Susanto e Mulyono (2017), a conscientização é um dos fatores de sucesso na aplicação dos controles operacionais e o envolvimento dos responsáveis pelos processos na definição dos controles é importante, uma vez que estes profissionais sabem quais são os controles mais eficazes a serem aplicados e o treinamento necessário para os colaboradores que irão aplicá-los.

f) Avaliação de desempenho

Para a avaliação do desempenho, deve ser definido o que precisa ser monitorado, de forma que seja possível avaliar se tudo o que foi planejado e entrou em operação está sendo realizado de forma satisfatória. Nesse quesito, a Organização faz a avaliação de desempenho ambiental, dos aspectos ambientais significativos, monitoramentos, e verifica se a Organização atende os requisitos legais e outros requisitos identificados na etapa de planejamento. É importante que os resultados deste monitoramento sejam levados ao conhecimento e avaliados criticamente pela Alta Direção (ABNT, 2015).

O objetivo deste monitoramento é identificar pontos de melhoria não adequados aos padrões definidos no planejamento (ZAMBRANO, 2005).

g) Melhoria

O processo de melhoria contínua do sistema deve identificar oportunidades de melhoria e implementá-las através do levantamento e tratamento de não conformidades e ações corretivas, aumentando o desempenho ambiental. As análises críticas e os resultados da avaliação de desempenho devem ser levados em consideração ao definir ações de melhoria (ABNT, 2015).

3.4 Planejamento de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseado na Norma ISO 14001:2015 – Riscos e Oportunidades

A etapa de planejamento exige maior esforço e é considerada uma etapa crítica no processo de implementação do SGA, pois é quando devem ser realizados os levantamentos dos Aspectos e Impactos ambientais (AIs) das atividades relacionadas aos processos e serviços, os quais podem gerar riscos e oportunidades a serem geridos pela Organização. Todos os requisitos do sistema relacionam-se ou dependem desta etapa (ABNT, 2015; COIMBRA, 2003).

O levantamento dos AIs dos processos da organização é de extrema complexidade (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009) e um dos pontos fundamentais para o bom andamento do SGA. Shimitzu (2001) afirma que em uma Organização os problemas são muito amplos e complexos, envolvendo riscos e incertezas. As decisões necessitam, normalmente, da participação de muitas pessoas, em diversos níveis funcionais.

A versão 2015 da ISO 14001 introduz o conceito do pensamento baseado em risco como um componente essencial do planejamento, reforçando a necessidade de considerar os riscos resultantes do seu impacto ambiental e tomar medidas para mitigar esses riscos (WARD, 2016).

3.4.1 Riscos e Oportunidades

Segundo Hopkin (2018, p. 16), risco pode ser simplesmente considerado como “um evento não planejado com consequências inesperadas”. O autor ainda salienta que existem muitas definições de risco, sendo a definição apresentada na Norma ISO 31000 - Gestão de Riscos – Diretrizes (ABNT, 2018b) e pelo Instituto de Auditores Internos (IIA, 2017), geralmente são as mais aceitas.

A norma que estabelece diretrizes, princípios, estrutura e um processo para gerenciar riscos, a ISO 31000:2018, define risco como “efeito da incerteza nos objetivos”, que é frequentemente caracterizado pela referência a eventos potenciais e consequências, ou uma combinação destes (ABNT, 2018b).

O Instituto de Auditores Internos define risco como “a possibilidade de ocorrer um evento que tenha impacto no cumprimento dos objetivos. O risco é medido em termos de impacto e probabilidade” (IIA, 2017).

A norma ISO 14001 também define risco como “efeitos potenciais adversos” e oportunidades como “efeitos potenciais benéficos” e salienta que a avaliação de AIs pode resultar em riscos e oportunidades a serem tratados (ABNT, 2015).

Hopkin (2018) divide os riscos em quatro categorias, sendo relacionadas à:

- conformidade (ou mandatórios);
- perigo (ou puro);
- controle (ou incerto); e
- oportunidade (ou especulativo).

Cada risco tem suas características e o gerenciamento tem suas particularidades. Em geral, as Organizações buscarão minimizar riscos mandatórios, mitigar os riscos puros, gerenciar riscos incertos e explorar riscos especulativos (HOPKIN, 2018).

3.4.2 Aspectos Ambientais

Segundo a norma ISO 14001:2015, “aspectos ambientais são todos os elementos das atividades de uma Organização (processo), seus produtos ou serviços, que podem interagir com o meio ambiente”. A norma ainda deixa clara a obrigação da Organização em determinar os aspectos ambientais associados às suas atividades, tendo-se que: “Dentro do escopo definido no sistema de gestão ambiental, a Organização deve determinar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços, os quais ela possa controlar e aqueles que ela possa influenciar...” (ABNT, 2015, p. 10).

Os aspectos podem ser diretos, quando causados por uma atividade, serviço ou produto, ou indiretos, quando causados pelas atividades de fornecedores ou pela utilização do produto (HAKAMPAA, 2017).

Consta no anexo A da norma ABNT NBR ISO 14001:2015, que ao determinar os aspectos ambientais de seu processo, a Organização deve considerar uma perspectiva do ciclo de vida. Ainda que não seja necessária uma avaliação detalhada,

é preciso um olhar cuidadoso sobre os estágios do ciclo de vida que podem ser controlados ou influenciados pela Organização (ABNT, 2015).

Segundo Hinz, Valentina e Franco (2008, p. 8), a análise do ciclo de vida é “direcionada a parâmetros que envolvem toda a cadeia produtiva de um determinado produto, desde a extração de matéria-prima, os fluxos de materiais usados, os processos e métodos de fabricação, as formas de transporte empregadas, os tipos de embalagens envolvidas, até a disposição final do produto”. Neste tipo de análise, o foco principal é o impacto ambiental associado à determinada operação ou produto.

Uma avaliação também deve considerar condições normais (impactos causados das atividades normais) e anormais de operação (impactos causados a partir de atividades de manutenção), condições de desligamento e inicialização, bem como situações de emergência razoavelmente previsíveis (condição fora do normal que causa impacto repentino) (SUSANTO; MULYONO, 2017).

3.4.3 Impactos Ambientais

Os impactos ambientais são quaisquer mudanças no meio ambiente (adversas ou benéficas) que ocorrem como resultado das atividades, produtos ou serviços da Organização (ABNT, 2015). Os AIs têm uma relação de causa e efeito. Aspectos ambientais causam impactos ambientais (HAKAMPA, 2017; SUSANTO; MULYONO, 2017).

A Resolução CONAMA Nº 001 de 1986, que fornece diretrizes para uso e implementação para a avaliação de impacto ambiental, considera como impacto ambiental, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas ao meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e/ou a qualidade dos recursos naturais (BRASIL, 1986). A mesma Resolução considera em seu texto, a possibilidade de impactos ambientais positivos e negativos. A norma ISO 14001:2015 considera os aspectos ambientais adversos como ameaças e os impactos ambientais benéficos, oportunidades (ABNT, 2015).

Para Adissi, Pinheiro e Cardoso (2013), é importante diferenciar o conceito de impacto ambiental do conceito de poluição. Os autores afirmam que poluição se refere a grandezas físicas, como fluxos de matéria e energia, que podem promover alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, tendo uma conotação sempre negativa. Já o impacto ambiental pode também estar associado a fatores sociais ou culturais, tendo, portanto, uma conotação negativa ou positiva.

Como exemplos de impactos ambientais pode-se citar a poluição do ar, ruído, alterações climáticas, alteração da qualidade do solo, alteração da qualidade das águas superficiais ou subterrâneas, impactos sobre a biota, segregação de comunidades, entre outros (FOGLIATTI, FILIPPO E GOULARD, 2004).

3.4.4 Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA)

Em seu anexo A, a norma NBR ISO 14001:2015 orienta a realização de um levantamento dos aspectos ambientais que possam ser controlados diretamente ou ser influenciados pela Organização e sua extensão de controle, devendo-se considerar: emissões para o ar, lançamentos para a água, lançamentos em solo, uso de matérias-primas e recursos naturais, uso de energias, emissão de energia (calor, radiação, vibração e luz), geração de rejeitos e/ou subprodutos, e uso do espaço (ABNT, 2015).

Para Hakampaa (2017), a eliminação dos fatores que afetam os impactos ambientais é a forma mais efetiva de gerenciamento de um impacto; a substituição de um impacto adverso por um menos adverso, diminui o impacto no meio ambiente. Outra forma de gerenciar um impacto ambiental também pode ser o controle através de um procedimento administrativo.

O gerenciamento pode ser feito com essas fases individualmente ou através da combinação delas. Segundo Hakampaa (2017), é mais fácil fazer o levantamento de aspectos do que a avaliação dos impactos, devido ao fato de que o aspecto pode ter um impacto adverso ou benéfico, e um mesmo aspecto pode ter vários impactos. Quanto mais significativo o aspecto, mais significativo o impacto relacionado a este.

Conforme Fogliatti, Filippo e Goulard (2004), os aspectos ambientais podem ser caracterizados quanto:

a) **Ao valor:** podendo ser positivo quando produz um benefício ao meio ambiente, como por exemplo, a substituição de embalagens de matéria-prima descartáveis por retornáveis, que evitará a geração de resíduos. Ou negativo, quando produz um malefício ao meio ambiente, como, por exemplo, o aumento de produção, que irá gerar aumento de necessidade de recursos naturais;

b) **Ao espaço:** podendo ser local, quando o impacto em questão afeta apenas a área da atividade. Regional quando é sentido fora da área da atividade em questão, como demais setores dentro da Organização. Ou estratégico, quando se expande fora da área de influência;

c) **Ao tempo de ocorrência:** podendo ser imediato, quando surge no momento em que a atividade está sendo executada, por exemplo, a geração de resíduo durante a instalação de um novo equipamento. De médio ou longo prazo, quando o efeito se manifesta depois de ter passado um período, como o de uma doença ocupacional causada por exposição à postura inadequada. Ou permanente, quando o efeito começa assim que iniciada a atividade e este é mantido ao longo do tempo, como a introdução de uma nova matéria-prima no processo;

d) **A reversibilidade:** pode ser reversível, se uma ação cessa seu efeito, como por exemplo, a instalação de contenção para evitar escorregamento de taludes em rodovias. Ou irreversível, quando seu efeito permanece ao longo do tempo, como a desertificação devido ao desmatamento;

e) **A chance de incidência:** pode ser determinístico, quando existe a certeza da ocorrência do mesmo, como, por exemplo, a instalação de um incinerador, o qual diminuirá a qualidade do ar. Ou probabilístico, como, por exemplo, a extinção de uma espécie devido a construção de uma rodovia em área de preservação;

f) **A incidência:** pode ser direta se fica limitada à zona de influência direta, como ruído causado por um equipamento produtivo. Ou indireta, quando através de agentes externos pode ser estendido para fora da zona de influência da Organização, como, por exemplo, a pulverização de defensivos agrícolas, que a chuva pode carregar para cursos d'água fora da faixa de domínio do empreendimento.

Aspectos significativos podem resultar em riscos e oportunidades que precisam ser gerenciados, porém o conceito de significância é relativo e o que é significativo para uma Organização, nem sempre é para outra. Estabelecer e aplicar cada critério pode dar consistência na avaliação de significância (ABNT, 2018a).

Segundo descrito na norma ISO 14001:2015, devem ser determinados os aspectos que têm ou podem ter impactos significativos por meio de critérios estabelecidos, porém a norma não determina quais são estes critérios ou os passos a serem seguidos para a avaliação. Critérios adequados apoiam o desempenho ambiental e o processo de melhoria contínua que visam operações mais sustentáveis (ABNT, 2015; HAKAMPAA, 2017).

3.5 Métodos para Análise de Aspectos e Impactos Ambientais (AIs)

Os AIs podem ser avaliados utilizando-se métodos que considerem apenas um critério de comparação (Monocriteriais) ou métodos que utilizam mais de um critério para avaliação (Multicriteriais).

O método de *Payback*, é um exemplo de método monocriterial que analisa se o projeto a ser implantado tem um tempo de retorno de investimento considerado aceitável pelos avaliadores (BEN, 2007), e pode ser utilizado para avaliação dos projetos de melhoria de Impactos Ambientais.

Outro exemplo de método monocriterial é o método da listagem de controle, utilizado por Oliveira (2016) para avaliar os Impactos Ambientais decorrentes do lixão da cidade de Humaitá, Amazonas, onde as ações efetuadas na área de estudo são apresentadas em colunas e as consequências decorrentes da ação, nas linhas da listagem. Segundo a metodologia, os impactos são analisados atribuindo-se uma nota que varia de -5 para o impacto negativo mais intenso até +5 para o impacto positivo mais intenso.

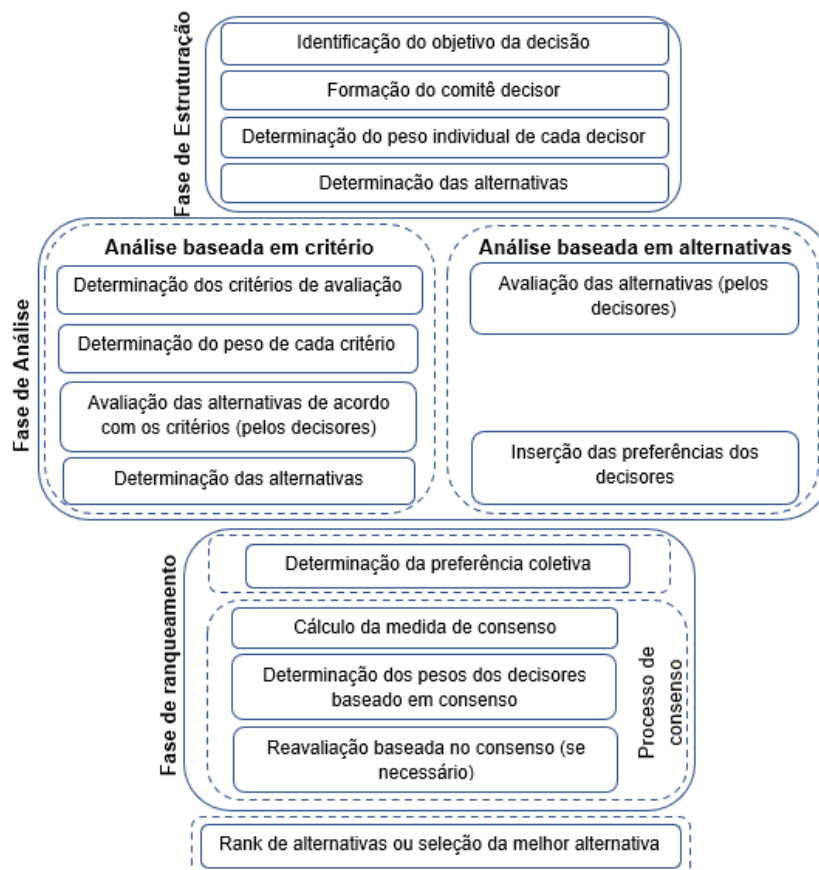
Apesar de não existir um método padrão para a avaliação de impactos ambientais, os Métodos Multicriteriais de Análise (MMA) permitem a análise de alternativas e detectam as influências e interferências de vários tipos de impactos, tornando-se indicados para avaliação de aspectos ambientais, considerando que os mesmos atuam em níveis e momentos diferentes, o que torna complexa a sua avaliação (FOGLIATTI, FILIPPO E GOULARD, 2004).

3.5.1 Métodos Multicriteriais de Análise

Os Métodos Multicriteriais de Análise (MMAs) reconhecem a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utilizam o julgamento de valor como forma de tratá-la cientificamente, o que torna o método muito útil quando se tem dificuldade na obtenção de informações oriundas de dados probabilísticos (COSTA, 2002). De uma maneira genérica, pode-se dizer que os MMAs apresentam três fases distintas, conforme representado na Figura 2.

A fase de análise pode ser baseada em critérios ou em alternativas. Na análise baseada em critérios, são definidos os critérios e os pesos de cada critério que será utilizado na avaliação. Para análise baseada em alternativas, os tomadores de decisão avaliam as alternativas diretamente, por meio de comparações pareadas sem apresentar claramente os critérios (KABAK; ERVURAL, 2017). A fase final é a fase de ranqueamento, onde a preferência coletiva é calculada baseada nos resultados da fase de análise (KABAK; ERVURAL, 2017).

Figura 2: Fases genéricas dos Métodos Multicriteriais de Análise

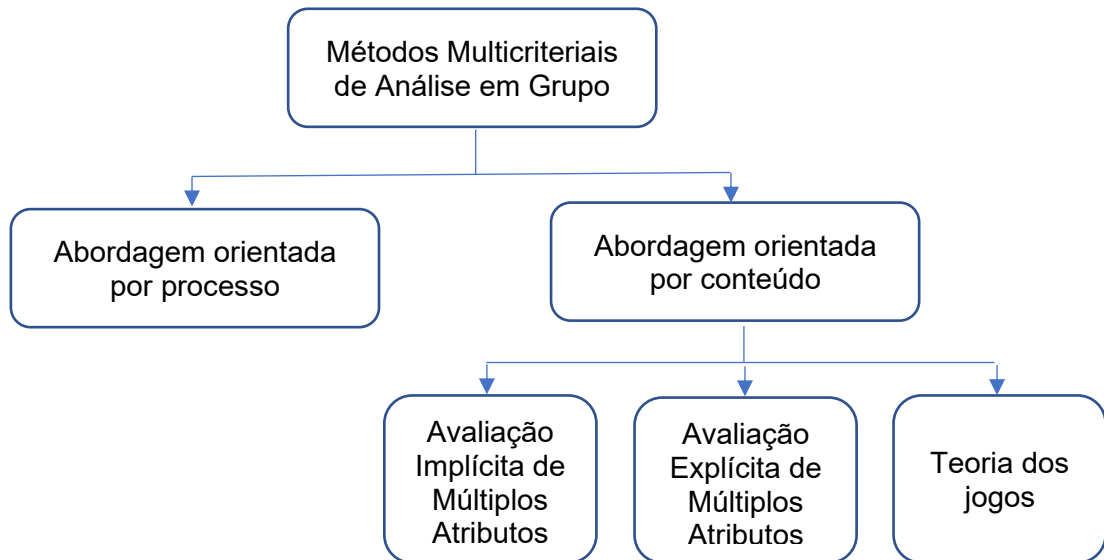


Fonte: Adaptado de Kabak e Ervural (2017).

Kabak e Ervural (2017) classificam os processos multicriteriais de decisão em grupo em duas categorias principais:

- (i) Abordagem orientada por processo, e
- (ii) Abordagem orientada por conteúdo, conforme representado na Figura 3.

Figura 3: Classificação dos métodos multicriteriais de análise em grupo



Fonte: Adaptado de Kabak e Ervural (2017).

A abordagem orientada por processos permite uma decisão focada no processo ao invés do problema, criando um ambiente sistemático e confiável, onde as opiniões dos decisores possam ser melhor compartilhadas. Neste tipo de abordagem, cada opinião de cada indivíduo tem o mesmo valor, ou seja, os pesos dos tomadores de decisão são considerados iguais. *Brainstorm*, Método Delphi, Advogado do Diabo e Mapeamento Mental são alguns exemplos (KOKSALMIS; KABAK, 2019).

Já na abordagem orientada por conteúdo, o principal objetivo é encontrar solução para o problema, dadas as preferências dos tomadores de decisão. Essa abordagem pode ser subdividida em três categorias descritas a seguir (KOKSALMIS; KABAK, 2019):

1. Avaliação implícita de múltiplos atributos ou escolha social

Nesta avaliação, a ideia é chegar a um consenso das opiniões individuais. Uma avaliação implícita de atributos como confiabilidade e honestidade, entre outros, estão nas mentes dos avaliadores e não aparecem explicitamente (KOKSALMIS; KABAK, 2019).

2. Avaliação explícita de múltiplos atributos

Na avaliação explícita, os critérios aparecem claramente na avaliação dos múltiplos atributos. Existem dezenas de métodos nesta categoria (a maioria encontrada na literatura), sendo os mais populares: ELECTRE, Análise Hierárquica de Processos (AHP), Análise de rede de processos (ANP), TOPSIS, e PROMETHEE e suas variações. Em qualquer um dos métodos, a etapa de determinação dos pesos é fundamental no processo de tomada de decisão (KOKSALMIS; KABAK, 2019).

3. Teoria dos jogos

Este tipo de avaliação é o estudo de um modelo matemático do conflito e cooperação entre a inteligência racional dos decisores (KABAK; ERVURAL, 2017).

Kabak e Ervural (2017) classificam os processos multicriteriais de decisão em quatro categorias distintas: métodos não compensatórios, métodos baseados em valor, método de comparação de pares e métodos de ranqueamento por superação.

a) Nos métodos não compensatórios, a superioridade de um atributo não pode ser compensada pela inferioridade de outro. São métodos de lógica e computação simples como máximo-mínimo, máximo-máximo, métodos conjuntivos-disjuntivos, métodos de média ponderada (OWA) e suas extensões *fuzzy* (*números difusos*) (KABAK; ERVURAL, 2017).

b) Os métodos baseados em valor são métodos de pontuação nos quais a classificação é realizada através de um vetor de desempenho de uma alternativa em relação a atributos (KABAK; ERVURAL, 2017). São exemplos de métodos baseados em valor, a ponderação aditiva simples (SAW), TOPSIS (Técnica para Preferência de Pedido por Semelhança com Solução Ideal), VIKOR (*Višekriterijumsko Kompromisno Rangiranje*), FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha) e o método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010), entre outros.

c) Os métodos de comparação de pares dependem da comparação de pares de alternativas para cada atributo. A Análise Hierárquica de Processos (AHP) é um método clássico de comparação de pares. O ANP (Processo de Rede Analítica) também é um exemplo deste tipo de método. Estes métodos recebem uma classificação diferente por serem completamente diferente dos outros métodos baseados em valor (KABAK; ERVURAL, 2017).

d) Os métodos de ranqueamento por superação dependem da superação das relações entre as alternativas, uma relação binária definida no conjunto de alternativas

tais que a alternativa “h” ultrapassa a alternativa “k” se houver argumentos suficientes para decidir que “h” é pelo menos tão bom quanto “k” (KABAK; ERVURAL, 2017). Geralmente ocorrem em duas fases, onde os resultados das comparações são agregados e depois explorados de acordo com a decisão problemática (escolha ou classificação). ELECTRE e PROMETHEE são exemplos de métodos de superação (FRINI; AMOR, 2019).

Ozelkan e Duskstein (1996) realizaram análise de alternativas de gestão de recursos hídricos por meio de métodos multicriteriais de análise, comparando os resultados através de cinco diferentes métodos aplicados. O primeiro método foi o PROMETHEE I (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), que provê uma pré-ordenação parcial das alternativas, e o PROMETHEE II, que fornece uma ordenação completa única. O segundo foi o método GAIA (*Geometrical Analysis for Iterative Assistance*), que é uma extensão do PROMETHEE II e tem o objetivo de representar o problema geometricamente, fornecendo uma melhor visualização e clareza. O terceiro método utilizado no estudo citado foi o MCQA I (*Multi Criterion Q-analysis*), que faz o uso de um índice de concordância, o MCQA II, que também leva em consideração as opiniões negativas (conceito de discordância) e MCQA III, projetado para analisar os critérios. A quarta técnica foi o procedimento computacional (CP), que permite criar uma ordem de preferência entre os critérios com base em seu poder de discriminação para alternativas de classificação. E a quinta técnica utilizada foi o CGT (*Cooperative Game Theory*), um estudo matemático que tenta identificar soluções normativas para conflitos (OZELKAN; DUCKSTEIN, 1996). A comparação mostrou que cada método tem sua particularidade para a análise, porém não há uma diferença substancial entre os mesmos (OZELKAN; DUCKSTEIN, 1996).

Alguns métodos multicriteriais de análise se destacam por serem amplamente utilizados para análise de AIs. O Método AHP é uma ferramenta bastante difundida na análise e hierarquização de alternativas em diferentes objetos de estudo na área ambiental (MOISA, 2005; MORETTI, SAUTTER E AZEVEDO, 2008), e também utilizada para avaliação de impactos ambientais (CHATZIMOURATIDIS; PILAVACHI, 2008), conforme estudos listados na Seção 3.5.1.1. Com suas comparações recíprocas, é um dos métodos melhor classificados para a análise da influência de fatores intangíveis na tomada de decisão (KABAK; ERVURAL, 2017).

O método FMEA, por sua vez, é amplamente utilizado para avaliação de AIs (ANDRADE, 2004; CAMPANI et al., 2006; FREITAS et al., 2014), (Vide 3.5.1.2). O método desenvolvido por Marazza, Bandini e Contin (2010), apesar de ter sido focado na legislação italiana, foi desenvolvido para a avaliação de significância de AIs e portanto, facilmente adaptado para uma utilização mais ampla (MARAZZA, BANDINI E CONTIN, 2010) (Vide 3.5.1.3).

3.5.1.1 Método da Análise Hierárquica de Processos (AHP)

O método AHP foi proposto pelo matemático Thomas L. Saaty no início dos anos 70, com o objetivo de facilitar a solução de problemas complexos de tomada de decisão. Este pode ser classificado como um dos métodos de análise multicriterial mais utilizados e mais conhecidos (COSTA, 2002; GOMES, 2015; MORETTI, SAUTTER e AZEVEDO, 2008) em diversas áreas de aplicação como no planejamento de ordens de manutenção de dutovias (MARTINS; COELHO, 2012), na definição estrutural e operacional de centros de distribuição (ROSA, STEINER E COLMENERO, 2015), na avaliação quantitativa de passivos ambientais (MOISA, 2005), entre outros.

Moura (2014) salienta que o método AHP permite a divisão do problema em partes menores, o que, aliado à experiência do tomador de decisão, que irá pontuar as suas preferências durante as comparações paritárias, facilita o domínio do problema como um todo.

O método permite uma inconsistência no julgamento, porque considera que pessoas não podem estimar valores com precisão, principalmente quando lidam com valores intangíveis e o objetivo é derivar a escala de importância relativa das alternativas, usando a estrutura hierárquica, as matrizes e álgebra linear para formalizar a opinião de julgamentos. O método prevê que opiniões são estimadas e não precisas (SAATY, 1990; SAATY, 2003).

O AHP é amplamente utilizado na literatura para a priorização de alternativas de diferentes assuntos. No Quadro 3 são listados estudos que utilizaram o método para o ranqueamento de alternativas, analisando problemas relacionados ao meio ambiente.

Quadro 3: Estudos na literatura que utilizam a metodologia AHP em avaliações na área ambiental - continua

Autores (ano)	Utilização do AHP	Limitações	Resultados
Petroni (2001)	Aplicou o AHP para decisão sobre a implementação da ISO 14001 em um grande fabricante de máquinas para a indústria de alimentos.	Identificou que uma implementação bem-sucedida do AHP exige a consulta e a participação ativa de decisores que estão bem informados sobre o AHP e a área problemática específica. O sucesso da implementação depende de quão bem esses gerentes entendem o AHP e concordam em participar do processo de decisão.	O AHP provou ser uma ferramenta satisfatória de apoio à tomada de decisão na Organização do estudo de caso. O modelo mostrou-se capaz de lidar com vários objetivos conflitantes, como a maximização do serviço aos clientes e a minimização do custo de implementação. Consequentemente, o modelo pode ser uma ajuda válida para analisar várias compensações e avaliar as implicações de decisões estratégicas. Afirmou que o modelo organiza sentimento, intuição e lógica em abordagem estruturada para a tomada de decisão.
Moisa (2005)	Utilizou o AHP para avaliar e ordenar o potencial de geração de passivos ambientais de postos de serviço (combustível).	Os pesos dos critérios devem ser atribuídos por especialistas e isso pode se tornar um empecilho para aplicação do método quando suas opiniões forem muito divergentes.	O método se mostrou eficaz na priorização da possibilidade de geração de passivos ambientais em postos de serviços, ordenando os postos estudados do menor potencial poluidor ao maior potencial poluidor e, identificando ainda, as áreas dos postos com maior deficiência, as quais devem receber ações corretivas e preventivas prioritariamente. Concluindo assim, que o AHP é uma importante ferramenta para o planejamento de ações corretivas e preventivas relativas à área ambiental e aplicáveis a postos de serviços.
Moretti, Sautter e Azevedo (2008)	Utilizaram o AHP para fazer uma análise multicriterial para verificação da real necessidade e viabilidade da implementação da norma ISO 14001.	Não foram relacionadas.	A aplicação da ferramenta promoveu uma avaliação mais precisa do perfil organizacional em contraste com a aplicabilidade da ISO 14001 nas duas Organizações estudadas, validando a sua aplicabilidade.
Chatzimouratidis e Pilavachi (2011)	Utilizaram o método AHP para avaliar 10 tipos de plantas de geração de energia com relação ao impacto geral, considerando impactos positivos e negativos, no padrão de vida das comunidades locais e ranqueá-las considerando aspectos quantitativos e qualitativos.	Não foram relacionadas.	Concluíram que a avaliação depende dos critérios adotados, da cultura, experiência, fatores financeiros, sociais e ponderação dos avaliadores, que levaram à seleção da melhor escolha de acordo com as particularidades de cada região.
Garfi et al. (2011)	Utilizaram o método para selecionar e posteriormente monitorar o programa mais apropriado para disponibilidade segura de água.	Não foram relacionadas.	O método AHP atendeu aos requisitos de avaliação do programa de desenvolvimento humano, incluindo a simplicidade, abordagem multidisciplinar e flexibilidade para o monitoramento. O AHP contribuiu para a análise, identificando os indicadores mais apropriados para controlar os impactos do projeto. O método foi validado como uma boa alternativa para análise aplicada a projetos de desenvolvimento humano.

Quadro 3: Estudos na literatura que utilizam a metodologia AHP em avaliações na área ambiental - continuação

Martins e Coelho (2012)	Aplicou o método AHP como apoio de tomada de decisão na área de planejamento de Ordens de Manutenção de Faixa de Servidão dutoviárias.	Apontam uma fragilidade do método, que é a possibilidade de ocorrer algumas inconsistências nos julgamentos, que podem ser diminuídas com o envolvimento de especialistas da área no momento de hierarquizar os critérios.	Concluem que o método apresentou vantagens como a simplicidade, facilidade de aplicação, resposta simples e objetiva. Ainda, destacam a vantagem inerente ao método AHP de manipular variáveis intangíveis e demonstraram ser adequado para o processo de planejamento de ordens de manutenção em dutovias.
Wang et al. (2013)	Utilizou o AHP para priorizar a ações de melhoria para os impactos ambientais de uma gráfica de impressão litográfica <i>offset</i> de embalagens coloridas.	Não foram relacionadas.	O estudo demonstrou a viabilidade do AHP para avaliar impacto de processos gráficos, ranqueando-os em ordem de potencial poluidor e identificando a criticidade para redução da poluição na operação de impressão.
Abba et al. (2013)	Realizaram uma análise das visões das partes interessadas sobre os impactos ambientais e disposição de resíduos sólidos para a seleção de planos de descarte baseados nas influências de seus impactos.	Possibilidade de discrepâncias no ranqueamento quando uma alternativa é excluída da análise ou nova alternativa é adicionada.	A ferramenta AHP foi utilizada nesta avaliação para possibilitar a consideração de vários critérios na análise das alternativas disponíveis para a destinação dos resíduos e concluíram que o método foi adequado para o estudo, apresentando um baixo índice de inconsistência (0,0169).
Chakroun et al. (2014)	Realizaram a avaliação das soluções de <i>ecodesign</i> para o equipamento utilizado para aplicação de fertilizante para agroindústria, integrando aspectos de qualidade e meio ambiente na priorização de soluções de engenharia.	Não foram relacionadas.	O AHP pode levar a avaliação multicritério através da integração de informações quantitativas e qualitativas, fazendo o processo de decisão de maneira mais completa. Concluíram que o método é capaz de lidar com um grande número de critérios de forma eficiente.
Silveira (2015)	Utilizou o AHP para avaliação do desempenho da gestão ambiental em obras de implementação e pavimentação de rodovias.	Não foram relacionadas.	Afirmou que o método é dinâmico e atualizável e se mostrou estatisticamente consistente.
Belinelli et al. (2018)	Usaram o método AHP para ranquear os impactos dos riscos inerentes à atividades de manutenção industrial e priorizar as atividades de manutenção para melhoria dos postos de trabalho.	Não foram relacionadas.	Com a aplicação do método AHP, foi possível calcular o nível de criticidade de cada atividade de manutenção, possibilitando priorizar o mais crítico em relação aos riscos ergonômicos para iniciar a análise ergonômica do local de trabalho.

Fonte: O autor (2019).

O método AHP foi considerado por Chatzimouratidis e Pilavachi (2008) capaz de promover uma tomada de decisão compensatória, agregando performances alternativas contra critérios para um indicador global, ao avaliar os impactos de usinas de energia no padrão de vida das comunidades onde as usinas estavam instaladas. Os autores destacaram que o método AHP é capaz de simplificar métodos complicados na construção de hierarquia estruturada de critérios e subcritérios, usando uma série de comparações par a par das alternativas.

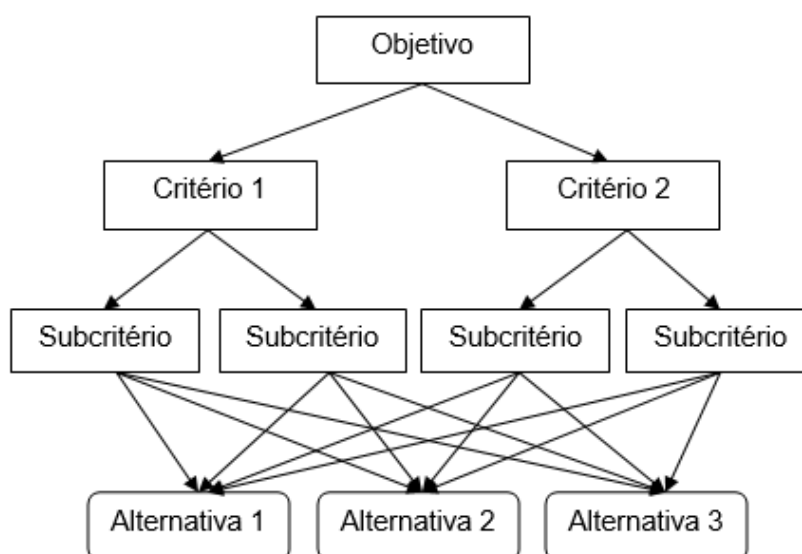
O método AHP tem o objetivo de seleção de alternativas considerando diferentes critérios de avaliação e está baseado em três princípios (COSTA, 2002):

1. **Construção de hierarquias:** quando é definido o objetivo, critérios, subcritérios e as alternativas a serem hierarquizadas (conforme representado na Figura 4).

2. **Definição de prioridades:** através da coleta de dados e cálculo da prioridade de cada alternativa, comparando pares em relação ao foco principal.

3. **Cálculo da consistência lógica, ou grau de consistência – CR (Consistency Ratio):** que identifica o quanto o sistema utilizado é consistente na classificação das alternativas viáveis (aceitável abaixo de 10%).

Figura 4: Representação de uma estrutura hierárquica do método AHP – Decomposição do problema em hierarquias



Fonte: Adaptado de Martins e Coelho (2012).

Conforme utilizado nos trabalhos citados no Quadro 3, o AHP mostra-se um modelo bastante versátil e adequado para a análise e hierarquização de alternativas relacionadas a assuntos ambientais, justificando sua escolha para este estudo.

3.5.1.2 Método de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)

A primeira aplicação formal do FMEA, do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*, foi conduzida na indústria aeroespacial nos anos 60, especificamente voltada para problemas de segurança, tendo sido antes disso já uma ferramenta chave para melhorar a segurança, especificamente em indústrias químicas (McDERMOTT, MIKULAK E BEAUREGARD, 1996).

Segundo Zambrano e Martins (2007), o FMEA consiste em identificar as falhas prováveis em projetos ou processos, estabelecer prioridades para o tratamento das falhas e implementar as ações recomendadas. Posteriormente, analisa se as ações recomendadas diminuiriam a probabilidade de ocorrência de falhas.

O método consiste em duas fases. Na primeira fase são identificadas as possíveis falhas que possam ter um efeito prejudicial no produto ou processo avaliado. Esta fase inclui a definição da falha potencial nas diversas fases de montagem e produção do produto ou processo avaliado. Na segunda fase, as falhas são avaliadas pelo time de engenharia, que determina o nível de criticidade, priorizando-as e propondo as modificações necessárias. As falhas mais críticas devem ser priorizadas na definição de ações corretivas (PUENTE et al., 2002).

O método FMEA é um método analítico padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e como seu desenvolvimento é formalmente documentado, permite padronizar documentos, fazer registro histórico de falhas e selecionar e priorizar projetos de melhoria (HELMAN; ANDERCY, 1995). É um método que permite às Organizações, estabelecer prioridades para agir, a partir da quantificação dos efeitos das possíveis falhas (WENCESLAU, ROCHA, 2012).

A análise FMEA é básica, dedutível, não necessita de cálculos sofisticados e segue um formulário que serve como roteiro, apesar de não se reduzir ao mero preenchimento do mesmo (HELMAN; ANDERCY, 1995).

Um modelo tradicional de FMEA é apresentado no Quadro 4, onde a classificação é atribuída de acordo com o RPN – *Risk Priority Number* (Número de

Prioridade do Risco) associado a cada causa da falha. O RPN é calculado pelo produto dos índices de detecção “D”, que reflete a probabilidade da possível falha ser detectada, a frequência “F”, que reflete a probabilidade da falha ocorrer e a severidade “S”, que reflete a seriedade da falha, caso ocorra (PUENTE et al., 2002).

Quadro 4: Modelo tradicional de tabela FMEA

Informações descritivas																
					Condições existentes (6)					Resultados (14)						
Número de referência da peça (1)	Função da peça (2)	Potencial modo de falha (3)	Potencial efeito da falha (4)	Principal causa da falha (5)	Mecanismo de Controle existente (7)	Frequência (8)	Severidade (9)	Detecção (10)	Número de prioridade do risco RPN (11)	Ações recomendadas (12)	Responsável em reparar a falha (13)	Medida tomada	Frequência	Severidade	Detecção	Número de prioridade do risco RPN

Fonte: Puente et al. (2002).

Os valores usuais para “F”, “D” e “S” são apresentados nos Quadros 5, 6 e 7, em função da probabilidade de ocorrência, facilidade de detecção da falha e severidade, caso ocorra.

Quadro 5: Valores usuais considerados para atribuição da frequência da falha “F”

	“F”	Probabilidade de ocorrência
Remota	1	0
Baixa	2	1/20.000
	3	1/10.000
Moderada	4	1/2.000
	5	1/1.000
	6	1/200
Alta	7	1/100
	8	1/20
Muito Alta	9	1/10
	10	1/2

Fonte: Puente et al. (2002).

Quadro 6: Valores usuais considerados para atribuição da detecção da falha “D”

	“D”	Probabilidade de não detecção
Remota	1	0-5
Baixa	2	6-15
	3	16-25
Moderada	4	26-35
	5	36-45
	6	46-55
Alta	7	56-65
	8	66-75
Muito Alta	9	76-85
	10	86-100

Fonte: Puente et al. (2002).

Quadro 7: Valores usuais considerados para atribuição da severidade da falha “S”

	“S”
O cliente não saberá disso	1
Um problema menor	2
	3
Insatisfação	4
	5
	6
Alto nível de insatisfação	7
	8
Consequências sérias para a segurança	9
	10

Fonte: Puente et al. (2002).

Estudos mostram (Quadro 8) que este método, originalmente desenvolvido para análise de falhas, tem sido utilizado com sucesso para a análise de Aspectos e Impactos Ambientais (CAMPANI et al., 2006; FREITAS et al., 2014; MENDONÇA; SILVA, 2015; WENCESLAU; ROCHA, 2012).

Quadro 8: Estudos na literatura, que utilizam a metodologia FMEA para avaliação de AIs

Autores (ano)	Utilização do FMEA	Limitações	Resultados
Campani et al. (2006)	Fizeram adaptações no método tradicional, considerando os AIs no lugar das falhas consideradas no método original e adaptaram as tabelas de Frequência, Detecção e Severidade para esta avaliação. Esta adaptação ainda incluiu um índice de facilidade das ações recomendadas, aumentando a efetividade na análise de criticidade dos AIs.	Não foram relacionadas.	Os autores ressaltam que a utilização da ferramenta FMEA mostrou-se eficaz na detecção da criticidade e a agregação do índice de facilidade de implementação das ações aumentou a efetividade para o processo de decisão do SGA.
Wenceslau e Rocha (2012)	Utilizaram o método como suporte para a identificação, classificação e diagnóstico dos AIs em uma agroindústria de arroz, auxiliando também na operacionalização de um plano de ação para mitigação dos impactos ambientais mais significativos da empresa.	Os autores apontam como limitação a possibilidade de melhores análises dos resultados.	A ferramenta mostrou-se eficiente e permitiu o ranqueamento dos aspectos que devem ser utilizados na implementação do plano de ações levantado durante o processo de avaliação.
Mattos (2013)	Utilizou os métodos FMEA para avaliar os AIs do Centro de Combustíveis Nucleares (CCN) do Instituto de Pesquisa de Energia Nuclear (IPEN/CNEN – SP).	Não foram relacionadas.	Obteve a identificação e classificação, quanto à significância dos principais AIs relacionados aos processos operacionais do CCN, demonstrando a validade da aplicação da técnica FMEA aos processos de instalações nucleares, identificando os AIs cujos controles são essenciais para a obtenção da conformidade com os requisitos ambientais do SGI, contribuindo também para questões relacionadas ao atendimento das exigências legais aplicáveis.
Freitas et al. (2014)	Utilizaram o método adaptado por Campani et al. (2006) para avaliar os aspectos ambientais do Departamento de Atenção à Saúde (DAS) do Campos Vale - UFRGS.	Não foram relacionadas.	A ferramenta FMEA mostrou-se adequada para a avaliação dos AIs, uma vez que evidenciou de forma objetiva as mudanças necessárias para minimizar ou evitar os impactos ambientais resultantes das atividades das unidades da UFRGS.
Mendonça e Silva (2015)	Utilizaram o método FMEA adaptado por Campani et al. (2006) para avaliar os AIs de um laboratório de biologia e a metodologia adotada por Henkels (2002) para determinar o que é significativo e será priorizado.	Pontuaram como limitação do método, o fato de não haver um procedimento que determine o que é significativo, ou seja, o que será priorizado.	O método se mostrou satisfatório para a avaliação, contribuindo para um alto nível de detalhamento do processo, listando seus aspectos e impactos, suas potenciais causas, ocorrência, forma de controle atual, permitindo ainda, sugerir ações para prevenir ou minimizar os AIs associados. Os aspectos ambientais que apresentaram impactos, como danos à saúde e ao bem-estar dos servidores e alunos, a geração de efluentes perigosos, a emissão de gases e vapores e riscos à saúde devido às condições do ambiente, tiveram os resultados mais altos e foram classificados como significativos.

Fonte: O autor (2019).

Mattos (2013) correlaciona os Aspectos Ambientais como modos de falha dos processos ambientais e os Impactos, como consequências para o meio ambiente, justificando a utilização do FMEA para análise de Aspectos e Impactos Ambientais.

Levando-se em consideração que as adaptações feitas por Campani et al. (2006), em relação os critérios de valoração para AIs, e considerando a facilidade de implantação da ação corretiva (governança) como um critério adicional, se mostraram adequadas para a avaliação de AIs em diferentes estudos citados no Quadro 8, optou-se por utilizá-las também para avaliar os aspectos e impactos ambientais no presente trabalho.

3.5.1.3 Método de determinação e priorização dos aspectos e impactos significativos proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010) - MRZ

O método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010), chamado neste trabalho de MRZ, foi desenvolvido para a avaliação de AIs de municípios da União Europeia, onde é obrigatória a implantação do Sistema de Auto-Gestão e Auditoria, EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*), desde o ano de 2001. Este sistema prevê que a Organização deve estabelecer, implementar e manter procedimento para identificar os aspectos das atividades contidas no escopo e determinar os aspectos significativos para o meio ambiente.

O método oferece boas opções de avaliação e consiste em duas dimensões, governança e ambiental (MARAZZA, BANDINI e CONTIN, 2010), como descrito abaixo:

- **dimensão de governança**, que avalia o potencial de melhoria gerencial, ou seja, o controle exercido pela gestão efetiva sobre cada aspecto e o gerenciamento atual deste mesmo aspecto; é avaliado através do índice G_{ij} (onde i é a atividade e j é o aspecto ambiental). A governança, G , leva em consideração a autoridade exercida sobre o aspecto ambiental e o atual gerenciamento deste aspecto, onde o nível de responsabilidade é medido pelo parâmetro "c" e o atual gerenciamento, avaliado através do parâmetro "g".

No Quadro 9 são listados os possíveis valores de "c", com descrição e exemplos já adaptados para Organizações industriais ou de serviços, que variam de

5 a 0, onde 5 significa o completo controle do aspecto ambiental e 0 nenhum controle, respectivamente.

Quadro 9: Nível de responsabilidade do aspecto pelo método MRZ - c

c	Critério	Exemplo
5	Aspecto direto – completamente controlado pela direção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridade total sobre o aspecto. Isso implica uma alta habilidade para decidir como baixar o impacto ambiental ou risco. ▪ Clara competência legal para administração do aspecto. ▪ A interação entre a atividade, produto, serviço e meio ambiente não é mediada por nenhum organismo externo. ▪ Considerado um aspecto direto. <p><i>Exemplo no consumo de energia: a intensidade e a duração da luz dentro de prédios da Organização.</i></p>
3	Aspecto quase direto, mas mediado por terceira parte	<p>Autoridade total sobre o aspecto, mas mediado por terceira parte, relacionado com autoridade local por um vínculo formal (contrato).</p> <p><i>Exemplo: serviços terceirizados dentro da Organização.</i></p>
1	Benefícios ou iniciativas direcionadas a comportamentos sustentáveis por partes externas	<p>Este constitui um controle fraco em comparação ao item anterior. Seu objetivo é modificar o comportamento dos fornecedores criando uma conveniência para que estejam dispostos a adotar escolhas virtuosas.</p> <p><i>Exemplo: benefícios para fornecedores com bom desempenho ambiental.</i></p>
0	Informar e conscientizar as pessoas	<p>Promoção da melhoria de aspectos ambientais indiretos, somente através da habilidade de influenciar os funcionários ou comunidade. Não há controle na interação.</p> <p><i>Exemplo: campanha ambiental de informação sobre disposição correta de resíduos.</i></p>

Fonte: Adaptado de Marazza, Bandini e Contin (2010).

O gerenciamento atual é avaliado através do parâmetro "g", que mede o grau com que a potencial influência é exercida pelo parâmetro. Este parâmetro segue a mesma escada de 5 a 0, onde 0 significa gestão sólida e completa e 5 significa que o aspecto não está sendo gerenciado. Este parâmetro reflete o nível de gerenciamento exercido para prevenir ou mitigar o impacto gerado pelo aspecto ambiental.

A descrição dos possíveis níveis de gerenciamento encontra-se listada no Quadro 10. O índice de governança G é calculado pelo produto entre a responsabilidade "c" e o gerenciamento "g".

Quadro 10: Nível de gerenciamento do aspecto pelo método MRZ - g

g	Critério	Detalhamento
5	Vasta oportunidade de melhoria	Nenhuma estratégia identificada. Não implementada. Abordagem setorial. Não monitorada, incompleta ou nenhum conhecimento sobre o impacto ambiental.
4	Grande oportunidade de melhoria	Estratégia incompleta. Estratégia não implementada e/ou ineficaz. Abordagem setorial. Monitoramento parcial ou nulo. Conhecimento parcial do impacto ambiental.
3	Oportunidade de melhoria	Há uma estratégia identificada para lidar com o aspecto, aplicada, mas não efetiva ou verificável. Abordagem setorial. Monitoramento parcial ou nulo. O impacto gerado pelo aspecto é conhecido. Treinamento tem que ser melhorado. Há necessidade de desenvolver uma estratégia diferente.
2	Moderada oportunidade de melhoria	A estratégia para lidar com o aspecto foi identificada e aplicada, mas precisa de alguma revisão devido não atingir os resultados desejados ou a estratégia é efetiva, mas não verificável. Abordagem parcialmente setorial. Monitoramento parcial. O impacto gerado pelo aspecto é conhecido e medido.
1	Pequena oportunidade de melhoria	A estratégia para lidar com o aspecto foi identificada e aplicada. O procedimento está definido, mas não é completamente aplicado ainda (exemplo: não há resultados ainda) Abordagem sinérgica sempre que necessário. A estratégia é monitorada. O impacto gerado pelo aspecto é conhecido e medido.
0	Não há oportunidade de melhoria	A estratégia é aplicada, com resultados mensuráveis produzidos. A estratégia foi estabelecida pelo envolvimento de todas as áreas administrativas e/ou terceiras partes e verificada através de procedimentos e documentos. Todas as consequências do aspecto em termos do impacto são medidas e controladas.

Fonte: Marazza, Bandini e Contin (2010).

Segundo Marazza, Bandini e Contin (2010), o parâmetro G é estruturado para resultar um valor baixo mesmo quando um aspecto for importante, porém se a Organização não tiver competência para influenciá-lo, apresentando um baixo potencial de melhoria. Mas, se ao contrário, a Organização tem competência sobre o aspecto, mas não a exerce, este é um problema de gerenciamento e provavelmente a possível melhoria é relevante, então o índice G receberá um valor alto.

O resultado da multiplicação entre "c" e "g" é rearranjado através do Quadro 11 e pode receber o valor de 0 a 3, sendo que 3 significa um alto poder de governança sobre o aspecto e 0, nenhuma governança sobre o aspecto:

Quadro 11: Referência para cálculo do valor do índice de governança G

	G
$c \times g \leq 3$	0
$4 \leq c \times g \leq 6$	1
$7 \leq c \times g \leq 12$	2
$13 \leq c \times g \leq 25$	3

Fonte: Marazza, Bandini e Contin (2010).

▪ **dimensão ambiental**, que avalia variáveis ambientais e sociais e a “relevância” ambiental que representa (Equação 1). Leva em consideração a escala temporal e espacial (através da frequência e extensão do aspecto - fe), a dimensão do impacto gerado (através da magnitude - m), a presença de fatores agravantes (considerados no acréscimo de sensibilidade - i), e a participação e consenso do público em geral ou funcionários (p). Tudo isso é avaliado através do índice I_{ijk} (onde i é a atividade, j o aspecto ambiental e k , o impacto ambiental causado por este aspecto).

$$I_{ijk} = fe_{ij} \times (m_k + i_k + p_j) \quad (1)$$

- A frequência e extensão, fe : que é medida através da extensão espacial e uma escala temporal do aspecto ambiental, independente do impacto. Os possíveis valores de fe são listados no Quadro 12.

Quadro 12: Valores de referência para parâmetro de frequência e extensão fe

Frequência	Extensão espacial			
	Muito localizada	Pequenas áreas	Áreas relevantes	Todo o território
Diariamente	3	4	4	5
Semanalmente	2	3	4	4
Mensalmente	1	2	3	3
Anualmente	1	1	2	3

Fonte: Marazza, Bandini e Contin (2010).

- A magnitude, m : medida pela severidade do impacto ambiental. O método sugere que a avaliação do impacto seja feita através da correlação entre fatores ambientais (emissões, esgotamento de recursos, entre outros) e componentes ambientais (atmosfera, solo, entre outros). O Quadro 13 é composto por uma lista de componentes ambientais (linhas) e possíveis pressões que afetam o meio ambiente (colunas), em que se busca relacionar como os componentes ambientais podem ser afetados pelas possíveis pressões ambientais. São pontuações tabeladas, que o método atribui em cada relação, avaliando a extensão espacial e a escala temporal do impacto, conforme apresentado no Quadro 14. O Quadro 13 permite que a avaliação seja feita por um avaliador, mesmo que este não tenha um profundo conhecimento nos AIs a serem avaliados.

Quadro 14: Valores para os impactos ambientais em cada componente ambiental, de acordo com a dimensão temporal e espacial do impacto

Dimensão espacial	Escala temporal			
	B = pequena	M = média	L = longa	I = irreversível
l = local	1	2	3	4
r = regional	1	2	3	4
n = nacional	2	3	4	5
g = global	3	4	5	5

Fonte: Marazza, Bandini e Contin (2010).

Com base nos Quadros 13 e 14, uma série de categorias gerais de impactos é apresentada no Quadro 15, que apesar de ter sido realizada para condições que ocorrem em cidades médias e pequenas, podem ser utilizadas para avaliar AIs em outras Organizações. Este processo produz um *score* para cada categoria proposta, que entra na fórmula como a variável *m*. O valor de *m* é independente do aspecto, dependendo apenas do impacto.

Quadro 15: Categorias gerais e específicas de aspectos ambientais e seus relativos valores de “m”

Categoria	Descrição	Pressão ambiental relacionada	<i>m</i>
Energia	Quando um aspecto implica em consumo de energia.	Emissão de gases de efeito estufa. Esgotamento de recursos não-renováveis.	10
Materiais	Quando um aspecto implica em consumo de materiais genéricos.	Uso de recursos renováveis. Esgotamento de recursos não renováveis.	8
Água	Quando um aspecto implica em consumo de água.	Retirada de água.	7
Substâncias perigosas	Quando um aspecto implica em armazenagem, risco de vazamento ou perda de materiais perigosos (pesticidas, amianto, etc.) ou resíduos perigosos.	Liberação de compostos sólidos/líquidos perigosos.	20
Solo	Quando um aspecto implica na ocupação de solo com construções ou infraestrutura, cujo impacto implica em impermeabilização do solo, ocupação do solo ou movimentação do solo.	Movimentação do solo. Impermeabilização do solo. Poluição luminosa. Ocupação do solo.	23
Canteiro de obras	Todo o ciclo de vida do canteiro de obras, cujos impactos incluem ruído, poeira, consumo de matéria e energia	Partículas suspensas totais e PM10. Agentes físicos. Vibrações. Movimentação do solo. Uso de recursos renováveis. Esgotamento de recursos não renováveis. Geração de resíduo.	28
Efluente	Quando a atividade implica na produção de efluente líquido e a operação de esgotos e tratamento de efluentes	Emissão de gases de efeito estufa. Mal cheiro. Descargas eutrofizantes. Uso de recursos renováveis. Geração de resíduo	19
Resíduos	Produção de resíduos urbanos e impactos relacionados ao seu descarte	Emissão de gases de efeito estufa. Emissões precursoras de ozônio troposférico. Geração de resíduo.	14

Quadro 15: Categorias gerais e específicas de aspectos ambientais e seus relativos valores “m” – continuação

Categoria	Descrição	Pressão ambiental relacionada	m
Transporte	Impactos gerados pelo tráfego: consumo de combustíveis fósseis, emissões atmosféricas, ruído e vibração.	Emissão de gases de efeito estufa. Emissões precursoras de ozônio troposférico. Compostos gasosos ácidos/eutrofizantes. Partículas sólidas suspensas e MP10. Monóxido de carbono. Benzeno e mal cheiro.	29
Aquecimento	Aquecimento de edifício e impactos relativos.	Emissão de gases de efeito estufa. Emissões precursoras de ozônio troposférico. Compostos gasosos ácidos/eutrofizantes. Esgotamento de recursos renováveis.	23
Fábricas	Atividades de fabricas e artesanato e impactos relativos.	Mal cheiro. Emissões industriais (DPR 203/88). Descarte de compostos líquidos/sólidos perigosos. Efluente industrial. Uso de recursos renováveis. Retirada de água. Esgotamento de recursos não renováveis. Geração de resíduo.	44
Agricultura	Atividade de agricultura e impactos relativos, incluindo a distribuição de lodo, consumo de água.	Emissão de gases de efeito estufa. Emissões precursoras de ozônio troposférico. Compostos gasosos ácidos/eutrofizantes. Emissão de nutrientes e espalhamento de lodo. Descargas eutrofizantes. Erosão. Ocupação do solo. Retirada de água.	39
Ar	Quando a atividade, isolada, provoca mudanças na qualidade do ar.	Emissões precursoras de ozônio troposférico. Compostos gasosos ácidos/eutrofizantes. Partículas sólidas suspensas e MP10. Monóxido de carbono. Benzeno e mal cheiro.	22
Eletromagnetismo	Poluição eletromagnética.	Agentes físicos.	6
Erosão	Erosão do solo	Movimentação do solo. Erosão.	12
Mineração	Atividade de mineração.	Agentes físicos. Vibração. Ocupação do solo. Mineração. Geração de resíduo.	31
Recursos renováveis	Consumo de recursos renováveis.	Uso de recursos renováveis.	3
Emissão de CO ₂	Emissão genérica de CO ₂ .	Emissão de gases de efeito estufa	5
Lodo	Lodo espalhado em terras agrícolas.	Emissão de nutrientes e espalhamento de lodo. Descargas eutrofizantes.	12
Poluição luminosa	Qualquer efeito adverso da iluminação artificial, incluindo “sky glow”, brilho, transgressão da luz, desordem da luz, diminuição da visibilidade durante a noite e desperdício de energia.	Poluição luminosa.	2
Ruído	Som exterior indesejado criado por atividades humanas incluindo ruído emitido por meio de transporte, tráfego rodoviário, tráfego aéreo e ruído de locais de atividade industrial.	Agentes físicos.	6

Quadro 15: Categorias gerais e específicas de aspectos ambientais e seus relativos valores “m” – continuação

Segurança	Quando a atividade implica em algum tipo de risco, especificamente descrito na legislação.		Quadro 16
Saúde pública	Quando a atividade implica em risco ambiental que pode afetar a saúde pública.		Quadro 16

Fonte: Marazza, Bandini e Contin (2010).

Os valores de m para os aspectos pertencentes às categorias “segurança” e “saúde pública” são atribuídos de acordo com uma avaliação do dano potencial do evento. Valores pré-determinados pelo método são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16: Valores de m para categorias de saúde pública e segurança

Dano potencial do evento		m
Efeitos negativos insignificantes	Efeito muito limitado. Impacto localizado. Baixa toxicidade para químicos envolvidos.	5
Impacto limitado	Baixo dano potencial. O evento pode causar distúrbio transitorial ou dano localizado.	15
Impacto moderado	Dano ambiental potencial. Possível efeito crônico.	45
Impacto significativo	Efeito crônico e agudo para espécies e habitantes.	135
Impacto severo	Para o meio ambiente e para os seres humanos. Espécies em extinção, perda de <i>habitats</i> .	405

Fonte: Marazza, Bandini e Contin (2010).

Os autores salientam que os avaliadores precisam apenas identificar a categoria do aspecto ambiental avaliado e não precisam mais implicações ambientais que exigiriam algum conhecimento técnico (Marazza, Bandini e Contin, 2010).

- O fator de acréscimo de sensibilidade, i , que leva em consideração o potencial efeito cumulativo ou a tendência de objetos sensíveis afetados, ou então tendências negativas no aspecto. O valor de i é independente do aspecto.

O valor de i surge do número de respostas positivas (soma-se 1 a cada resposta positiva) dada a uma lista de perguntas, que podem ser adaptadas, porém sugere-se que se enfatizem:

- Efeitos cumulativos;
- Presença de áreas sensíveis;
- Contribuição para o impacto global;
- Efeitos em teias ecológicas; e,
- Agravamento do efeito comparado a anos anteriores.

• Participação e sentimento do público (funcionários e cidadãos), p , que avalia a atenção ou preocupação da comunidade local em relação ao aspecto ambiental relacionado. Este índice varia de 0 a 5, onde 0 significa nenhum interesse e participação do público e 5 indica uma forte participação no assunto. Possíveis critérios de avaliação para p :

- Número de artigos (jornais, websites) no assunto;
- Seminários, programas escolares, reuniões para tratar do assunto;
- Assunto incluído na Agenda 21; e
- Sugestões dadas pelos funcionários.

O índice de relevância I , calculado pela equação 1, quantifica a “importância” do impacto ambiental k gerado pelo aspecto j como uma combinação dos parâmetros:

$$I_{ijk} = fe_{ij} \times (m_k + i_k + p_j) \quad (1)$$

Sendo:

fe_{ij} = frequência e extensão do impacto

m_k = magnitude do impacto

i_k = acréscimo de sensibilidade

p_j = participação e consenso do público em geral

onde i é a atividade, j o aspecto ambiental e k , o impacto ambiental causado por este aspecto.

Cada parâmetro é avaliado por uma escala pré-definida para evitar a subjetividade. O índice de significância é dado pela equação 2:

$$S_{ijk} = G_{ij} \times I_{ijk} \quad (2)$$

Sendo:

G_{ij} o índice de governança

I_{ijk} o índice de relevância ambiental

Marazza, Bandini e Contin (2010) enfatizam que a presença de requisitos legais não é incluída explicitamente nos parâmetros por ser considerada em outros requisitos do sistema de gestão, como atendimento aos requisitos legais e não conformidades.

Tourais e Videira (2016) afirmam que o método MRZ mostrou a importância de considerar a capacidade efetiva das Organizações controlarem seus aspectos ambientais combinando critérios de avaliação ambiental com critérios de governança.

Apesar do método ter sido desenvolvido para aplicação em municípios, o fato de ter sido desenvolvido exclusivamente para avaliação e hierarquização de AIs justifica sua aplicação neste estudo.

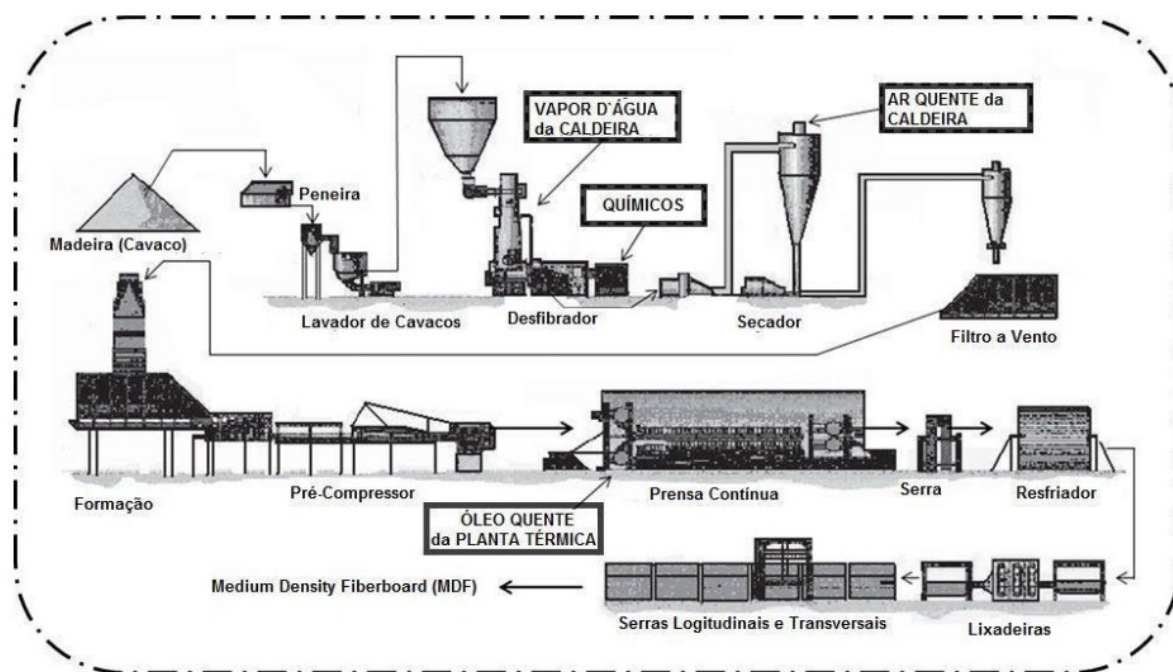
4 METODOLOGIA

4.1 Coleta de dados

Foram selecionadas duas Organizações brasileiras de diferentes ramos de atuação para a hierarquização dos Als. As Organizações possuem certificação ISO 14001:2015.

A primeira é uma Organização industrial fabricante de MDF (*Medium Density Fiberboard*), com processo bastante complexo e segmentado conforme Figura 5. A planilha de Als fornecida pela Organização é segmentada por setor, o que torna os Als muito repetitivos e conseqüentemente numerosos (277 Als). Por este motivo, optou-se pela utilização neste estudo, dos Als levantados para o setor produtivo (94 Als), que é bastante representativo da indústria como um todo (Apêndice A).

Figura 5: Processo de fabricação de MDF (Organização 1)



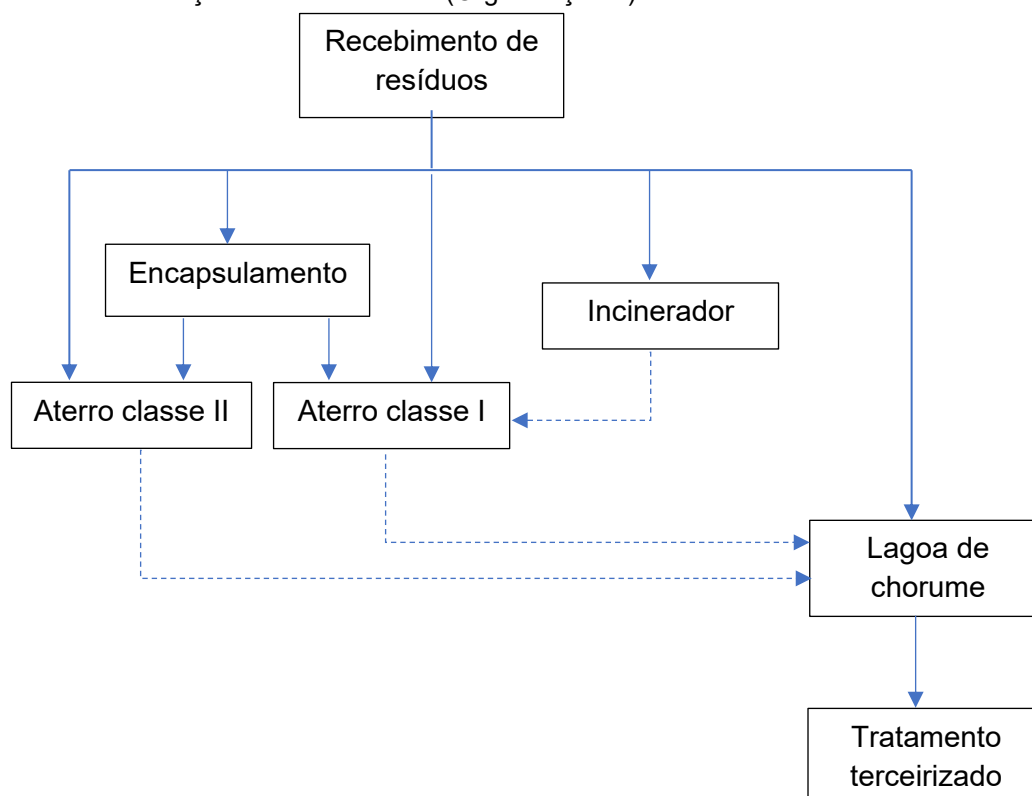
Fonte: Piekarski (2013).

Não foram fornecidos pela Organização dados quantitativos sobre parâmetros como consumo de insumos, água ou energia. Sendo assim, a avaliação foi feita considerando como importantes, os Als com projetos de melhoria para minimização

dos mesmos, já previstos e listados na tabela fornecida, como por exemplo: ações para um AI citado nos objetivos e metas da empresa ou a existência de TAC (Termo de Ajuste de Conduta) para outro AI. Considerando o exposto, assumiu-se este cenário de avaliação para o estudo.

A segunda Organização atua como prestadora de serviços do ramo de destinação final de resíduos e seu processo é ilustrado na Figura 6. A planilha de AIs fornecida pela Organização contém 126 AIs e utilizando o mesmo critério adotado para Organização Industrial, optou-se por utilizar os AIs relacionados à operação com o resíduo (80 AIs), que é bastante significativa (Apêndice B), desconsiderando as áreas administrativas. Assim como para a Organização industrial, não foram disponibilizadas informações sobre consumo de insumos, água ou energia. Foi utilizada na avaliação, a informação de que há um projeto para ampliação da ETE nas metas anuais da Organização devido a possibilidade de vazamentos em dias com fortes chuvas.

Figura 6: Processo de destinação final de resíduos (Organização 2)

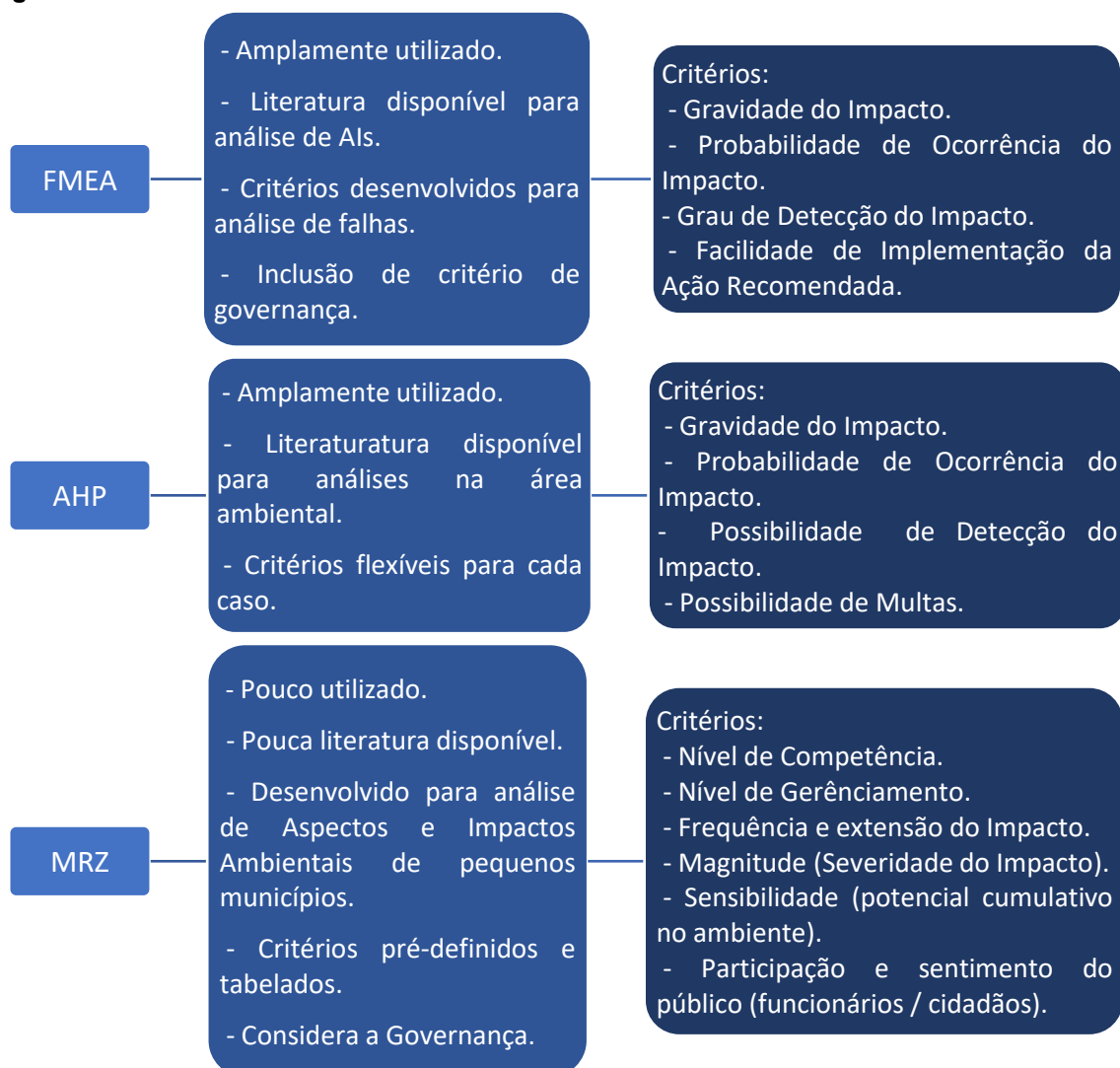


Fonte: O autor (2019).

4.2 Aplicação dos Métodos

Foram escolhidos três métodos com diferentes características, conforme apresentado na Figura 7. O método FMEA, desenvolvido para a análise de falhas em processos e projetos, já é amplamente utilizado para a análise de AIs (Quadro 8, pag. 46). O método AHP foi desenvolvido para apoio à decisão entre várias alternativas, considerando mais de um critério na avaliação, sendo utilizado para os mais diferentes assuntos, inclusive relacionados ao meio ambiente e AIs (Quadro 3, seção 3.5.1.1). E o método MRZ, desenvolvido para análise de AIs de pequenos municípios, foi escolhido por ser estruturado para análise de AIs, apesar de não ter foco em Organizações industriais ou de serviço.

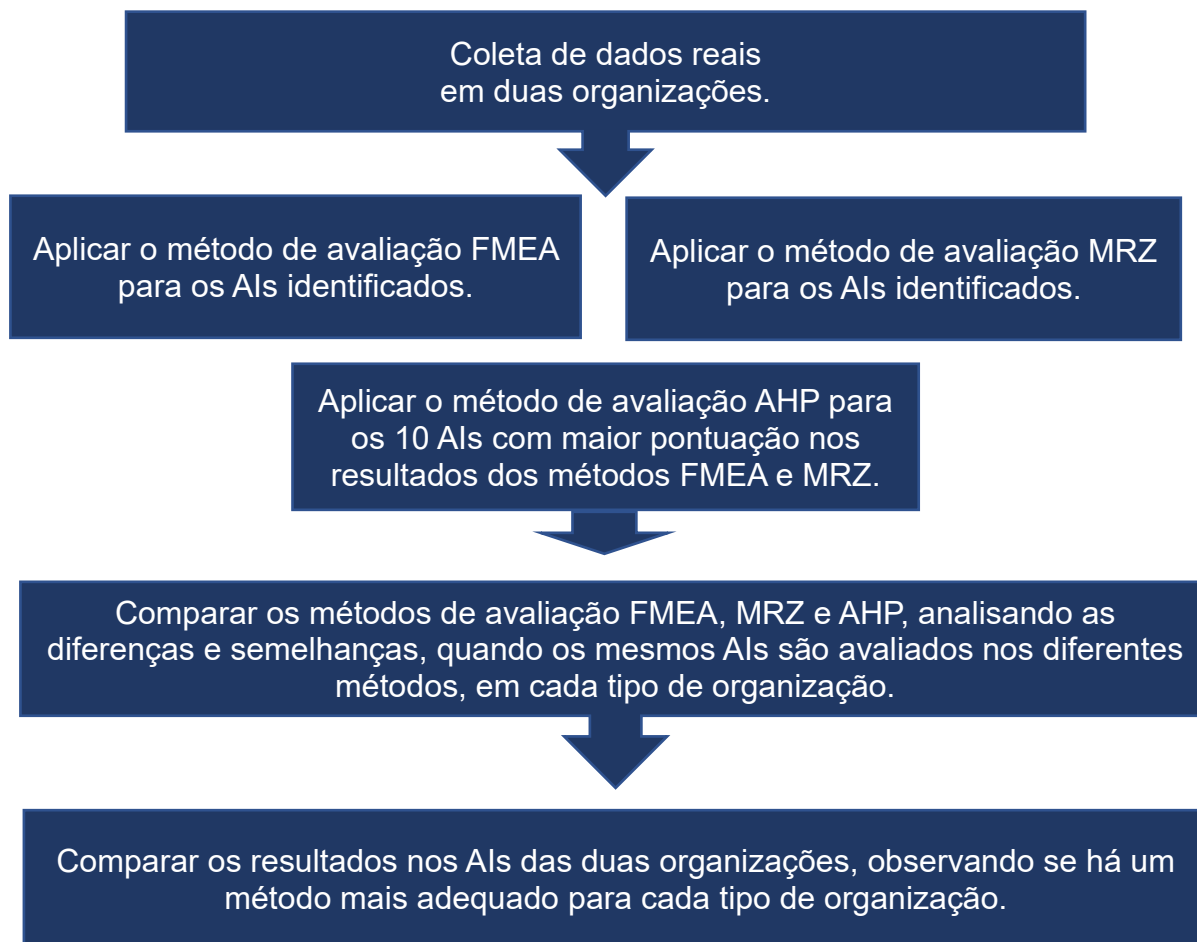
Figura 7: Características dos métodos utilizados no trabalho



Fonte: o autor (2019).

As etapas de desenvolvimento deste estudo são ilustradas na Figura 8 e detalhadas na sequência.

Figura 8: Representação das etapas realizadas no estudo



Fonte: o autor (2019).

4.2.1 Aplicação do método FMEA para determinação da significância dos aspectos ambientais

Para a aplicação do método FMEA, foram utilizadas as adaptações feitas por Campani et al. (2006), que utilizaram os aspectos ambientais no lugar da função e os impactos ambientais no lugar da falha das peças do produto avaliado no FMEA de produto (Quadro 4), e alteraram os critérios de classificação possibilitar a avaliação de Als. O preenchimento do formulário apresentado no Quadro 17 permitiu a

Neste método, os Als foram avaliados de acordo com os seguintes critérios:

- **Gravidade do Impacto (G):**

O índice (G) avalia a gravidade de um impacto ambiental de modo potencial de falha ao meio ambiente através dos critérios do Quadro 18, que foram adaptados para Als por Campani et al. (2006).

Quadro 18: Diretrizes para classificação do índice de gravidade do impacto

G	Gravidade do Impacto
1-2	Difícilmente será visível. Muito baixa para ocasionar um impacto no meio ambiente.
3-4	Não-conforme com a política de gestão ambiental da empresa. Impacto baixo ou muito baixo sobre o meio ambiente.
5-6	Não-conforme com os requisitos legais normativos. Potencial de prejuízo moderado ao meio ambiente.
7-8	Sérios prejuízos a saúde das pessoas diretamente envolvidas com as tarefas.
9-10	Sérios riscos ao meio ambiente

Fonte: Campani et al. (2006).

- **Ocorrência da Causa (O):**

A ocorrência da causa (O) avalia a probabilidade de ocorrência de uma causa específica conforme critérios apresentados no Quadro 19.

Quadro 19: Diretrizes para classificação do índice de ocorrência da causa

O	Ocorrência da Causa	
1-2	Remota	É realmente improvável que ocorra.
3-4	Baixa	Baixa possibilidade de ocorrer em um semestre.
5-6	Moderada	Razoável probabilidade de ocorrência em um semestre.
7-8	Alta	Ocorre com regularidade mais de uma vez por semestre.
9-10	Muito Alta	Grande possibilidade de ocorrer cada vez que executa a tarefa.

Fonte: Campani et al. (2006).

- **Grau de Detecção (D):**

O grau de detecção (D) estabelece uma relação entre a detecção e a solução de uma ocorrência conforme apresentado no Quadro 20.

Quadro 20: Diretrizes para classificação da detecção da causa de uma ocorrência

D	Probabilidade de detecção da causa da Ocorrência
1	Detecção rápida e solução rápida.
2	Detecção rápida e solução a médio prazo.
3	Detecção a médio prazo e solução rápida.
4	Detecção rápida e solução a longo prazo.
5	Detecção a médio prazo e solução a médio prazo.
6	Detecção a longo prazo e solução rápida.
7	Detecção a médio prazo e solução a longo prazo.
8	Detecção a longo prazo e solução a médio prazo.
9	Detecção a longo prazo e solução a longo prazo
10	Sem detecção e/ou solução.

Fonte: Campani et al. (2006).

- **Facilidade de Implementação da Ação Recomendada (F):**

Este índice (F), avalia a facilidade de implementação das ações recomendadas para diminuir o impacto ambiental, relacionando os custos, o número de pessoas envolvidas e o tempo gasto para aplicação do plano de ação através dos critérios estabelecidos no Quadro 21.

Quadro 21: Diretrizes para classificação da facilidade de implantação das ações recomendadas

F	Custo	Nº de pessoas	Tempo
1	Inviável ou não existe tecnologia.		
2	Alto	Todas	Alto
3	Alto	Apenas envolvidas com a tarefa	Alto
4	Alto	Todas	Baixo
5	Alto	Apenas envolvidas com a tarefa	Baixo
6	Baixo	Todas	Alto
7	Baixo	Apenas envolvidas com a tarefa	Alto
8	Baixo	Todas	Baixo
9	Baixo	Apenas envolvidas com a tarefa	Baixo
10	Mínimo custo ou custo/benefício de retorno imediato.		

Fonte: Campani et al. (2006).

- **Determinação do RPN – *Risk Priority Number* (Número de Prioridade do Risco) ou Índice de Risco Ambiental (IRA):**

Este índice fornece uma escala que possibilita hierarquizar a relevância de cada aspecto/impacto, sendo os mais relevantes os com IRA mais altos, onde deve-se priorizar as ações. É obtido através da multiplicação dos quatro índices anteriores (Equação 3), podendo variar de 1 a 10.000 (CAMPANI et al., 2006).

$$\text{IRA} = G \times O \times D \times F \quad (3)$$

4.2.2 Aplicação do método proposto por Marazza, Bandini e Contin (2010) – MRZ para determinação da significância dos aspectos

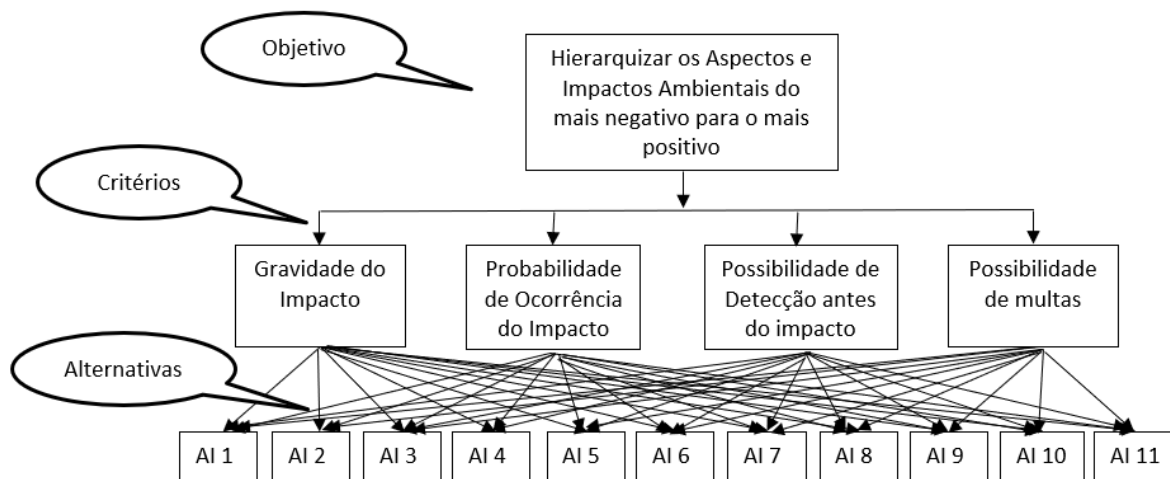
O método MRZ foi proposto para avaliar AIs de municípios, sendo possível priorizar os 96 AIs da Organização Industrial e os 80 AIs da Organização de Serviços, sem a necessidade de adaptações para a utilização proposta neste estudo (ver Seção 3.5.1.3).

Este método atribui a relevância do AI, avaliando a significância, que leva em consideração o potencial e a probabilidade da perda ocorrer, critérios também considerados nos dois primeiros métodos e a governança, que indica a capacidade da Organização de realizar as melhorias necessárias.

4.2.3 Aplicação do método da Análise Hierárquica de Processos (AHP) para determinação da significância dos aspectos ambientais

Conforme destacado na Seção 3.5.1.1, a metodologia parte da construção da hierarquia do problema, como ilustrado na Figura 10, onde foram definidos o foco principal do problema, os critérios e as alternativas a serem avaliadas, que neste caso serão os AIs. O objetivo principal desta avaliação, é hierarquizar os AIs para o gerenciamento dos riscos e oportunidades ambientais, minimizando os riscos (AIs adversos) e potencializando as oportunidades (AIs positivos).

Figura 10: Hierarquia de critérios adotada neste estudo, para aplicação do AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (2013).

A escolha dos critérios para o método AHP se deu a partir dos critérios utilizados para avaliação do FMEA, por entender que os mesmos seriam adequados para avaliação de AIs e esta escolha facilitaria a avaliação. Sendo assim, foram utilizados como critérios de comparação a gravidade do impacto, a probabilidade de ocorrência do impacto e a possibilidade de detecção antes que o impacto ocorra. Como este método não avalia as ações recomendadas para a mitigação do AI, ao invés de comparar a facilidade de implantação da ação recomendada, optou-se por substituir este critério pela possibilidade de multas, caso o impacto ocorra.

Devido ao grande número de AIs considerados em cada uma das Organizações (96 para Organização Industrial e 80 para a Organização de Serviços), e o elevado número de comparações necessárias para analisá-los a partir do método AHP (aproximadamente 26800 comparações), optou-se por delimitar as comparações neste método, elencando os 10 AIs selecionados em cada um dos métodos anteriores e a partir disso, utilizar como cenário de comparação, possibilitando assim a aplicação deste método e comparação dos resultados obtidos para os três métodos em um mesmo cenário.

Para a comparação de n critérios, uma matriz quadrada $n \times n$ foi construída, na qual os AIs são dispostos na mesma ordem ao longo das linhas e colunas. A importância relativa do critério da linha i face ao critério da coluna j , é representada por a_{ij} conforme Equação 4.

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \text{ e } a_{ii} = 1 \quad (4)$$

A comparação dos AIs par a par para a definição da prioridade em relação ao foco principal será realizada para cada critério através de matriz de comparação (Tabela 1), considerando a escala de conversão apresentada no Quadro 22.

Tabela 1: Tabela de comparação dos Aspectos e Impactos par a par para cada subcritério

	AI1	AI2	AI3	AI4	AI5	AI6	AI7	AI8	AI9	AI10	AI11	W_i
AI1	1											
AI2		1										
AI3			1									
AI4				1								
AI5					1							
AI6						1						
AI7							1					
AI8								1				
AI9									1			
AI10										1		
AI11											1	

Fonte: Adaptado de Costa (2003).

Onde W_i é o peso relativo dos AIs que estão sendo comparados segundo este critério.

Quadro 22: Escala de Conversão para julgamento de cada alternativa na comparação par a par com base em cada subcritério a ser avaliado entre as alternativas (Ex. probabilidade de ocorrência)

Importância	Definição	Escala verbal - explicação
1	Igual importância	As duas alternativas contribuem da mesma forma para o objetivo
3	Um pouco mais importante	Uma alternativa contribui um pouco mais que a outra para o objetivo.
5	Mais importante	Uma alternativa contribui mais que a outra para o objetivo.
7	Muito mais importante	Uma alternativa contribui muito mais que a outra para o objetivo.
9	Extremamente mais importante	Uma alternativa contribui extremamente mais que a outra para o objetivo.

Nota: Os valores 2,4,6 e 8 serão associados a julgamentos intermediários, se necessário.

Fonte: Saaty (1990).

A escala de conversão do Quadro 22 é traduzida em 9 níveis de importância, conforme indicado no Quadro 23. Esses valores foram aplicados ao realizar as comparações entre os AIs da Tabela 1.

Quadro 23: Escala para comparação dos critérios para a par segundo julgamento de importância

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente

MENOS IMPORTANTE

MAIS IMPORTANTE

Fonte: Costa (2003).

Sendo assim, a diagonal da matriz (Tabela 1) assume valores unitários e apenas a metade triangular superior direita da matriz precisa ser avaliada, sendo a metade triangular inferior esquerda, derivada desta avaliação (COSTA, 2003).

A matriz de comparação de cada subcritério foi normalizada somando-se os valores de cada coluna da matriz de comparação par a par e dividindo-se cada elemento da matriz pelo somatório da coluna a que pertence. Uma estimativa dos pesos relativos dos critérios comparados w_i é obtida através da divisão da soma dos scores normalizados de cada linha da matriz pelo número de critérios (11 no exemplo apresentado na Tabela 1).

Uma matriz com os pesos relativos de todos os subcritérios w_i foi estruturada para que fosse possível definir a hierarquização dos AIs analisados e o índice de consistência C_I forneceu a precisão do método utilizado.

Para facilitar os cálculos, foi utilizado neste trabalho, o *software Spice Logic TM Inc. - Analytic Hierarchy Process versão 1.6.2.* (SPICE LOGIC, 2019).

4.3 Avaliação dos Métodos Aplicados para Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais

Basicamente, as diferenças entre os métodos multicriteriais de análise baseiam-se na maneira pela qual cada método é operacionalizado, ou seja, modo pelo qual os critérios são julgados, na obtenção dos pesos dos critérios e no tratamento destes pesos para obtenção da prioridade das alternativas (GUGLIELMETTI, MARTINS E SALOMOM, 2003).

Guglielmetti, Martins e Salomon (2003) propuseram um método de comparação entre métodos multicriteriais de análise AHP, MAHP e ELECTREI, em

que listaram características importantes e apresentaram os resultados da análise dos métodos utilizados em seu estudo (Quadro 24).

Quadro 24: Modelo de comparação teórica entre os métodos multicriteriais de análise proposto por Guglielmetti, Martins e Salomon (2003)

	AHP	MAHP	ELECTRE I
Entrada de dados (<i>input</i>)			
Utilização em decisões com vários níveis			
Restrições quanto à quantidade de elementos em um nível			
Quantidade de julgamentos em problemas com muitos critérios e alternativas			
Necessidade de processar os dados antes que estes possam ser usados			
Possibilidade de tratar dados qualitativos e quantitativos			
Possibilidade de lidar com problemas do tipo técnico			
Possibilidade de tratar critérios/alternativas dependentes			
Possibilidade de criar as escalas de julgamento de acordo com contexto			
Saída de dados (<i>output</i>)			
Problemas com alocação em conjuntos			
Problemas com avaliação de desempenho			
Problemas com avaliação de desempenho em classes			
Proporciona <i>ranking</i> completo de alternativas			
Proporciona soluções muito refinadas			
Proporciona somente eliminação de algumas alternativas			
Permite avaliação de coerência dos julgamentos			
Interface do tomador de decisão com o método			
Disponibilidade de <i>software</i> para <i>download</i> gratuito			
Necessidade de um especialista no método utilizado			
Utilização de decisões em grupo			
Permissão para participação de mais de uma pessoa na decisão			
Facilidade para estruturar o problema			
Possibilita o aprendizado sobre a estrutura do problema			
Nível de compreensão conceitual e detalhada do modelo e algoritmo			
Nível de compreensão para o decisor referente à forma de trabalho			
Transparência no processamento dos resultados			
Quantidade de aplicações práticas			
Número de publicações científicas			

Fonte: Guglielmetti, Martins e Salomon (2003).

Alves, Nykiel e Belderrain (2007) utilizaram uma adaptação da tabela proposta por Guglielmetti, Martins e Salomon (2003), onde escolheram apenas os critérios

relevantes ao estudo dos autores, propuseram uma forma de atribuir notas para cada critério escolhido e uma fórmula matemática para o cálculo da nota final para cada método comparado.

Seguindo a linha de raciocínio dos autores, os critérios sugeridos por Guglielmetti, Martins e Salomon (2003) foram analisados e mantidos quando considerados relevantes para a comparação dos três métodos aplicados neste estudo ou descartados, se considerados não aplicáveis. Outros critérios foram inseridos para complementar a análise (Quadro 25).

Para cada item listado na primeira coluna do Quadro 25, foi atribuída nota 1, 3 ou 5, considerando a descrição contida na segunda coluna. A nota 1 foi atribuída para o método que mais se aproxima da afirmação listada e 5, para o que menos se aproxima da afirmação. A nota 3 foi atribuída para o método intermediário (método não considerado o que mais se aproxima da afirmação e nem o que menos se aproxima da afirmação).

Definiu-se também, que quando dois métodos apresentaram-se equivalentes e um método se aproximou menos da afirmação, foi atribuída nota 1 para os métodos equivalentes e nota 5, para o método que menos se aproximou da afirmação. Quando dois métodos foram avaliados como equivalentes e um método se aproximou mais da afirmação, foi atribuída nota 5 para os métodos equivalentes e nota 1 para o método que mais se aproximou da afirmação. Caso os três métodos fossem considerados equivalentes, atribuiu-se nota 1 para todos.

A soma das notas possibilitou a avaliação entre os métodos aplicados, sendo que uma pontuação mais baixa, indica maior adequação do método para a aplicação neste estudo e a maior pontuação, menor adequação.

Quadro 25: Listagem de critérios considerados relevantes para a análise dos métodos aplicados no presente estudo para o ranqueamento de Aspectos e Impactos Ambientais

Critério	Descrição do que foi considerado para avaliação do critério
<i>Entrada de dados (input)</i>	
Método dedutível	Disponibilidade de tabela como guia de aplicação para o método.
Facilidade para aplicação do método mesmo com grande número de Als	Menor número de avaliação para cada Als avaliado.
Possibilidade de tratar dados quantitativos e qualitativos*	Conversão de julgamentos qualitativos em quantitativos.
<i>Saída de dados (output)</i>	
Proporciona ranking completo de alternativas*	Possibilidade de ranquear todas as alternativas, mesmo com grande número de alternativas.
Considera os riscos ambientais na avaliação	Considera critérios que avaliam riscos ambientais: Impacto x probabilidade.
Permite a avaliação de coerência dos julgamentos*	Possui cálculo de índice de coerência nos julgamentos.
<i>Interface do tomador de decisão com o método</i>	
Disponibilidade de software para download gratuito*	Disponibilidade de software gratuito para <i>download</i> que seja possível aplicar o método para as listagens de Als avaliadas.
Não necessita de um especialista no método utilizado*	Método não complexo, que não necessita de um especialista para possibilitar a aplicação.
Possibilidade de utilização de decisões em grupo	Pode ser aplicado por um grupo de pessoas para os julgamentos, em conjunto ou separadamente.
Valores fixos para cada impacto ambiental	Possui tabelas com valores pré-fixados que possibilitam menor interferência do julgador.
Considera governança	Possui critério que considera a governança na avaliação.
Método desenvolvido para análise de Als	Método desenvolvido considerando a avaliação de Als sem necessidade de adaptações ou com necessidade de poucas adaptações para avaliação de Als.
Publicações científicas sobre o método	Disponibilidade de publicações científicas sobre o método para avaliação de alternativas em diversos assuntos.
Publicações científicas sobre o método para avaliação de Als	Disponibilidade de publicações científicas sobre o método em avaliações de Als.

Fonte: Adaptado de Guglielmetti, Martins e Salomon (2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação dos Als utilizando FMEA

A partir da hierarquização dos Als das Organizações estudadas, determinou-se a prioridade para aplicação de ações para controle dos aspectos e impactos ambientais considerando como critérios: a gravidade do impacto, a probabilidade de ocorrência da causa do impacto, a probabilidade de detecção da causa do impacto e a facilidade de implantação das ações recomendadas para mitigar o aspecto. Para que fosse possível avaliar a priorização dos Als utilizando o método FMEA, optou-se por observar os 10 Als com maiores pontuações (IRA – Índice de Risco Ambiental), conforme Quadros 26 (para Organização industrial) e 27 (para a Organização prestadora de serviços).

Quadro 26: Als com maiores pontuações na avaliação com FMEA para Organização industrial

Cód.	Aspecto	Impacto	IRA*
A1-50	Emissões atmosféricas (partículas / fibras) dos ciclones de MDF	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	2430
A2-37	Emissões atmosféricas (voláteis) dos ciclones de MDF	Alteração da qualidade do ar	1350
D1-4	Consumo de energia elétrica pela prensagem: ar comprimido na extensão das linhas de MDF	Redução de recursos naturais	600
D1-5	Consumo de energia elétrica pelas máquinas	Redução de recursos naturais	600
E1-5	Ruído da válvula de escape atmosférico do gerador de vapor	Incômodos à comunidade	600
A1-24	Partículas e fibras do silo de armazenagem de pó	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	450
A1-25	Partículas e fibras do silo de armazenagem de fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	450
A2-1	Gases e vapores da queima de biomassa	Alteração da qualidade do ar	450
A2-5	Emissão de gases e vapores da prensa de MDF	Alteração da qualidade do ar	450
C8-21	Resíduo de cinzas tiradas da central térmica	Alteração qualidade da água Alteração da qualidade do solo	450

* IRA: Índice de Risco Ambiental – resultado da equação matemática (Equação 3) que considera os critérios de pontuação para o método. Os códigos são os mesmos utilizados pela Organização que forneceu a planilha de Als.

Fonte: O autor (2019).

Nota-se que as emissões atmosféricas causadas pelo ciclone de MDF foram ranqueadas como os aspectos mais significativos (dois primeiros), pois é rotineira e consta um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) como ação de mitigação do impacto ambiental, demonstrando a necessidade de adequação e portanto, resultando em um acréscimo nos índices de gravidade e de ocorrência, ainda que o índice de facilidade de implementação das ações recomendadas seja baixo, por tratar-se da instalação de um equipamento de alto custo.

O consumo de energia elétrica por equipamentos da área produtiva (prensagem e máquinas em geral) foi ranqueado como terceiro e quarto aspecto ambiental em prioridade de execução das ações para controlar os AIs. Este resultado é consequência das atividades serem consideradas como rotineiras e a quantidade de energia consumida relevante, já que a ação de mitigação consta nos objetivos e metas anuais da Organização, resultando em um acréscimo do índice de frequência e gravidade, apesar das ações terem um custo relevante, por considerarem um alto investimento na melhoria destes equipamentos.

Quadro 27: AIs com maiores pontuações na avaliação com FMEA para Organização de serviços

Cód.	Aspecto	Impacto	IRA*
AI-80	Efluente tratado da lagoa de efluentes	Alteração da qualidade da água	420
AI-67	Emissão de gases e odores do efluente armazenado na lagoa de efluentes	Alteração da qualidade do ar	216
AI-70	Vazamento / derramamento de efluente na lagoa	Alteração da qualidade da água	168
AI-8	Uso de pedra brita no aterro	Utilização de recursos naturais	144
AI-26	Uso de cimento e areia para encapsulamento	Utilização de recursos naturais	144
AI-30	Uso de argila para encapsulamento	Utilização de recursos naturais	144
AI-18	Emissão de gases do armazenamento temporário de lâmpadas	Alteração da qualidade do ar	135
AI-11	Emissão de gases do aterro - células	Alteração da qualidade do ar	126
AI-47	Emissão de poeira/material particulado do incinerador	Alteração da qualidade do ar	120
AI-48	Emissão de gases do incinerador	Alteração da qualidade do ar	120
AI-54	Consumo de energia elétrica no incinerador	Utilização de recursos naturais	120
AI-55	Consumo de água no incinerador	Utilização de recursos naturais	120

* IRA: Índice de Risco Ambiental – resultado da equação matemática (Equação 3) que considera os critérios de pontuação para o método. Os códigos são os mesmos utilizados pela Organização que forneceu a planilha de AIs.

Fonte: O autor (2019).

O ruído apareceu em quinto lugar na ordem de prioridade para tomada de ações para diminuir o impacto ambiental, por também tratar-se de um aspecto rotineiro e possibilitar reclamações da comunidade, implicando no acréscimo do índice de gravidade.

A partir do Quadro 27, verifica-se que o aspecto com maior pontuação para a Organização de serviços foi o efluente tratado da lagoa de efluentes. Este aspecto é rotineiro e apresentou um alto índice de gravidade devido à limitação de volume das lagoas, com possibilidade de ocorrência de vazamentos em caso de chuvas fortes (considerada devido a informação de que há um projeto para ampliação da ETE devido a casos de vazamento), implicando em altos índices de ocorrência e gravidade; porém, a facilidade para a implementação da ação de controle (manter o nível das lagoas baixo, destinando efluente externamente) foi determinante para elevar o resultado, levando-o ao topo do ranqueamento.

O aspecto ranqueado em segundo lugar são os gases e odores do efluente armazenado na lagoa, e o terceiro lugar, vazamento/derramamento do efluente da lagoa. A pontuação alta com relação à ocorrência é justificada devido às atividades serem consideradas rotineiras e a gravidade foi considerada alta porque odores fortes podem gerar reclamações e a planilha fornecida pela Organização mostra a existência de projeto para ampliação da ETE, evidenciando a gravidade deste AI. Um alto índice resultante da análise da facilidade de implementação das ações de controle (manter cortina verde e manter nível baixo de efluentes destinando o mesmo externamente) também contribuiu para elevar a nota final dos AIs citados.

A aplicação do método FMEA, adaptado por Campani et al. (2006), para avaliação de AIs, permitiu que as ações de melhoria identificadas para controle dos AIs fossem ranqueadas segundo uma prioridade de execução, confirmando resultados anteriores realizados por Freitas et al. (2014), Mendonça e Silva (2015) e Wenceslau e Rocha (2012), que também aplicaram o método FMEA em seus estudos, avaliando e ranqueando AIs e, concluindo que o método se adequou a este propósito (Quadro 8, seção 3.5.1.2).

A utilização da tabela como guia para avaliação dos AIs, torna o método simples e dedutível. A análise feita por este método, ranqueou como mais significativos, os AIs que possuem maiores índices com relação à ocorrência do

aspecto e severidade do impacto, levando em consideração a facilidade de execução das ações de controle dos AIs.

5.2 Avaliação dos AIs Utilizando o Método MRZ

Utilizando o mesmo critério usado para a avaliação no método FMEA, foram avaliados os 10 AIs com maiores pontuações, conforme apresentado nos Quadros 28 e 29.

Quadro 28: AIs com maiores pontuações na avaliação com MRZ para Organização industrial

Cód.	Aspecto	Impacto	S
G1	Fonte de radiação ionizante – raio-X	Danos à saúde	428
A2-37	Emissões atmosféricas (voláteis) dos ciclones de MDF	Alteração da qualidade do ar	89
B2-1	Efluente gerado no processo de lavagem de fibras	Alteração da qualidade da água	77
B2-3	Vazamento de óleo dos caminhões	Alteração da qualidade da água	75
A2-1	Gases e vapores gerados na queima de biomassa da caldeira	Alteração da qualidade do ar	74
A2-5	Emissão de gases e vapores das prensas de MDF	Alteração da qualidade do ar	74
A2-9	Gases e vapores gerados na chaminé da central térmica	Alteração da qualidade do ar	74
B4-2	Efluente do sistema de bombeamento e transporte de cavaco	Alteração da qualidade da água	73
A2-6	Gases e vapores da tubulação de circulação de óleo térmico	Alteração da qualidade do ar	71
A2-13	Geração de gases e vapores na saída do secador	Alteração da qualidade do ar	68
A2-27	Emissão de gases e vapores na queima de rejeito da produção	Alteração da qualidade do ar	68
A2-28	Emissão de gases e vapores na queima de material de limpeza das caixas de contenção de resina e parafina	Alteração da qualidade do ar	68
A2-29	Emissão de gases e vapores na queima de Emissão de gases e vapores na queima de resina e parafina solidificada	Alteração da qualidade do ar	68
B3-5	Emissão de efluentes com produtos de limpeza	Alteração da qualidade da água	68

* S: índice de Significância – resultado da equação matemática (Equação 2) que considera os critérios de pontuação para o método. Os códigos são os mesmos utilizados pela Organização que forneceu a planilha e AIs.

Fonte: O autor (2019).

O Aspecto com maior pontuação no ranqueamento apresentado no Quadro 28 (Organização industrial), fonte de radiação ionizante – raios-X, é o que apresenta possibilidade de danos à saúde coletiva, critério este determinante para o método MRZ. Seguindo a ordem de ranqueamento, é possível identificar que aparecem os aspectos que implicam em impactos na qualidade do ar e da água, pois a tabela de magnitude fornecida pelo método sugere uma alta pontuação para estes dois casos. O mesmo fato explica o ranqueamento dos AIs da Organização de serviços, Quadro 29.

Quadro 29: AIs com maiores pontuações na avaliação com MRZ para Organização de serviços

Cód.	Aspecto	Impacto	S*
AI-11	Emissão de gases no aterro	Alteração da qualidade do ar	81
AI-67	Emissão de gases e odores do efluente armazenado na lagoa de efluentes	Alteração da qualidade do ar	72
AI-6	Efluente contaminado do aterro	Alteração da qualidade da água	65
AI-48	Emissão de gases do incinerador	Alteração da qualidade do ar	61
AI-80	Efluente tratado da lagoa de efluentes	Alteração da qualidade da água	51
AI-70	Vazamento / derramamento de efluente na lagoa	Alteração da qualidade da água	35
AI-24	Efluente contaminado do encapsulamento	Alteração da qualidade da água	33
AI-37	Efluente contaminado no incinerador – autoclave	Alteração da qualidade da água	33
AI-52	Efluente contaminado no incinerador	Alteração da qualidade da água	33
AI-59	Efluente contaminado no incinerador – lavador de gases	Alteração da qualidade da água	33

* S: índice de Significância – resultado da equação matemática (Equação 2) que considera os critérios de pontuação para o método. Os códigos são os mesmos utilizados pela Organização que forneceu a planilha e AIs.

Fonte: O autor (2019).

Pode-se verificar nos Quadros 28 e 29 que, apesar do método MRZ levar em consideração a governança sobre os AIs para o ranqueamento, como observado por Tourais e Videira (2016), os AIs que tiveram maior pontuação foram os pontuados com maiores magnitudes. Isso se deve ao fato de que a magnitude possui valores tabelados, com grande efeito para os aspectos que causem impactos à saúde e segurança coletiva, e alteração da qualidade do ar ou geração de efluentes, o que

direcionou os resultados, fazendo com que estes AIs obtivessem maiores índices de ranqueamento.

O método MRZ possibilitou a hierarquização dos AIs das duas Organizações, considerando a autonomia da Organização sobre o aspecto, o potencial de melhoria e o impacto sobre o interesse das partes interessadas (funcionários e comunidade). A avaliação de AIs através do método MRZ se mostrou simples e de fácil aplicação, visto que as tabelas prontas servem de guia para valoração durante a avaliação, porém é possível que um aspecto que gere alto impacto para a Organização avaliada possa não estar classificado como prioritário, uma vez que a tabela de magnitude, que influencia diretamente no resultado da avaliação, contém valores que consideram a importância destes impactos para municípios.

5.3 Aplicação do Método AHP para os AIs com Maiores Pontuações obtidos nos Métodos FMEA e MRZ

O método AHP é capaz de considerar critérios conflitantes na hierarquização de alternativas, por considerá-las individualmente nas comparações e só depois calcular o peso de cada critério na hierarquização. Este método considera a subjetividade dos julgamentos, transformando-os em resultados matemáticos ao comparar cada par de alternativas (SAATY, 1990).

A disponibilidade de *softwares* (*SpiceLogic*, *Bpmsg*, *Easyahp*, *Transparent choice*, entre outros) para análise de alternativas utilizando o método AHP facilita os cálculos e permite a utilização de vários critérios e vários avaliadores. No entanto, os *softwares* dependem do julgamento dos avaliadores, comparando cada uma das alternativas com todas as demais, par a par, tornando-se inviável para um número muito grande de alternativas. A maioria dos *softwares* disponíveis limita-se a um número entre 10 e 20 alternativas, sendo o *Spice Logic Analytic Hierarchy Process*, o único encontrado para um número maior que 20 alternativas, e por este motivo foi escolhido para utilização neste trabalho.

O método AHP não considera tabelas pré-construídas, mas sim uma estrutura hierárquica para avaliação das alternativas, ficando os resultados dependentes do julgamento do(s) avaliador(es) (KABAK, 2019), o que pode ser uma fragilidade do

método. A aplicação do método se torna um pouco mais complexa, devido à necessidade de montar uma estrutura de avaliação baseada no que será avaliado, considerando os critérios e hierarquia, mas os cálculos são facilitados devido ao uso do *software*. No entanto, apesar de ser capaz de considerar um grande número de critérios na avaliação, como salientam Chakroun et al. (2014), torna-se impraticável lidar com um número grande de alternativas, geralmente presentes quando avalia-se AIs, o que torna o número de comparações entre os pares tão grande, a ponto de tornar a avaliação inviável.

A aplicação do método para hierarquização de AIs se mostrou possível e consistente, e a utilização do *software Spice Logic Analytic Process* permitiu a análise de sensibilidade através do cálculo do índice de consistência dos julgamentos efetivados, que, segundo Saaty (1990), deve ser inferior a 10%. Para os julgamentos realizados considerando como cenário os AIs selecionados nos métodos FMEA e MRZ, o índice de consistência apresentado foi de 2,09% para a Organização industrial e de 2,48% para a Organização de serviços, o que indica que a avaliação foi feita de forma consistente, segundo o método. Os AIs hierarquizados são apresentados nos Quadros 30, para a Organização industrial, e 31, para a Organização prestadora de serviços.

A hierarquia montada para avaliação dos AIs utilizando o método AHP considera como critérios, a gravidade do impacto, a probabilidade de ocorrência do impacto, a possibilidade de detecção antes que o impacto ocorra e a possibilidade de multas devido ao impacto ambiental.

Quadro 30: Hierarquização de AI avaliados pelo método AHP para a Organização industrial

Cód	Aspecto	Impacto	H*
A1-50	Emissões Atmosféricas (partículas/fibras) dos ciclones de MDF	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	30,5
A2-37	Emissões atmosféricas (voláteis) dos ciclones de MDF	Alteração da qualidade do ar	29,5
G1	Fonte de radiação ionizante – raio x	Danos à saúde	29,2
C8-21	Resíduo de cinzas tiradas da central térmica	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	28,5
A2-1	Gases e vapores da queima de biomassa	Alteração da qualidade do ar	28,0
B2-1	Efluente gerado no processo de lavagem de fibras	Alteração da qualidade da água	28,0
A2-9	Gases e vapores gerados na chaminé da central térmica	Alteração da qualidade do ar	28,0
A1-24	Partículas e fibras do silo de armazenagem de pó	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	27,5
A1-25	Partículas e fibras do solo de armazenagem de fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	27,5
A2-13	Gases e vapores na saída do secador	Alteração da qualidade do ar	27,5
D1-4	Consumo de energia elétrica pela prensagem: ar comprimido na extensão das linhas de MDF	Redução de recursos naturais	27,2
A2-5	Emissão de gases e vapores da prensa de MDF	Alteração da qualidade do ar	27,2
B4-2	Efluente do sistema de bombeamento e transporte de cavaco	Alteração da qualidade da água	27,2
A2-6	Gases e vapores gerados da tubulação de circulação de óleo térmico	Alteração da qualidade do ar	27,0
A2-27	Geração de gases e vapores na queima de rejeito da produção	Alteração da qualidade do ar	26,7
D1-5	Consumo de energia elétrica pelas máquinas	Redução de recursos naturais	26,5
E1-5	Ruído da válvula de escape atmosférico do gerador de vapor	Incômodos à comunidade	26,5
A2-28	Emissão de gases e vapores na queima de material de limpeza das caixas de contenção de resina e parafina	Alteração da qualidade do ar	26,5
A2-29	Emissão de gases e vapores na queima de resina e parafina sólida.	Alteração da qualidade do ar	26,5
B2-3	Vazamento de óleo dos caminhões	Alteração da qualidade da água	26,2
B3-5	Emissão de efluentes com produto de limpeza	Alteração da qualidade da água	26,0

* H: índice de Hierarquização – resultado da equação matemática que considera os critérios de pontuação para o método. Os códigos são os mesmos utilizados pela Organização que forneceu a planilha e AIs.

Fonte: O autor (2019).

Observando a hierarquização obtida para os 10 AIs com maiores pontuações para a organização industrial (Quadro 30), verifica-se que as emissões atmosféricas dos ciclones ocupam o primeiro e segundo lugar no ranqueamento, justificado por ser atividades rotineiras e de grande impacto ambiental e possibilidade de multas, visto que na tabela fornecida pela Organização, consta como ação de mitigação do Impacto Ambiental, um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) junto ao Órgão Ambiental. A fonte de radiação ionizante, aparece em terceiro, visto que no caso de ocorrência de um impacto ambiental, a gravidade e a possibilidade de multas foram consideradas altas, devido à possibilidade de danos à saúde coletiva.

Quadro 31: Hierarquização de AI avaliados pelo método AHP para a Organização de serviços

Cód	Aspecto	Impacto	H*
AI-80	Efluente tratado da lagoa de efluentes	Alteração da qualidade da água	31,0
AI-47	Emissão de poeira/material particulado do incinerador	Alteração da qualidade do ar	30,7
AI-70	Vazamento / derramamento de efluente na lagoa	Alteração da qualidade da água	30,2
AI-48	Emissão de gases do incinerador	Alteração da qualidade do ar	29,7
AI-6	Efluente contaminado do aterro	Alteração da qualidade da água	28,5
AI-11	Emissão de gases do aterro - células	Alteração da qualidade do ar	28,2
AI-18	Emissão de gases do armazenamento temporário de lâmpadas	Alteração da qualidade do ar	27,5
AI-37	Efluente contaminado no incinerador – autoclave	Alteração da qualidade da água	27,5
AI-67	Emissão de gases e odores do efluente armazenado na lagoa de efluentes	Alteração da qualidade do ar	27,2
AI-24	Efluente contaminado do encapsulamento	Alteração da qualidade da água	27,2
AI-52	Efluente contaminado no incinerador	Alteração da qualidade da água	27,2
AI-59	Efluente contaminado no incinerador – lavador de gases	Alteração da qualidade da água	27,2
AI-26	Uso de cimento e areia para encapsulamento	Utilização de recursos naturais	27,0
AI-54	Consumo de energia elétrica no incinerador	Utilização de recursos naturais	27,0
AI-8	Uso de pedra brita no aterro	Utilização de recursos naturais	26,2
AI-55	Consumo de água no incinerador	Utilização de recursos naturais	26,2
AI-30	Uso de argila para encapsulamento	Utilização de recursos naturais	26,0

* H: índice de Hierarquização – resultado da equação matemática que considera os critérios de pontuação para o método. Os códigos são os mesmos utilizados pela Organização que forneceu a planilha e AIs.

Fonte: O autor (2019).

Dentre os 10 AIs com maior prioridade no ranqueamento para Organização de Serviços (Quadro 31), o que aparece em primeiro lugar no ranqueamento é o efluente tratado da lagoa de efluentes, por ser rotineiro ter possibilidade de vazamentos devido à limitação de volume nas lagoas evidenciada pela informação de existência de projeto de ampliação como ação de mitigação deste AI na tabela fornecida pela Organização.

A comparação entre os resultados dos ranqueamentos nos três métodos será apresentada a seguir.

5.4 Comparação Entre os Métodos Multicriteriais de Análise Quando Aplicados às Duas Diferentes Organizações

Os AIs com as 10 maiores pontuações na avaliação através dos métodos FMEA e MRZ foram somados e ranqueados novamente utilizando do método AHP. Para comparar os resultados entre os três métodos, foram considerados os AIs que tiveram os 10 maiores resultados nos três métodos, incluindo os AIs com a mesma prioridade (nota), quando empatados na décima posição de priorização e ilustrados em uma figura através dos códigos dos AIs fornecidos pela Organização.

Os AIs coincidentes nas 10 primeiras posições de hierarquização entre os métodos FMEA e MRZ foram ilustrados com letras e números em negrito. Os AIs coincidentes nas 10 primeiras posições de hierarquização entre os métodos FMEA e AHP foram marcados em amarelo e os coincidentes entre os métodos MRZ e AHP, marcados em verde.

5.4.1 Avaliação dos resultados obtidos pelos três métodos utilizados para o ranqueamento dos AIs da Organização industrial

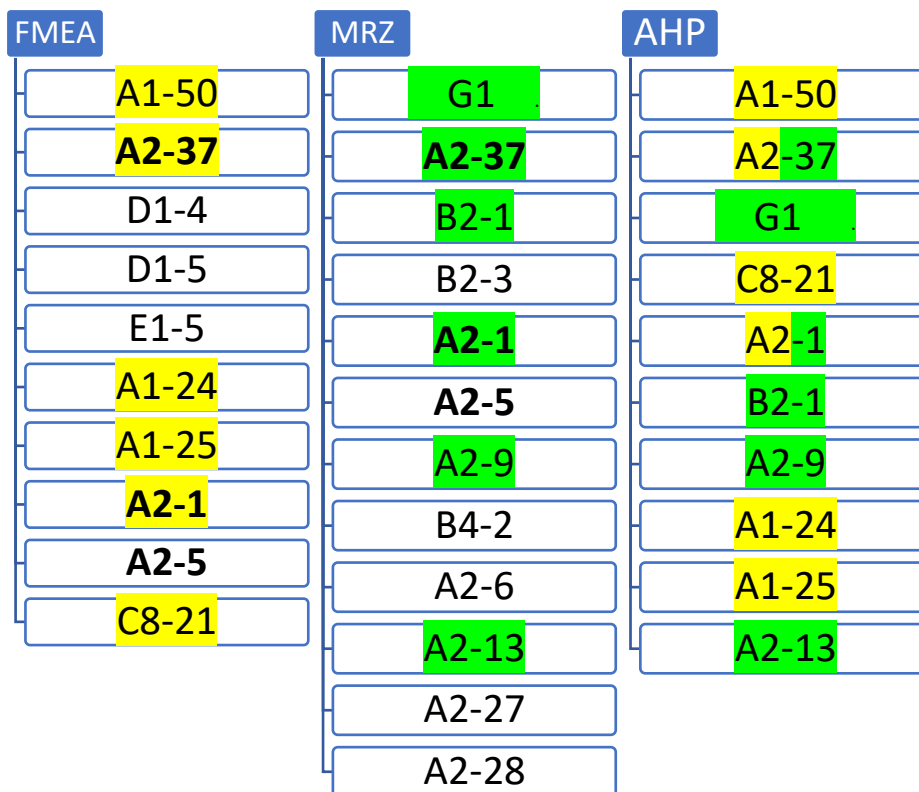
Avaliando-se os resultados obtidos no ranqueamento dos AIs da Organização industrial através do método FMEA e do método MRZ (Figura 11), nota-se que apenas 3 (três) AIs são coincidentes (negrito), quando considerados os 10 AIs com pontuação mais alta em cada método de avaliação utilizado. Esta diferença na priorização deve-

se à diferença nos critérios utilizados por cada método. Enquanto o FMEA prioriza os AIs com gravidade mais alta, maior probabilidade de ocorrência, maior probabilidade de não detecção do aspecto e facilidade de implantação das ações de controle, o MRZ considera a governança sobre o aspecto e principalmente a magnitude, que por ser pré-tabelada com valores mais altos para os impactos à saúde e segurança coletiva, implicam em maiores resultados dos mesmos.

Quando os AIs com as maiores pontuações nos métodos FMEA e MRZ foram ranqueados através do método AHP, pode-se observar que as emissões atmosféricas (partículas e fibras) emitidas pelos ciclones de MDF e as emissões atmosféricas (voláteis) emitidas pelos ciclones de MDF ficaram com as pontuações mais elevadas (Figura 11, em amarelo), coincidindo com o ranqueamento feito através do método FMEA. Este fato pode ser explicado através da escolha dos critérios de avaliação feita para o método AHP, muito semelhante com os critérios do método FMEA, influenciando no ranqueamento.

Ao observar os AIs com as 10 maiores pontuações através do método AHP, pode-se notar que 6 AIs são coincidentes com o método FMEA (Figura 11, em amarelo) e 6 AIs são coincidentes com o MRZ (Figura 11, em verde), confirmando a coerência no ranqueamento feito pelos métodos FMEA e MRZ.

Figura 11: Als da Organização Industrial, hierarquizados com os métodos FMEA, MRZ e AHP



Legenda:

- A1-24 → Partículas e fibras do silo de armazenagem de pó
- A1-25 → Partículas e fibras do solo de armazenagem de fibras
- A1-50 → Emissões Atmosféricas (partículas/fibras) dos ciclones de MDF
- A2-1 → Gases e vapores da queima de biomassa
- A2-5 → Emissão de gases e vapores da prensa de MDF
- A2-6 → Gases e vapores gerados da tubulação de circulação de óleo térmico
- A2-9 → Gases e vapores gerados na chaminé da central térmica
- A2-13 → Gases e vapores na saída do secador
- A2-27 → Geração de gases e vapores na queima de rejeito da produção
- A2-28 → Emissão de gases e vapores na queima de material de limpeza das caixas de contenção de resina e parafina
- A2-29 → Emissão de gases e vapores na queima de resina e parafina sólida
- A2-37 → Emissões atmosféricas (voláteis) dos ciclones de MDF
- B2-1 → Efluente gerado no processo de lavagem de fibras
- B3-3 → Vazamento de óleo dos caminhões
- B3-5 → Emissão de efluentes com produto de limpeza
- B4-2 → Efluente do sistema de bombeamento e transporte de cavaco
- C8-21 → Resíduo de cinzas tiradas da central térmica
- D1-4 → Consumo de energia elétrica pela prensagem: ar comprimido na extensão da linha de MDF
- D1-5 → Consumo de energia elétrica pelas máquinas
- E1-5 → Ruído da válvula de escape atmosférico do gerador de vapor
- G1 → Fonte de radiação ionizante – raio x

Fonte: O autor (2019).

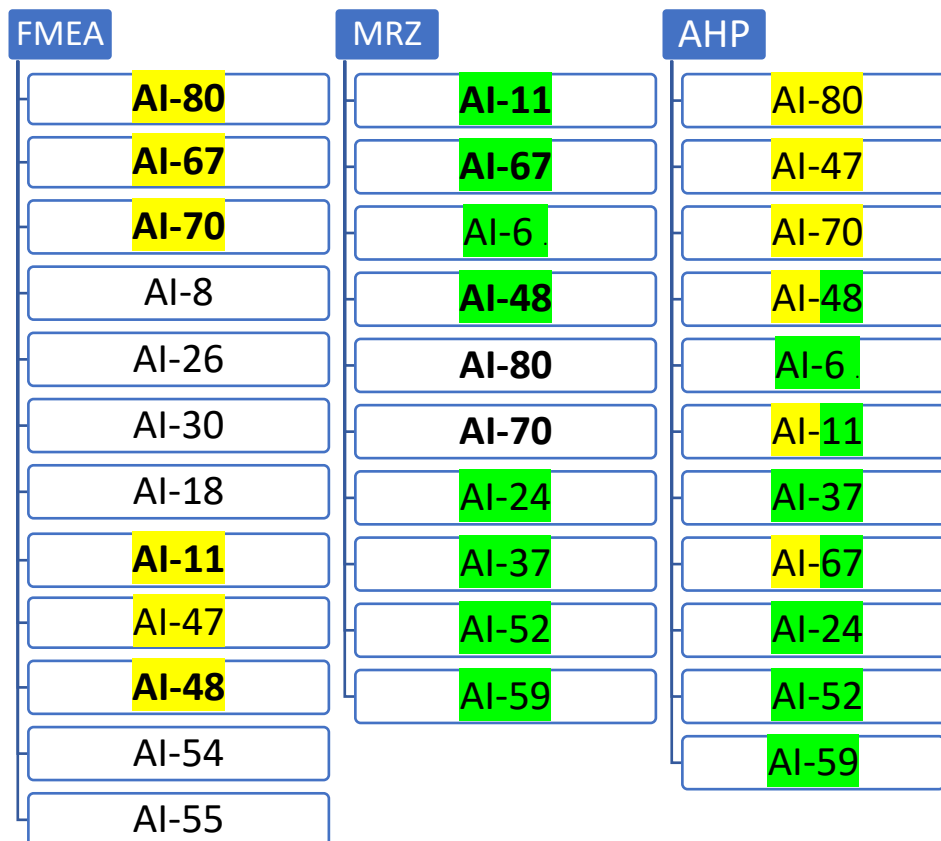
5.4.2 Avaliação dos resultados obtidos pelos três métodos utilizados para o ranqueamento de Als da Organização de serviços

Ao avaliar os resultados obtidos na avaliação dos Als da Organização de serviços através do método FMEA e do método MRZ, apresentado na Figura 12, nota-se que 5 (cinco) Als são coincidentes (negrito), quando considerados os 10 Als com pontuação mais alta em cada método de avaliação utilizado. Esta diferença na priorização deve-se às diferenças de critérios utilizados por cada método, conforme observações feitas para a Organização industrial, no entanto indicam uma coerência no ranqueamento.

Ao ranquear os Als com as maiores pontuações nos métodos FMEA e MRZ através do método AHP, observou-se que o efluente tratado na lagoa de efluentes, a emissão de poeira e material particulado do incinerador, o vazamento/derramamento de efluente na lagoa de efluentes e a emissão de gases do incinerador ficaram com as pontuações mais elevadas, tendo os 04 (quatro) Als com pontuações mais altas, aparecido também entre os 10 Als com maiores pontuações no ranqueamento feito pelo método FMEA (Figura 12, em amarelo), indicando novamente na hierarquização dos Als da Organização de serviços, que a utilização de critérios coincidentes entre os métodos FMEA e AHP interferiu no ranqueamento final.

Observando-se os Als com as 10 maiores pontuações através do método AHP, pode-se afirmar que há uma coerência nos resultados, confirmada pelos 6 Als coincidentes com o método FMEA (Figura 12, em amarelo) e 8 Als coincidentes com o MRZ (Figura 12, em verde).

Figura 12: AIs da Organização de Serviços, hierarquizados com os métodos FMEA, MRZ e AHP



Legenda:

- AI-6 → Efluente contaminado do aterro
- AI-8 → Uso de pedra brita no aterro
- AI-11 → Emissão de gases do aterro - células
- AI-18 → Emissão de gases do armazenamento temporário de lâmpadas
- AI-24 → Efluente contaminado do encapsulamento
- AI-26 → Uso de cimento e areia para encapsulamento
- AI-30 → Uso de argila para encapsulamento
- AI-37 → Efluente contaminado no incinerador – autoclave
- AI-47 → Emissão de poeira/material particulado do incinerador
- AI-48 → Emissão de gases do incinerador
- AI-52 → Efluente contaminado no incinerador
- AI-54 → Consumo de energia elétrica no incinerador
- AI-55 → Consumo de água no incinerador
- AI-59 → Efluente contaminado no incinerador – lavador de gases
- AI-67 → Emissão de gases e odores do efluente armazenado na lagoa de efluentes
- AI-70 → Vazamento / derramamento de efluente na lagoa
- AI-80 → Efluente tratado da lagoa de efluentes

Fonte: O autor (2019).

Os resultados obtidos para as duas tipologias de atividade apresentaram características muito parecidas (observações e justificativas), não sendo observadas diferenças significativas quando os métodos foram aplicados para a Organização industrial e para a Organização de serviços.

5.5 Comparação Entre os Três Métodos Multicriteriais de Análise Aplicados

Seguindo a metodologia proposta para análise dos métodos aplicados, foram atribuídas notas aos métodos, segundo os critérios pré-definidos, conforme apresentado no Quadro 32.

Quadro 32: Comparação entre os métodos multicriteriais de análise aplicados nas duas organizações para hierarquização de Als

	AHP	FMEA	MRZ
Entrada de dados (<i>input</i>)			
Método dedutível	5	1	3
Facilidade para aplicação do método mesmo com grande número de Als	5	1	3
Possibilidade de tratar dados quantitativos e qualitativos	1	1	1
Saída de dados (<i>output</i>)			
Proporciona <i>ranking</i> completo de alternativas	5	1	1
Considera os riscos ambientais na avaliação	1	1	1
Permite a avaliação de coerência dos julgamentos	1	5	5
Pode considerar Governança	1	1	1
Método desenvolvido para análise de Als	5	5	1
Define os Als significativos	1	1	1
Interface do tomador de decisão com o método			
Disponibilidade de <i>software</i> para <i>download</i> gratuito	1	1	5
Possibilidade de utilização de decisões em grupo	1	1	1
Valores fixos para cada impacto ambiental	5	5	1
Facilidade de encontrar publicações científicas sobre a construção e utilização do método	1	1	5
Facilidade de encontrar publicações científicas sobre a utilização do método para avaliação de Als	5	1	3
Somatório	38	26	32

Fonte: Adaptado de Guglielmetti, Martins e Salomon (2003).

Ao avaliar os dados de entrada (*input*), o método AHP foi considerado o menos dedutível, uma vez que é preciso estruturar a hierarquia de avaliação para aplicá-lo, exigindo conhecimento aprofundado no método. O MRZ foi considerado intermediário, pois tem critérios pré-estabelecidos e várias tabelas diferentes entre si, para serem utilizadas para pontuar cada AI, dispensando um especialista no método,

apesar de não contar com uma tabela guia como o método FMEA, motivo pelo qual, o FMEA foi considerado o mais dedutível entre eles, confirmando as afirmações de Campani et al. (2006), Freitas et al. (2014), Mendonça e Silva (2015) e Wenceslau e Rocha (2012), que concluíram em seus trabalhos, que o método é simples, dedutível e adequado para avaliação de AIs.

Para pontuar a facilidade de aplicação, mesmo com grande número de AIs, o FMEA foi considerado o mais fácil, porque a avaliação de cada AI é rápida, com apenas 4 (quatro) tabelas de avaliação dos critérios a serem consideradas, sendo elas bastante parecidas entre si. O MRZ foi considerado o segundo mais fácil, pois contém mais tabelas a serem utilizadas na avaliação de cada AI, apesar de serem bastante diferentes entre si. O AHP foi considerado de menor facilidade, pois a cada AI adicionado, o número de comparações par a par a ser realizada para o cálculo da hierarquização aumenta exponencialmente.

O método AHP, já largamente utilizado para priorizações nos mais diversos assuntos, apresenta a vantagem de permitir que um grande número de critérios sejam considerados para a avaliação, além de considerar a subjetividade dos julgamentos do(s) avaliador(es) (ABBA et al., 2013; CHAKROUN et al., 2014). Porém, como observado por Guglielmetti, Martins e Salomon (2003), a comparação par a par pode elevar muito o número de julgamentos, tornando-se inviável para um grande número de alternativas, o que normalmente é a realidade das Organizações quando se trata de AIs.

Outra vantagem do método AHP, é que a estruturação do problema pode ser feita considerando os critérios mais adequados aos julgamentos, o que pode se tornar uma desvantagem por necessitar de um profissional especializado na área para um resultado coerente. Fato observado por Chatzimouratidos e Pilavachi (2008), que afirmaram que a avaliação depende dos critérios adotados e da ponderação dos avaliadores, reforçando também as observações de Petroni (2001) e Moisa (2005), que constataram que o método exige especialistas no problema a ser avaliado e conhecimento no método, além de concordarem com os critérios utilizados na avaliação. As tabelas do FMEA e MRZ convertem julgamentos qualitativos e dados quantitativos e as comparações par a par do método AHP, convertem julgamentos (sentimentos) em dados quantitativos. Sendo assim, os três métodos são estruturados

de forma a tornar possível considerar dados qualitativos (julgamentos) em quantitativos, por isso foram considerados equivalentes neste critério de comparação.

Comparando os resultados (*output*), o primeiro critério é proporcionar *ranking* completo das alternativas e, para pontuar considerou-se que neste estudo, o FMEA e MRZ proporcionaram uma lista completa de Als hierarquizados, e sendo assim, receberam a nota 1. Já o método AHP, foi utilizado apenas para os Als mais pontuados nos dois primeiros métodos, devido à dificuldade de comparar um número muito grande de alternativas, o que tornaria o método inviável, sendo pontuado com uma nota 5 por este motivo.

Sobre considerar riscos ambientais na avaliação, o FMEA considera os riscos ambientais ao utilizar a probabilidade de ocorrência do impacto e possibilidade de detecção do aspecto, como critérios de avaliação. O MRZ, considera os riscos ambientais através do critério frequência e extensão do impacto, além de pontuar com notas mais altas os Als que oferecem riscos à saúde e segurança pública. O AHP é um método onde os critérios são escolhidos no momento de estruturar a hierarquia dos critérios de avaliação e por este motivo, pode considerar qualquer critério tido como importante, inclusive riscos ambientais, considerado neste estudo através dos critérios de probabilidade de ocorrência do impacto ambiental, possibilidade de detecção do aspecto ambiental e probabilidade de multas. Sendo assim, os três métodos são capazes de considerar os riscos ambientais na avaliação.

Uma restrição apresentada pelos três métodos, já observada por Mendonça e Silva (2015) sobre o método FMEA, é que não há um procedimento que determine quais os aspectos ambientais significativos, este critério deve ser acrescentado ao método adotado na avaliação.

Aos pontuar se o método permite a avaliação na coerência dos julgamentos, apenas o AHP possui um cálculo de índice de consistência nos julgamentos, por isso foi considerado o mais adequado neste critério. Já os métodos MRZ e FMEA não preveem este cálculo.

Quando a capacidade de considerar a governança foi avaliada, todos foram avaliados como capazes, pois o MRZ possui critério de governança nos cálculos, o FMEA avalia a governança através do critério de facilidade de implementação das ações recomendadas para controlar o aspecto ambiental e quanto ao AHP, apesar de não ter considerado a governança neste estudo, pode considerar qualquer critério,

inclusive a governança, desde que previsto no momento de estruturar a hierarquia dos critérios de avaliação.

O método MRZ é o único entre eles desenvolvido para avaliar AIs, recebendo a nota 1 neste critério de avaliação. O FMEA e AHP foram adaptados, por isso receberam a nota 5.

Quanto a definição de quais AIs são significativos, nenhum dos métodos prevê esta definição, sendo assim, todos receberam a nota 1.

Quando avaliada a interface do tomador de decisão com o método, a disponibilidade de *softwares* gratuitos para *download*, encontrada para os métodos AHP e FMEA, resultaram na nota 1 atribuída aos dois métodos. O método MRZ recebeu uma nota 5, por não ter sido encontrado nenhum *software* gratuito para aplicação do mesmo.

Os três métodos possibilitam decisões em grupo, sendo que o FMEA e o MRZ podem ter avaliação em reuniões, o que viabiliza o consenso dos tomadores de decisão nos julgamentos. O AHP pode ser utilizado da mesma forma, ou através do *software*, que permite que os tomadores de decisão façam seus julgamentos individualmente e o *software* fará a ponderação dos julgamentos para o cálculo do resultado da hierarquização.

Ao avaliar a disponibilidade de tabelas com valores fixos para cada AI, apenas o MRZ foi pontuado com a nota 1, visto que é o único que possui valores tabelados.

Comparando as publicações disponíveis para os três métodos, os métodos AHP e FMEA foram pontuados com a nota 1, por possuírem inúmeras publicações sobre a utilização destes métodos nos mais variados assuntos, e o método MRZ foi pontuado com a nota 5, por ter sido encontrada apenas uma publicação sobre este método. No entanto, quando comparadas apenas as publicações que tratam da utilização dos métodos para a avaliação de AIs, foram encontradas muitas publicações utilizando o método FMEA, algumas utilizando o método AHP e apenas uma, utilizando o método MRZ.

Somando-se os valores atribuídos a cada um dos critérios avaliados na comparação entre os três métodos, uma pontuação mais baixa indica maior adequação do método para a avaliação de AIs nas Organizações avaliadas, provando que o FMEA mostrou-se mais adequado para esta avaliação (26 pontos) que os demais, seguido do método MRZ (32 pontos) e por último, o método AHP (38 pontos).

6 CONCLUSÕES

A aplicação dos métodos escolhidos para análise dos AIs, FMEA, MRZ e AHP, foi possível em ambas as Organizações estudadas, apresentando como resultado, planilhas de AIs avaliadas e ranqueadas segundo critérios de priorização coerentes para a implementação de ação de controle dos AIs levantados.

Não foram observadas diferenças na adequação dos métodos, quando aplicados aos AIs de uma Organização industrial e uma Organização de serviços.

O método MRZ, apesar de desenvolvido para avaliação de AIs em municípios, apresenta a vantagem de considerar a governança na priorização dos AIs. Porém, segundo o método, essa pontuação fica muito baixa em relação à pontuação atribuída pela natureza do AI, não sendo tão significativa no resultado final. Essa diferença entre a pontuação atribuída à governança e a pontuação gerada devido à natureza do impacto poderia ser corrigida, atribuindo um maior peso para este fator no cálculo final da significância, sendo esta, uma sugestão para trabalhos futuros.

Quando comparadas as características de cada método em uma tabela de critérios, que recebeu valores em relação à adequação para hierarquização de AIs, o método FMEA apresentou vantagem em relação aos demais, sendo considerado o mais adequado para este tipo de avaliação considerando o cenário do presente estudo, seguido do método MRZ e por último, o método AHP.

REFERÊNCIAS

- ABBA, A. H.; NOOR, Z. Z.; YUSUF, R. O.; DIN, M. F. M.D.; HASSAN, M. A. A. Assessing environmental impacts of municipal solid waste of Johor by analytical hierarchy process. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 188-196, 2013.
- ACUÑA, N.; FIGUEROA, L.; WILCHES, M. J. Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 em las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla. **Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería**, v. 25, n. 1, p. 143-153, 2017.
- ADISSI, J. P.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S.; **Gestão Ambiental de Unidades Produtivas**. 1 edição – Rio de Janeiro: Elsevier, 2013
- ALMEIDA, C. L.; NUNES, A. B. A. Proposta de Indicadores para avaliação de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental e de Segurança do Trabalho de Empresas do ramo de engenharia consultiva. **Gestão da Produção, São Carlos**, v. 21, n. 4, p. 810-820, 2014.
- ALVES, L. G. K.; NYKIEL, T. P; BELDERRAIN, M. C. N; Comparação Analítica entre Méodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD). **Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica**. Anais 13, São José dos Campos - SP, Brasil. Outubro, 2007.
- ANDRADE, F. F. **O Método de Melhorias PDCA**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- ANDRADE, R. P. **Delineamento de Metodologias de Gestão Ambiental para Execução de Teste Hidrostático em Dutos de Gás Natural**. 2004. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2004.
- ARAÚJO, G. C.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso de uma agroindústria frigorífica de bovinos. **RAM – Revista de Administração Mackenzie**, v. 10, n. 2, p. 31-56, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT, **NBR ISO 29001**. Indústrias do petróleo, gás natural e petroquímica - Sistema de gestão da qualidade específico para organizações do setor – Requisitos para organizações de fornecimento de produtos e serviços. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2010.
- _____. ABNT, **NBR ISO 14005**. Sistema de gestão ambiental – Diretrizes para a implementação em fases de um sistema de gestão ambiental, incluindo o uso de avaliação de desempenho ambiental. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2012a.

_____. ABNT, **NBR ISO 20121**. Sistemas de gestão para sustentabilidade de eventos — Requisitos com orientações de uso. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2012c.

_____. ABNT, **NBR ISO/IEC 27001**. Sistemas de gestão de segurança da Informação - requisitos — Requisitos com orientações de uso. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2013.

_____. ABNT, **NBR ISO 14006**. Sistema de gestão ambiental – diretrizes para incorporar o ecodesign. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2014a.

_____. ABNT, **NBR ISO 18091**. Sistemas de Gestão da Qualidade - Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 9001:2008 em prefeituras. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2014b.

_____. ABNT, **NBR ISO 14001**. Sistema de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2015.

_____. ABNT, **NBR ISO 13485**. Produtos para a saúde – Sistemas de gestão da qualidade – requisitos para fins regulamentares. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2016.

_____. ABNT, **NBR ISO 14004**. Sistema de gestão ambiental – diretrizes gerais para implementação. Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2018a.

_____. ABNT, **NBR ISO 31000**. Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes – Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2018b.

_____. ABNT, **ISO 45001**. Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional - Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2018c.

_____. ABNT, **NBR ISO 50001**. Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso – Rio de Janeiro: ABNT, ISO 2018d.

BACCARO, T. A.; CALDANA, A. C.; SHINYASHIKI, G. T. Influência do Treinamento Ambiental na Consciência Ambiental de Profissionais da Área de Recursos Humanos. **REGE**, v. 22, n. 2, p. 241-255, 2015.

BELINELLI, M.; ZATTAR, I. C.; DA SILVA, M. M.; SELEME, R.; DE SOUZA, G. F. M.; RODRIGUES, M.; DE OLIVEIRA, C. C.; SAVOLDI, A. Industrial maintenance activities according its ergonomics risks using multi-criteria analysis AHP. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, v. 5, n. 5, p. 214-222, 2018.

BEN, F. **Modelo Econômico de Gestão Ambiental – MEGA**. 2007. 229 f. (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2007.

BRASIL. **Resolução Nº 001 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Relator: Flavio Peixoto da Silveira, 1986.

CAMPANI, D. B.; COIMBRA, N. S.; FERNANDES, T. G.; BIRNFELD, E. F. **Implementação do Sistema de Gestão Ambiental do Prédio da Engenharia Mecânica – UFRGS**. In: XXX Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. Punta Del Este / Uruguay. Nov de 2006.

CAMPOS, L. M. S.; HEIZEN, D. A. M.; VERDINELLI, M. A.; MEGUEL, P. A. C. Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 286-296, 2015.

CEBDS – CONSELHO BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Guia da Produção Mais Limpa: Faça Você Mesmo**. Rio de Janeiro, Rede de Produção Mais Limpa, 2005.

CHAKROUN, M.; GOGU, G.; PACAUD, T.; THIRION, F. Eco-innovative design approach: Integrating quality and environmental aspects in prioritizing and solving engineering problems. **Front. Mech. Eng.**, v. 9, p. 203-217, 2014.

CHATZIMOURATIDIS, A. I.; PILAVACHI, P. A. Multicriteria Evaluation of Power Plants Impacts on the Living Standard Using the Analytic Hierarchy Process. **Energy Policy**, v. 36, p. 1074-1089, 2008.

COIMBRA, M. M. **Aplicação da Análise de Modo de Efeito e Flah Potencial (FMEA) para Avaliação de Significância de Aspectos e Impactos Ambientais da Indústria Cerâmica**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de Campinas. São Paulo, 2003.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. – XXXVI - SBPO - Niterói, RJ: 2002.

COSTA, M. S. **Mobilidade urbana sustentável: Um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal** 2003. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003

DOTTO, V. R. **Sistema de Gestão Ambiental: estudo de caso de uma agroindústria de laticínios**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2012.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Departamento de Meio Ambiente. **ISO 14001:2015 – Saiba o que muda na nova versão da norma**. 2015 Disponível em <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/iso-140012015-saiba-o-que-muda-na-nova-versao-da-norma/> acesso em 23/02/2019.

FOGLIATTI, M. C.; CAMPOS, V. B. G.; FERRO, M. A. C.; SINAY, L.; CRUZ, I. **Sistema de Gestão Ambiental para Empresas**. 2ª edição. Rio de Janeiro. Ed. Interciência Ltda, 2011.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOULARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais – Aplicação aos Sistemas de Transporte**. 1 edição. Rio de Janeiro. Editora Interciência Ltda, 2004.

FONSECA, L. M. C. M. ISO 14001: An Improved Tool for Sustainability. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 1, p. 37-50, 2015.

FONSECA, L. M.; DOMINGUES, J. P.; BAYLINA-MACHADO, P.; HARDER, D. ISO 9001:2015 adoption: A multicountry empirical research. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 12, n. 1, p. 27-50, 2019.

FREITAS, C. K.; PLATT, F. H.; SANTOS, A. P.; RADAELLI, K. P.; CAMPANI, D. B. Implantação e desenvolvimento do sistema de gestão ambiental no departamento de atenção à saúde da universidade federal do Rio Grande do Sul. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v.1 n.1, p. 44-54, 2014.

FRINI, A; AMOR, S. B. A multi-criteria multi-period outranking method for decision-making in sustainable development context. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 76, p. 10-25, 2019.

GARFI, M.; FERRER-MARTÍ, L; BONOLO, A.; TONDINELLI, S. Multi-Criteria Analysis for improving strategic environmental assessment of water programs. A case study in semi-arid region of Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 665-675, 2011.

GOMES, R. C. **Integração dos Métodos AHP e SIG como Instrumento de Análise do Nível de Qualidade Ambiental em Bacias Hidrográficas: Estudo de Caso Bacia do Rio Melchior – DF**. 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. Comparação Teórica entre Métodos de Auxílio de Tomada de Decisão por Múltiplos Critérios. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Anais 23, Ouro Preto – MG, 2003.

GRAEL, P. F. F. **Modelo de integração de sistemas de gestão da qualidade e gestão ambiental**. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2009.

HAKAMPAA, E. **Development of Global Assessment Procedures for Environmental Aspects and Impacts**. 2017. 157 f. Master's Thesis (Degree Program in Environmental Technology). LUT School of Energy Systems. Lappeenranta University of Technology. Finlandia, 2017.

HELMAN, H.; ANDERCY, P. R. P. **Análise de Falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. – Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

HINZ, R. T. P.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO, A. C. Monitorando o desempenho ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Revista Produção Online**, v. 7, p. 1676-1901, 2008.

HOPKIN, P. P. **Fundamentals of risk management: understanding, evaluating implementing effective risk management**. Fifth edition, New York: Kogan Page 16, 2018.

IIA – Instituto de Auditores Internos do Brasil. **Normas Internacionais para a prática profissional de auditoria interna**. São Paulo, 2017.

ISO - International Organization for Standardization, **ISO/TS 17582**. Quality management systems - Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for electoral organizations at all levels of government. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ISO/TS 22163**. Railway applications -- Quality management system -- Business management system requirements for rail organizations: ISO 9001:2015 and particular requirements for application in the rail sector. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **ISO/TS 90003**. Software engineering -- Guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software. Rio de Janeiro, 2018.

ISO - International Organization for Standardization, 2019 - <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html> - acesso em 09 de janeiro de 2019a.

ISO – International Organization for Standardization, The ISO survey of 2018 certifications. Geneva, 2019b.

JOVANOVIC, J.; KRIVOKAPIC, Z. Model of improving environmental management system by multi-software. **International Journal for Quality Research**, v. 1, n. 3, p. 37-51, 2009.

KABAK, O.; ERVURAL, B. Multiple attribute group decision making: A generic conceptual framework and a classification scheme. **Knowledge-Based Systems**, v. 123, p. 13-30, 2017.

KING, A. A.; LENOX, M. J. Lean and Green: An empirical Examination of the Relationship Between Lean Production and Environmental Performance. **Production and Operations Management**, v. 10, n. 3, p. 244-256, 2001.

KLASSEN, R. D.; MCLAUGHLIN, C. P. The Impact of Environmental Management on Firm Performance. **Management Science**, v. 42. n. 8, p. 1199-1214, 1996.

KOKSALMIS, E.; KABAK, O. Deriving decision makers' weights in group decision making: An overview of objective methods. **Information Fusion**, v. 49, p. 146-160, 2019.

LEAL, J. Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias. **CEPAL – SERIE Medio Ambiente y Desarrollo**, Santiago do Chile, 2005.

LIU, K. F. R.; Ko, C. Y.; Fan, C.; Chen, C. W. Combining risk assessment, life cycle assessment, and multi-criteria decision analysis to estimate environmental aspects in environmental management system. **Int. J. Life Cycle Assess**, v. 17, p. 845-862, 2012.

LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade – 1 ed.** – São Paulo: Érica, 2010.

MARAZZA, D.; BANDINI, V.; CONTIN, A. Ranking environmental aspects in environmental management systems: A new method tested on local authorities. **Environmental International**, v. 36, p. 168-179, 2010.

MARTINS, F. G.; COELHO, L. S. Aplicação do método de análise hierárquica do processo para o planejamento de ordens de manutenção em dutovias. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 7, n. 1, p. 65-80, 2012.

MARTINS, G. M.; NASCIMENTO, L. F. TQEM: A introdução da variável ambiental na qualidade total. In: **XX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**, São Carlos – SP, 1998.

MATTOS, L. A. T. **Proposta metodológica para a identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais em instalações nucleares do IPEN: estudo de caso aplicado ao centro de combustível nuclear**. 2013. 106 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

MAZZI, A.; TONIOLO, S.; MASON, M.; AGUIARI, F.; SCIPIONI, A. What are the benefits and difficulties in adopting an environmental management system? The opinion of Italian Organization. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, p. 873-885, 2016.

MCKANE, A. M.; THERKELSEN, P.; SCODEL, A.; RAO, P.; AGHAJANZADEH, A.; HIRZEL, S.; ZHANG, R.; PREM, R.; FOSSA, A.; LAZAREVSKA, A. M.; MATTEINI, M.; SCHRECK, B.; ALLARD, F.; ALCÁNTAR, N. V.; STEYN, K.; HÜRDOGAN, E.; BJÖRKMAN, T.; O'SULLIVAN, J. Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. **Energy Policy**, v. 107, p. 278-288, 2017.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R.; **The Basics of FMEA** – United States of America: Resource Engineering, Inc, 1996.

MENDONÇA, J. M. S.; SILVA, R. G. Aspectos e Impactos Ambientais de um Laboratório de Biologia – **HOLOS**, Ano 31, v. 8, p. 368-383, 2015.

MOISA, R. E. **Avaliação Quantitativa de Passivos Ambientais em Postos de Serviço Através do Método da Análise Hierárquica de Processo**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Processos Químicos). Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2005.

MORETTI, G. N.; SAUTTER, K. D.; AZEVEDO, J. A. ISO 14001: implementar ou não? Uma proposta para a tomada de decisão. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 13, n. 4 p. 416-425, 2008.

MOURA, L. M. S. B. **Aplicação de Método AHP para Priorização de Processos Gerenciais na Adoção de Sistemas de Gestão Integrada no Setor da Construção Civil: Estudo Aplicado a uma Construtora**. 2014. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2014.

MURMURA, F.; CASOLANI, N.; LIBERATORE, L.; VICENTINI, A. An empirical analysis of ISO 9001:2008 application in Italian services and manufacturing companies. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 20, n.7-8, p. 786-797, 2016.

OLIVEIRA, B. O. S. Impactos ambientais decorrentes do lixão da cidade de Hunaitá, Amazonas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** - ISSN 1981-8203 - (Pombal - PB), v. 11, n. 4, p.80-84, 2016.

OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, O. J.; OMETTO, A. R. FERRAUDO, A. S.; SALGADO, M. H. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1384-1394, 2016.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. **Produção**, v. 20, n. 3, p. 429-438, 2010.

OZELKAN, E. C.; DUCKSTEIN, L. Analyzing Water Resources Alternatives and Handling Criteria by Multi Criterion Decision Techniques. **Journal of Environmental Management**, v. 48, p. 69-96, 1996.

PACHECO, A. P. R.; SALLES, B. W.; GARCIA, M. A.; POSSAMAI, O. **O Ciclo PDCA na Gestão do Conhecimento: Uma Abordagem Sistêmica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis, 2005.

PELHAM, F. Will sustainability change the business model of the event industry? **Worldwide Hospitality and Tourism Themes**, v. 3, n. 3, p. 187-192, 2011.

PETRONI, A. Developing a Methodology for analysis of benefits and shortcomings of ISO 14001 Registration: lessons from experience of a large machinery manufacturer. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, p. 351-364, 2001.

PIEKARSKI, C. M. **Proposta de Melhoria do Desempenho Ambiental Associado ao Ciclo de Vida da Produção do Pannel de Madeira MDF**. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

POLTRONIERI, C. F.; GEROLAMO, M. C.; CARPINETTI, L. C. R. Um instrumento para Avaliação de Sistema de Gestão Integrados. **Gestão & Produção**, v. 24, n. 4, p. 638-652, 2017.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FUENTE, D. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reability Management**, v. 19, n. 2, p. 137-150, 2002.

RINO, C. A. F.; SALVADOR, N. N. ISO 14001 certification process and reduction of environmental penalties in organization in São Paulo state, Brasil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3627-3633. 2017.

ROSA, C. R. M.; STEINER, M. T. A; COLMENERO, J. C. Utilização de processo de análise hierárquica para definição estrutural e operacional de centros de distribuição: uma aplicação a uma empresa do ramo alimentício. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 4, p. 935-950, 2015.

RUSSO, R. F. S. M.; CAMANHO, R. Criteria in AHP: a Systematic Review of Literature. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 1123-1132, 2015.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process in Conflict Management. **International Journal of Conflict Management**, v. 1, p. 47-68, 1990.

SAATY, T. L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, p. 85-91, 2003.

SAATY, T. L. The Modern Science of Multicriteria Decision making and Its Practical Applications: The AHP/ANP Approach. **Operations Research**, v. 61, n. 5, p. 1101-1118, 2013.

SAATY, T. L.; SHANG, J. S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal of Operational Research**, v. 214, p. 703-715, 2011.

SEVERO, E. A.; GUIMARÃES, J. C. F.; DORION, E. C. H. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 87-97, 2016.

SHIMITZU, T. **Decisão nas Organizações – Introdução aos Problemas de Decisão Encontrados nas Organizações e nos Sistemas de Apoio à Decisão**. São Paulo. Ed. Atlas, 2001.

SILVA, D. M. I.; FERNANDES, D. C.; RODRIGUES, D. S. S.; SOUZA, J. C. A efetividade dos resultados apresentados com o uso do ciclo PDCA na gestão de resultados de uma instituição financeira. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, Edição Especial, p. 4066-4088, 2018.

SILVA, F. F. **Análise da Eficiência do Gasto Público em Ações e Serviços de Saúde nas Capitais Brasileiras**, 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

SILVEIRA, N. F. N. **Proposição de Metodologia para Avaliar o Desempenho da Gestão Ambiental em Obras de Implantação e Pavimentação de Rodovias**. 2015. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2015.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Ecoeficiência: um instrumento para geração de resíduos e desperdício em estabelecimentos de saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 6, p. 1893-1900, 2005.

SPICE LOGIC – ANALITIC HIERARCHY PROCESS SOFTWARE, disponível em <https://www.spicelogic.com/Products/ahp-software-30>, download em 21 de setembro de 2019.

SOMAN, R.; RAMAN, M. HACCP system e hazard analysis and assessment, based on ISO 22000:2005 methodology. **Food Control**, v. 69, p. 191-195, 2016.

SOUZA, M. C.; SANTOS, A. B.; FONSECA, B. G.; CALDEIRA, E. C. B.; PENACHIOTTI, A. G. Uso da ferramenta PDCA para controle de estoque de materiais em uma clínica odontológica. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 4, p.1416-1436, 2018.

SUSANTO, A.; MULYONO, N. B. The transitional change on the implementation of ISO 14001:2015 in copper ore mill – case study. **Journal of Ecological Engineering**, v. 8, n. 5, p. 37-49, 2017.

TOURAI, V.; VIDEIRA, N. Why, how and what do Organizations Achieve with the implementation do environmental management systems? – lessons from a comprehensive review on the eco-management and audit scheme. **Sustainability**, v. 8, n. 3, p 283-308, 2016.

VALENCIA-DUQUE, F. J.; OROZCO-ALZATE, M. Metodologia para la implementacion de un Sistema de Gestion de Seguridad de la Informacion basado en la familia de normas ISO/IEC 27000 standards. **RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias e Informação**, v. 22, p. 73-88, 2017.

VALLE, C. E. **Como se preparar para as Normas ISO 14000**. São Paulo. Ed. Pioneira, 1995.

WANG, J.; HOU, C.; LIN, P. Two-phase assessment for the environmental impacts from offset lithographic printing on color-box packaging. **Journal of Cleaner Production**, v. 53, p. 129-137, 2013.

WARD, C. Engineering a more sustainable and profitable future with ISO 14001:2015. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Civil Engineering**, v. 169, n. 2, p. 55-56, 2016.

WENCESLAU, F. F.; ROCHA, J. M. A Ferramenta de Análise FMEA como suporte para identificação dos Aspectos e Impactos Ambientais em uma Agroindústria de Arroz. **TECNO-LÓGICA, Revista do Depto de Química e Física, do Depto de**

Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias e do Mestrado em Tecnologia Ambiental. Santa Cruz do Sul, v. 16, n. 1, p. 56-66, 2012.

WBCSD - World Business Council for Sustainable Development, Eco-efficiency Learning Module, Flag 2006.

ZAMBRANO, T. F. **Sistemática para auxiliar as pequenas empresas industriais da cidade de São Carlos na identificação e análise dos impactos ambientais gerados durante o processo produtivo.** 2005. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2005.

ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. **Gestão & Produção**, v. 14, p. 295-309, 2007.

ZHANG, W.; WANG, S. Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 205-217, 2013.

APÊNDICE A

PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL FABRICANTE DE MDF

CÓD	Descrição do Aspecto Ambiental	Descrição do Impacto Ambiental	Causas Potenciais / Processo	Controles Atuais
A			Emissões Atmosféricas	
A1			Emissão de Material Particulado	
A1-2	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade do ar	Tanques de resina, parafina e catalisador: limpeza das luminárias	
A1-7	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar	Manutenção, operação manual e limpeza geral da área (linha de formação, prensagem e paletização)	
A1-21	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar	Sistema de exaustão de fibras e refilos de placas	
A1-22	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Manutenção do sistema de exaustão de fibras e refilos de placas no MDF I	3-00898 - Inspeção e Programação de Manutenção de Equipamentos 4-00230 - Solicitação de Serviço de Manutenção Rota de inspeção Máximo 1136
A1-24	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade do ar	Silo da armazenagem de pó A	3-00898 - Inspeção e Programação de Manutenção de Equipamentos 4-00230 - Solicitação de Serviço de Manutenção Rota de inspeção Máximo 1136
A1-25	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração das águas superficiais	Silo de armazenamento de fibra	3-00898 - Inspeção e Programação de Manutenção de Equipamentos
A1-27	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar	Armazenamento e transporte de filtros e mangas	
A1-28	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da flora Alteração da qualidade do solo Incômodos à comunidade	Sistema de classificação de fibras (sifter)	Portas com sensor que desabilitam o secador em caso de explosão
A1-29	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Limpeza dos TVM's	3-00910- Atividades Controle Sistema de Exaustão

A1-31	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar	Uso da serra circular/motoserra	
A1-35	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Limpeza das canaletas	
A1-38	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Telas e roscas de transporte de cavaco e partículas	
A1-41	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Varrição de pisos (<i>Interclean</i>)	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
A1-49	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do solo	Sistema de remoção e transporte de resíduos (finos e material das peneiras hidrodinâmicas)	
A1-50	Partículas/ Fibras	Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade do ar	Emissões Atmosféricas Ciclones MDF's	Laudos de monitoramento atmosférico – Termo de Ajuste de Conduta (TAC)
A2			Emissões de Gases	
A2-1	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Queima de Biomassa	
A2-5	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Emissão de gases das prensas AGL / MDF I / MDF II	
A2-6	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Tubulações de circulação de óleo térmico e parte da central térmica trabalham com alta temperatura	
A2-9	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Chaminé da central térmica	
A2-12	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Válvula de escape atmosférico do gerador de vapor	
A2-13	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Vapor na saída do secador: (vapor após a secagem das fibras) tanto na linha MDF I como na linha MDF II	
A2-27	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Queima do rejeito na produção de partículas e fibras impregnadas com resina	
A2-28	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Queima de resina e parafina solidificada	
A2-29	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Queima do material de limpeza das caixas de contenção dos tanques de resina e parafina	
A2-37	Gases/Vapores	Alteração da qualidade do ar	Emissões Atmosféricas (voláteis) Ciclones MDF's	Laudos de monitoramento atmosférico

A3		Emissões de CFC's		
A3-2	Gases CFC	Destruição da camada de ozônio	Uso de gás R22 (Ar condicionado)	PMOC- Plano de Manutenção Operação e Controle
A3-4	Gases CFC	Destruição da camada de ozônio	Troca de gás R22(Ar condicionado)	PMOC- Plano de Manutenção Operação e Controle
A3-6	Gases CFC	Destruição da camada de ozônio	Uso do gás R-134A (Bebedouros)	PMOC- Plano de Manutenção Operação e Controle
A3-8	Gases CFC	Destruição da camada de ozônio	Uso do gás HCFC-141B (Ar Cond., Bebed. e Refrigerad.)	PMOC- Plano de Manutenção Operação e Controle
B		Efluentes		
B1		Efluentes Cloacais		
B1-1	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Envio de efluentes sanitários para ETE	4-00209 - Check List ETA/ETE
B2		Efluentes Oleosos		
B2-1	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Lavagem dos MDFs: mancais das bombas M222, M224 e M229	
B2-2	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Saída de óleo das casas de bombas (MDF's)	Kit de emergência Contenção
B2-3	Infiltração/percolação	Alteração da qualidade das águas subterrâneas / lençol freático Alteração da qualidade do solo	Óleo dos caminhões	Kits de emergência 3-00863 - Procedimento para Inspeção Veicular 4-00312 - Registro de Inspeção de emissão de Gases de Veículos
B3		Efluentes com Produtos Químicos		
B3-5	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Funcionários da <i>Interclean</i> : usam produtos químicos para limpeza	
B3-6	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Regeneração das resinas catiônicas e aniônicas na Estação de água desmineralizada	Laudos de análises da ETE
B3-8	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Descarga de resina e parafina nos tanques de estocagem	
B3-10	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Colagem via <i>blow line</i> nos MDF's	
B3-11	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Colagem via <i>blenders</i> nos MDF's	

B3-12	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Dosagem de produtos químicos para tratamento da água de entrada dos desaeradores	
B3-13	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Água do sistema de filtro de formaldeídos	Laudos de análises da ETE
B3-15	Efluentes	Alteração das águas superficiais	Armazenamento nos tanques de resina, parafina e catalisador	Rotina de Limpeza das canaletas
B3-16	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Limpeza da caixa do filtro úmido: retirada do lodo que é encaminhado para ETE	Criação de rotina de limpeza
B4			Efluentes com fibras e/ou cavaco	
B4-1	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Área de lavagem do piso nas prensas do AGL e MDFs.	3-00850 - Troca de contra-faca do picador P.H.T 3-00851 - Troca de faca do picador P.H.T Rotina de limpeza das peneiras
B4-2	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Área da lavagem: sistema de bombeamento e transporte de cavacos da lavagem até o pré-aquecedor (bomba M222)	3-00850 - Troca de contra-faca do picador P.H.T 3-00851 - Troca de faca do picador P.H.T Rotina de limpeza das peneiras
B5			Outros	
B5-3	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Tanque 237m02 (área do digestor dos MDF's)	Laudos de análises ETE
B5-4	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Parafina e Resina, produtos químicos	Laudos de análises ETE
B5-5	Efluentes	Alteração da qualidade das águas superficiais	Extração de pedras e materiais pesados do processo na lavagem de cavacos MDFs (válvulas neles 221 V20 e 221 V21)	
B5-9	Infiltração / percolação	Alteração da qualidade das águas subterrâneas / lençol freático Alteração da qualidade do solo	Desmineralização	
C			Resíduos	
C1			Sucatas de Metais	

C1-4	Reciclagem	Diminuição do uso de recursos naturais	Peças desgastadas - geral	2-00283-Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C2			Papel / Papelão / Plástico / Vidro	
C2-3	Reciclagem	Diminuição do uso de recursos naturais	Envio para reciclagem de copos plásticos, plásticos, papéis sulfite e papelão limpos (sem resíduos de óleos ou graxas)	2-00283-Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C3			Lâmpadas de Vapor de Sódio / Mercúrio	
C3-4	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Utilização de lâmpadas fluorescentes nas áreas	2-00283-Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C6			Fibras, cavacos, placas e madeiras	
C6-10	Rejeitos de processo (fibras, cavacos, madeira, placas, etc.)	Reutilização	Placas de AGL e MDF não-conformes: geração de energia térmica a partir destes rejeitos	
C7			Resíduos Classe I (Resíduos Perigosos)	
C7-2	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Limpeza com álcool dos cartões de bloqueio	
C7-2	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Desmineralização: troca das resinas aniônica e catiônicas	
C7-27	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade do solo	Tambores vazios de óleos utilizados no processo	
C7-30	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade do solo	Pilhas e baterias gastas que são utilizadas em rádios de comunicação	2-00283-Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C7-32	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade do solo	Descarte de filtro manga	
C7-33	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade do solo	Troca de filtros manga dos TVM	
C7-44	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Manutenção das unidades hidráulicas das grelhas, gavetas e arrastadores de casca das centrais térmicas	3-00898 - Inspeção e Programação de Manutenção de Equipamentos 4-00230 - Solicitação de Serviço de Manutenção Rota de inspeção Máximo 1138

C7-46	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Arrastadores de cavaco MDF I e MDF II:	3-00898 - Inspeção e Programação de Manutenção de Equipamentos 4-00230 - Solicitação de Serviço de Manutenção Rota de inspeção Máximo 1149
C7-47	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Unidades de hidráulicas na pré-prensa, prensa e mesa paletizadora	
C7-48	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Limpeza de unidades hidráulicas e motores (<i>interclean</i>)	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos Kits de emergência
C7-49	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Grelhas, gavetas e flap da tremonha de cascas na central térmica	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C7-50	Resíduo Classe I	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Prensas: óleos térmicos	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C8			Resíduos Classe IIA (Resíduos Não-Inertes) e Resíduos Classe IIB (Resíduos Inertes)	
C8-13	Resíduo Classe IIA	Alteração da qualidade do solo	Extração de pedras e materiais pesados do processo na lavagem de cavacos MDFs	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C8-14	Reciclagem	Diminuição do uso de recursos naturais	Sucata	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C8-15	Resíduo Classe IIA	Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade da água	Extintores SCI - Recarga de extintores	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C8-18	Reciclagem	Diminuição do uso de recursos naturais	Toner e Cartuchos de impressora	Certificado de destinação final dos cartuchos 2-00283- Matriz de Gerenciamento de resíduos
C8-20	Reciclagem	Diminuição do uso de recursos naturais	Latas de alumínio de Bebidas	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
C8-21	Resíduo Classe IIA	Alteração da qualidade da água Alteração da	Cinzas retiradas da central térmica	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos

		qualidade do solo		
C8-24	Resíduo Classe IIA	Alteração da qualidade do solo	Resíduos oriundos da varrição de salas e limpeza de banheiros	2-00283 - Matriz de Gerenciamento de Resíduos
D			Recursos Naturais	
D1			Consumo de Energia Elétrica	
D 1-4	Energia elétrica	Redução de recursos naturais	Prensagem: de ar comprimido na extensão das linhas MDFs	
D 1-5	Energia elétrica	Redução de recursos naturais	Energia elétrica - máquinas	1-00012 Objetivos e Metas
D2			Consumo de Água	
D 2-8	Água - ETA	Redução de recursos naturais	Manutenção, operação manual e limpeza geral da área	
D 2-10	Água - ETA	Redução de recursos naturais	Lavagem cavacos	1-00012 Objetivos e metas
D3			Corte / Retirada da Cobertura Vegetal	
D 3-4	Consumo de recursos naturais	Redução de recursos naturais	Utilização de papel para impressão	reutilização do papel
D4			Consumo de Combustível	
D4-1	Consumo de recursos naturais	Redução de recursos naturais	Unidades hidráulicas	
E			Ruído / Vibrações	
E1			Ruído	
E1-4	Ruído	Incômodos à comunidade	Geradores de vapor	Laudo de Ruído Externo
E1-5	Ruído	Incômodos à comunidade	Válvula de escape atmosférico do gerador de vapor	Laudo de Ruído Externo
F			Emergências / Riscos	
F1			Incêndio	
F1-1	Incêndio	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Prensas e Lixadeiras MDFI, MDFII e AGL, TVMs, Silos de pó, Prensas BP I, II e FF, etc.	
F1-2	Incêndio	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Instalações elétricas	1-00014 Plano de Emergência
F1-3	Incêndio	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo Alteração da	Produtos químicos	1-00014 Plano de Emergência

		qualidade da água		
F1-5	Incêndio	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade da água	Silo de pó A	1-00014 Plano de Emergência
F2			Vazamentos / Derramamentos / Transbordamentos	
F2-4	Derramamento	Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade da água	Parafina na tubulação próxima MDFs	Manutenções periódicas
F2-5	Vazamento	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Unidades hidráulicas	
F2-7	Vazamento	Alteração da qualidade da água	Unidade hidráulica (Refinador)	
F2-8	Vazamento	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Tanque de Soda Cáustica	
F2-10	Vazamento	Alteração da qualidade das águas superficiais Alteração da qualidade do solo	Unidades hidráulicas (Caldeiras, Gavetas, grelhas e bombas de emergências)	
F2-12	Vazamento	Alteração da qualidade da água Alteração da qualidade do solo	Unidades de lubrificação das prensas no MDF I e II e AGL	
F2-18	Vazamento	Alteração da qualidade do solo Alteração da qualidade das águas subterrâneas / lençol freático	Motores estacionário à Diesel	Kits de emergência 1-00014 - Plano de Emergência
F3			Explosões	
F3-2	Explosão	Alteração da qualidade do ar	Geradores de vapor	

		Alteração da qualidade do solo		
F3-5	Explosão	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Silo de pó A	
F3-12	Explosão	Alteração da qualidade do ar Alteração da qualidade do solo	Bombas de transporte de fluido térmico	
G			Outros	
G1	Radiações ionizantes	Alteração biológica Câncer, neoplasia na comunidade	Fontes de radiações ionizantes (raio X e célula do laboratório, linha de formação MDF I e II, área de desfibragem I e II)	1-00014 - Plano de Emergência

APÊNDICE B

**PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA ORGANIZAÇÃO
PRESTADORA DE SERVIÇO DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS**

CÓD	Descrição do Aspecto Ambiental	Descrição do Impacto Ambiental		
	ASPECTO (Causa)	IMPACTO (Efeito)	CAUSAS POTENCIAIS / PROCESSO	CONTROLES ATUAIS
			ATERRO	
AI-1	Emissão de gases	Poluição atmosférica	Ampliações Aterro	PL 001; IO 008
AI-2	EPIs contaminados	Contaminação do solo/água	Ampliações Aterro	PGRS
AI-3	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Ampliações Aterro	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Caminhão pipa
AI-4	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Ampliações Aterro	PGRS
AI-5	Emissão de odores desagradáveis	Poluição atmosférica	Ampliações Aterro	Cortina verde; PL 001
AI-6	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Célula de Destinação	PGRS; IO 012
AI-7	EPIs contaminados	Contaminação do solo/água	Célula de Destinação	PGRS
AI-8	Uso de pedra rachão e brita	Redução da disponibilidade do recurso natural	Célula de Destinação	IO 009 - Compras e Contratação
AI-9	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Célula de Destinação	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Caminhão pipa
AI-10	Emissão de odores desagradáveis	Poluição atmosférica	Célula de Destinação	Cortina verde; PL 001
AI-11	Emissão de gases	Poluição atmosférica	Célula de Destinação	PL 001; IO 008
AI-12	Vazamento de combustível/óleo lubrificante	Contaminação do solo/água	Máquinas de terceiros	PL 005
AI-13	Óleo lubrificante usado	Contaminação do solo/água	Máquinas de terceiros	PL 005
AI-14	Emissão de poeira/material particulado	Poluição atmosférica	Máquinas de terceiros	
AI-15	Consumo de combustível	Redução da disponibilidade do recurso natural	Máquinas de terceiros	IO 009
AI-16	Emissão de ruído	Poluição Sonora	Máquinas de terceiros	
AI-17	Emissão de gases/fumaça preta	Poluição atmosférica	Máquinas de terceiros	
			GET	

AI-18	Emissão de gases	Poluição atmosférica	Armazenamento de lâmpadas	IO 009
AI-19	Resíduo contaminado	Contaminação do solo/água	Armazenamento de lâmpadas	IO 009
AI-20	Resíduo de eletroeletrônico	Contaminação do solo/água	Armazenamento de lâmpadas	IO 009
AI-21	Vazamento/derramamento de resíduo	Contaminação do solo/água	Armazenamento de resíduos sólidos	PL 005
AI-22	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Armazenamento de resíduos sólidos	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Disponibilidade de extintores e hidrantes
AI-23	EPIs contaminados	Contaminação do solo/água	Armazenamento de resíduos sólidos	PGRS
AI-24	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Armazenamento temporário de efluente	PGRS
AI-25	Resíduo contaminado	Contaminação do solo/água	Encapsulamento	IO - 005; PL 005
AI-26	Uso de cimento e areia	Danos ao meio ambiente	Encapsulamento	
AI-27	Vazamento/derramamento de resíduo	Contaminação do solo/água	Solidificação	PL 005; Sistema de contenção
AI-28	Vazamento/derramamento de efluente	Contaminação do solo/água	Solidificação	PL 005; Sistema de contenção
AI-29	EPIs contaminados	Contaminação do solo/água	Solidificação	PGRS
AI-30	Uso de argila	Redução da disponibilidade do recurso natural	Solidificação	
AI-31	Emissão de poeira/material particulado	Poluição atmosférica	Solidificação	
			INCINERAÇÃO	
AI-32	Emissão de odores desagradáveis	Poluição atmosférica	Armazenamento de resíduos sólidos	Cortina verde; PL 001
AI-33	EPIs contaminados	Contaminação do solo/água	Armazenamento de resíduos sólidos	PGRS
AI-34	Água de limpeza	Contaminação da água	Armazenamento de resíduos sólidos	PGRS
AI-35	Consumo de água	Redução da disponibilidade do recurso natural	Autoclave	
AI-36	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade do recurso natural	Autoclave	
AI-37	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Autoclave	PGRS

AI-38	Emissão de ruído	Poluição sonora	Autoclave	
AI-39	Gás refrigerante (R-134a)	Poluição atmosférica	Câmara Fria	IO 009 - Compras e Aquisições; PL 009 - Plano de Manutenção
AI-40	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade do recurso natural	Câmara Fria	
AI-41	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Central de Gás	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Disponibilidade de extintores
AI-42	Vazamento de gás	Poluição atmosférica	Central de Gás	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência
AI-43	Vazamento de combustível/óleo lubrificante	Contaminação do solo/água	Compressor	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência
AI-44	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Compressor	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Disponibilidade de extintores
AI-45	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade do recurso natural	Compressor	
AI-46	Emissão de ruído	Poluição Sonora	Compressor	
AI-47	Emissão de poeira/material particulado	Poluição atmosférica	Incineração	PL 001; IO 015
AI-48	Emissão de gases	Poluição atmosférica	Incineração	PL 001; IO 015
AI-49	EPIs contaminados	Contaminação do solo/água	Incineração	PGRS
AI-50	Vazamento de gás	Poluição atmosférica	Incineração	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência
AI-51	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Incineração	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Disponibilidade de extintores
AI-52	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Incineração	PGRS; IO 015
AI-53	Substituição de tijolos refratários	Contaminação do solo/água	Incineração	PGRS
AI-54	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade do recurso natural	Incineração	
AI-55	Consumo de água	Redução da disponibilidade do recurso natural	Incineração	
AI-56	Água de limpeza	Contaminação da água	Incineração	

AI-57	Cinza Contaminada	Contaminação do solo/água	Incineração	PGRS
AI-58	Resíduo Contaminado	Contaminação do solo/água	Incineração	PGRS
AI-59	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Lavador de gases	PGRS
AI-60	Lodo	Contaminação do solo/água	Lavador de gases	PGRS; IO 015
AI-61	Incêndio/Explosão	Poluição atmosférica/Danos ao patrimônio e pessoas	Transporte de gás	PL 005 - Plano de Atendimento a Emergência; Disponibilidade de extintores
AI-62	Efluente sanitário	Contaminação da água	Vestiário/banheiro	Fossa/Filtro/Zona de Raízes; PGRS; IO 005
AI-63	Consumo de água	Redução da disponibilidade do recurso natural	Vestiário/banheiro	
AI-64	Uso de produtos de limpeza	Contaminação da água/pessoas	Vestiário/banheiro	
AI-65	Resíduo não contaminado	Poluição do solo/água	Vestiário/banheiro	PGRS
AI-66	Consumo de energia elétrica	Redução da disponibilidade do recurso natural	Vestiário/banheiro	
			LAGOAS	
AI-67	Emissão de odores/gás	Poluição atmosférica	Armazenamento temporário de efluente	Cortina verde; PL 001
AI-68	EPI's contaminados	Contaminação do solo/água	Armazenamento temporário de efluente	PGRS
AI-69	Efluente contaminado	Contaminação do solo/água	Armazenamento temporário de efluente	PGRS, IO 009
AI-70	Vazamento/derramamento de efluente	Contaminação do solo/água	Armazenamento temporário de efluente	PL 005; Plataforma de Carregamento; Sistema de contenção
AI-71	Emissão de poeira/material particulado	Poluição atmosférica	Transporte de Efluente	PL 001
AI-72	Resíduo contaminado	Contaminação do solo/água	Transporte de Efluente	IO 009
AI-73	Óleo lubrificante usado	Contaminação do solo/água	Transporte de Efluente	IO 009
AI-74	Emissão de gases/fumaça preta	Poluição atmosférica	Transporte de Efluente	IO 010
AI-75	Vazamento de combustível/óleo lubrificante	Contaminação do solo/água	Transporte de Efluente	PL 005
AI-76	Vazamento/derramamento de resíduo	Contaminação do solo/água	Transporte de Efluente	PL 005

AI-77	Pneus inservíveis	Contaminação do solo/água	Transporte de Efluente	
AI-78	Emissão de ruído	Poluição Sonora	Transporte de Efluente	
AI-79	Água de limpeza	Contaminação da água	Transporte de Efluente	
AI-80	Efluente tratado	Alteração do corpo receptor	Tratamento de Efluente	IO 009; ISO 14001 da Empresa que realiza tratamento