08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

Proposta de Uso do FMEA como Ferramenta de Gestão e Redução de Impactos Ambientais: O Caso de um Fabricante de Pre-Finished Floor

SÁLVIO DE MACEDO SILVA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI (UFSJ)

GERALDO MAGELA JARDIM BARRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI (UFSJ)

FABIANA APARECIDA DIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI (UFSJ)

PROPOSTA DE USO DO FMEA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO E REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: O CASO DE UM FABRICANTE DE PRE-FINISHED FLOOR

1 – INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade ambiental, que é essencialmente multidisciplinar, encontra um ponto de convergência nos processos gerenciais. Independentemente dos tipos, magnitude e propósitos as organizações produtivas buscam em velocidade crescente diminuir os impactos ambientais de suas operações com ações que ocorrem desde a concepção de produtos e serviços até o pós-uso. A releitura de métodos e processos em um contexto sistêmico dinamiza a identificação e aplicação de ferramentas de gestão adequadas as peculiaridades de cada organização que estruturam de forma própria seus sistemas de gestão ambiental - SGA.

Face ao exposto, este artigo propõe o uso da ferramenta de gestão "Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos – FMEA" (*Failure Mode and Effects Analysis*, em inglês) para redução de impactos ambientais. Trata-se de um estudo aplicado com objetivo de analisar essa ferramenta de gestão na avaliação de risco ambiental, incorporando contribuições teóricas de robustez operacional. Trata-se de um estudo com uso de dados de uma pesquisa aplicada sobre os efeitos da aplicação desta ferramenta de gestão em processos produtivos no sentido de redução de impactos ambientais adversos.

Este artigo teve como objetivo a proposição do uso da ferramenta de gestão FMEA como método complementar ao método de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) no processo de gerenciamento ambiental de uma empresa brasileira do setor de fabricação de piso pronto de madeira. A proposta de estudo tem como objetivo aprimorar a performance ambiental das empresas por meio do controle dos processos de tratamento de insumos (compras, transporte e processamento), via melhoria contínua dos processos, mitigação de impactos ambientais adversos e conformidade com obrigações legais.

A maior importância desse estudo aplicado está centrada na urgência da agenda da sustentabilidade para a sobrevivência das empresas, principalmente considerando as ameaças das mudanças climáticas à sociedade. Ademais, trata-se de uma ferramenta de gestão que poderá ser usada como um mapa de impacto ambiental podendo definir estratégias de aprimoramento dos processos críticos e acompanhamento dos riscos ambientais.

Esse estudo foi aplicado em uma organização por meio do mapeamento dos principais processos e do Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) de cada tarefa. Posteriormente, os dados foram priorizados em função de sua gravidade, ocorrência e detecção por meio do FMEA. A Akafloor (objeto de estudo) é uma empresa brasileira do setor de fabricação de piso pronto de madeira (Pre-finished floor), associada a National Wood Flooring Association – NWFA. A empresa Akafloor é estruturada em processos sustentáveis tendo uma carteira de clientes localizados nos grandes centros urbanos brasileiros além de substancial atividade de exportação para o mercado estadunidense.

O artigo está estruturado descrevendo um referencial teórico onde são contextualizados o estado da arte dos temas referentes a indústria da madeira e as especificidades do setor de piso pronto de madeira. Na mesma seção, são apresentados os precedentes históricos de uso da ferramenta de gestão FMEA, bem como seu uso atual nos processos de avaliação do risco ambiental. Na seção Metodologia, descreve-se o percurso metodológico da pesquisa, detalhando as fases do estudo. Na seção Resultados, há a apresentação da empresa Akafloor e, em seguida, descreve-se a implementação da ferramenta de gestão ambiental nesta empresa. Por fim, na seção final, são apresentadas possíveis aplicações acadêmicas e práticas dessa ferramenta de gestão.

1.1 Problema de Pesquisa e Objetivo

A aplicação da ferramenta de gestão FMEA para avaliação do risco ambiental nas empresas demanda a análise do seu uso no contexto de Gestão Ambiental. De um lado, destaca-se a simplicidade e a praticidade do seu uso, contribuindo para melhoria contínua dos processos e mitigação de impactos ambientais adversos. Por outro lado, questiona-se a definição das priorizações pela subjetividade das escolhas das ações a serem implementadas. Portanto, neste trabalho, busca-se fortalecer esta ferramenta de gestão, tornando-a mais robusta do ponto de vista operacional. Assim sendo, foi proposto o uso desta ferramenta de gestão dentro de um ciclo evolutivo de análise de impacto ambiental com vista a difusão de melhores práticas em sustentabilidade. O objetivo deste artigo é a proposição do uso da ferramenta de gestão FMEA como método complementar ao método de LAIA no processo de gerenciamento ambiental de uma empresa brasileira do setor de fabricação de piso pronto de madeira.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Indústria Madeireira: Histórico e Contextualização na Realidade Brasileira

O uso da madeira acompanha a evolução humana e suas aplicações se multiplicam a partir das evoluções tecnológicas que dinamizaram, ao longo da história, a sua cadeia produtiva. Há na literatura grande destaque para a importância acerca da análise e mitigação de impactos ambientais gerados pela indústria madeireira. A interação humana com as florestas se confunde com a própria evolução humana, onde os artefatos, o uso do fogo, as armas de caça e a construção de suas moradias são alguns exemplos (MAURO, 2011).

De fato, observa-se nos últimos anos um processo consolidado de industrialização que nasce e se impõe em função destacada de atendimento as demandas exponenciais de uma civilização radicada predominantemente em ambiente urbano. Ademais, vale ressaltar que o avanço técnico permitiu os plantios florestais cultivados como lavouras de florestas com espécies de crescimento mais rápido, fácil adaptação ao solo, geneticamente modificadas e de produtividade elevada (MAZZOCHIN, 2016).

Neste cenário, destaca-se o aumento do uso da madeira no setor da construção civil, o qual ocorre principalmente em função de dois aspectos: a) característica renovável e de estoque de carbono da madeira, que tornam o seu uso um meio de mitigação das emissões de gases de efeito estufa e redução do impacto das mudanças climáticas; b) desenvolvimento de tecnologias industrializadas na produção de madeira (SHINGUE, 2018).

Especificamente, no Brasil, há abundância de recursos florestais conjugada com alta produtividade do setor de silvicultura, comparando-se com países de maior tradição no setor florestal. A exploração de madeira reposiciona-se em novas áreas em regiões distintas onde se observa uma tendência de mudança do modo extrativista em direção as melhores práticas da silvicultura baseados em uso massivo de capital, ciência e tecnologia (MAZZOCHIN, 2016).

No Brasil, o avanço dos processos de produção pode contribuir para a diminuição da geração de resíduos por meio da adoção de capacitação tecnológica e ferramentas de gestão ambiental como, por exemplo, a produção mais limpa (MASSOTE e SANTIB, 2011). No entanto, é importante, considerar os impactos econômicos que resultam do desperdício de matéria prima, consumo de energia e demais insumos. Soma-se a isso os impactos negativos distribuídos pela sociedade em forma de poluição do ar, contaminação de corpos hídricos e, em muitos casos, ocorrência de incêndios.

No estudo “Diagnóstico do Panorama da Gestão de Resíduos nas Indústrias de Pisos de Madeira no Brasil”, Nolasco (2014) apresenta uma proposta de gestão de resíduos na indústria de pisos de madeira, acrescentando aos aspectos legais, práticas gerenciais, em que se destaca a necessidade de adoção de novas práticas em substituição ao tradicional manejo de resíduos no setor. Par o autor, o manejo tradicional dos resíduos madeireiros tem como resultado o desperdício de insumos, a necessidade de exploração das florestas, o baixo rendimento e a poluição. Ademais, há a restrição a mercados consumidores que usam requisitos ambientais.

Este autor ainda destaca que a maior parte desses resíduos são materiais madeireiros na forma de partículas ou pedaços de maior dimensão. Além deles outras fontes de resíduos devem compor o plano de gestão de resíduos nas indústrias, tais como: materiais de acabamento, materiais de demolição e reforma, lixas, ferramentas e máquinas fora de uso, refeitório ou restaurante industrial, postos de enfermagem, escritório etc.

Após ter contextualizado brevemente a indústria da madeira e as especificidades do setor de piso pronto de madeira, na próxima seção são apresentados os precedentes uso do FMEA, bem como o estágio atual da sua aplicação nos processos de avaliação do risco ambiental.

2.2 Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA)

Diversos estudos dentro de uma vasta bibliografia têm sido realizados no mundo sobre o uso do FMEA no campo científico da gestão ambiental, tais como: cadeia de suprimentos ambiental (TENG, 2006); manufatura (KOKANGÜL et al., 2018); manutenção industrial (WU et al, 2021), entre outros. No Brasil, também, há muitos estudos sobre o FMEA na área ambiental em diferentes setores, quais sejam: transportes de passageiros (ROOS et al., 2007); laticínios (NOGUEIRA et al., 2011); manutenção industrial (BRAND et al., 2013; ensino superior (SENNA et al., 2014); serviços de saúde (FREITAS et al., 2016), entre outros.

Kokangül et al. (2018), em um trabalho importante sobre FMEA na área ambiental, criaram uma abordagem geral de avaliação de impacto ambiental com base na ISO 14001 aplicada às unidades de tingimento de uma empresa de manufatura. Os autores avaliaram dezesseis aspectos ambientais usando o modelo de impacto ambiental por meio do método de análise de efeito e modo de falha ambiental. A abordagem forneceu uma lista de verificação para os estudos de impacto ambiental das empresas e foi pioneira como um método eficaz para que os recursos da empresa melhorem seus impactos ambientais.

Em estudo aplicado de análise de risco ambiental com FMEA, Zambrano e Martins (2007), destacam que esta ferramenta de gestão pode ser considerada como uma opção paras as pequenas firmas diagnosticar os riscos ambientais de seus processos. Destacam ainda que esta ferramenta de gestão pode ser um diferencial quando tais firmas não têm condições para implantar a ISO 14001. Com seu uso, a constante avaliação do risco ambiental e adoção de ações para mitigá-lo conduzirão a firma na melhoria contínua de seus processos.

O estudo de Soares et al. (2022) sobre o setor de lava-jato demonstrou que que a ferramenta de gestão FMEA tem a capacidade de contribuir positivamente para o processo de avaliação constante do serviço em relação as dimensões de degradação ambiental. Ademais, esta ferramenta de gestão pode contribuir para implementação de sistema de gestão ambiental e, principalmente, pode ser usada na aplicação de medidas mitigadoras como o tratamento dos resíduos e o descarte adequado.

Constata-se pela análise de diferentes estudos que o uso do FMEA apresenta simplicidade e praticidade contribuindo para melhoria contínua dos processos e mitigação de impactos ambientais adversos. No entanto, percebe-se a definição das priorizações pela subjetividade das escolhas das ações a serem implementadas. Assim, é importante fortalecer esta ferramenta de gestão buscando torná-la mais robusta do ponto de vista operacional.

Em síntese, entende-se que para fortalecer esta ferramenta de gestão, tornando-a mais robusta do ponto de vista operacional é preciso usá-la dentro de um ciclo evolutivo de análise de impacto ambiental com vista a difusão de melhores práticas em sustentabilidade, que será detalhado nas próximas seções deste artigo.

2.3 - Uso Associado de Laia e FMEA no Ciclo de Sustentabilidade

A tomada de decisão sobre gestão ambiental envolve, a priori, a avaliação de um determinado contexto que se quer modificar em função de alguma parametrização que se estabelece como desejável em um tempo futuro. Considerando a problemática ambiental ligada às organizações produtivas é fundamental o entendimento quantitativo e qualitativo das interações negativas à qualidade ambiental. Nesse sentido, o LAIA, conforme Seiffert (2006) constitui-se de um método de identificação de elementos gerados no processo produtivo ou em parte dele que devem ser estudados para fins de mitigação dos impactos ambientais ao meio ambiente.

Ainda acerca do processo de tomada de decisão, a avaliação contextual desvenda um universo de aspectos que necessitam ser dispostos em ordem de prioridade. Dessa forma, os elementos que representam maior impacto devem ser alvo de tomada de decisões em momento anterior àqueles que representam menor impacto ao meio ambiente. Considerando que o FMEA cria uma escala de priorização em função das variáveis gravidade, ocorrência e detecção relacionados a determinado evento, acredita-se que a união FMEA/LAIA pode contribuir positivamente para a evidenciação da situação ambiental e principalmente para o desenvolvimento de práticas de gestão ambiental que efetivamente conduzam uma organização a um patamar superior na busca pela melhoria contínua da qualidade ambiental. A pertinência do uso dessa combinação “LAIA/FMEA” presentes em estudos de (ANDRADE e TURRIONE, 2000; ZAMBRANO e MARTINS, 2007; FREITAS et al, 2012) demonstram sua efetividade na construção e manutenção de sistemas gerencias com objetivos de identificação e diminuição de impactos ambientais das organizações produtivas.

O método LAIA é um elemento de planejamento que consta na norma ISO 14.001 que define aspecto ambiental como elemento de uma atividade que pode vir a interagir com o meio ambiente. Na mesma linha de raciocínio, define impacto ambiental como qualquer modificação advinda da interação de aspectos ambientais com o meio ambiente. Subentende-se pela junção desses dois conceitos que o intuito central desse levantamento é a identificação do seu potencial poluidor. O Mapeamento de Processos precede a aplicação do LAIA e apresenta a realidade operacional de uma organização produtiva fracionada em tarefas que, uma a uma, serão alvo da identificação do fluxo de elementos e de resíduos (aspectos). A análise dos possíveis impactos advindos da interação desses elementos (resíduos) com o meio ambiente indica as características do impacto ambiental.

Dessa forma, o método LAIA constitui elemento básico de identificação das interfaces que representam perigo ao meio ambiente e sobretudo fornece elementos para a elaboração da política ambiental da organização e da definição pela alta administração de programas, objetivos e metas ambientais para mitigar as ameaças de interação negativa de seus elementos com o meio ambiente.

A ferramenta de gestão FMEA têm sua origem em operações militares dos Estados Unidos, onde se buscava determinar problemas, causas e efeitos em equipamentos militares. Posteriormente, com a maturidade do seu uso nas organizações ao redor do mundo, o FMEA tem sido utilizado por diversos tipos de organizações como forma de análise de risco (SAKURADA, 2001).

A ferramenta de gestão FMEA, para Carpinetti (2006), se constitui de um método usado no desenvolvimento de produto e processo para o desenvolvimento de ações de melhoria para a minimização ou eliminação de falhas consideradas mais críticas conforme alguns critérios predefinidos. Ainda segundo esse autor, o foco de aplicação desta ferramenta de gestão são as melhorias corretivas e/ou preventivas a partir da determinação dos possíveis modos de falhas, dos seus efeitos e suas causas. Na sequência, é realizada uma priorização das falhas em função da gravidade, frequência e chance de detecção de cada falha detectada.

Para Toledo e Borrás (2012), as análises da ferramenta de gestão FMEA são classificadas em dois tipos: FMEA de produto/projeto e FMEA de processo. No primeiro caso, as falhas que poderão ocorrer num produto são consideradas no período das especificações do projeto, buscando impedir falhas no produto/processo originadas no projeto. Já no segundo caso, as falhas do produto são consideradas com origem no planejamento/execução do processo, buscando impedir falhas do processo, baseando-se nas não-conformidades do produto em relação as especificações definidas no projeto.

A ferramenta de gestão FMEA auxilia a busca pela melhoria da qualidade e eficiência dos processos ou projetos, apresentando elementos que abstraem da realidade de chão de fábrica, quebras, defeitos e apontamento de responsabilidades. Em nível gerencial, a ferramenta de gestão FMEA permite, por meio da priorização, o embasamento e dinamização das ações com maior urgência em vários pontos de um processo que se quer melhorar de forma contínua.

Em suma, a combinação de método LAIA com a ferramenta de gestão FMEA em única ferramenta de gestão ambiental permite o delineamento das situações indesejadas, os aspectos e impactos ambientais, bem como fornece elementos para tomada de decisões ambientalmente focadas. Na seção seguinte, descreve-se o percurso metodológico da pesquisa, buscando descrever a natureza da pesquisa, as fontes e coleta de dados, análise de dados e fases da pesquisa.

3 – METODOLOGIA

Este artigo teve como objetivo a proposição do uso da ferramenta de gestão FMEA como método complementar a aplicação do método LAIA no processo de gerenciamento ambiental de uma empresa brasileira do setor de fabricação de piso pronto de madeira.

O trabalho de campo, um estudo de caso histórico-organizacional (LARA; MOLINA, 2011) foi precedido por uma pesquisa documental e bibliográfica sobre as peculiaridades do setor de piso pronto de madeira, bem como das ferramentas de gestão LAIA/FMEA.

Como método de coleta de dados foram realizadas visitas in loco e entrevistas abertas (LAKATOS; MARCONI, 2006) com gestores e funcionários da empresa. Três processos foram mapeados conforme orientações descritas pelo trabalho de Barbara (2012). As informações obtidas foram organizadas de forma a apresentar os aspectos e impactos ambientais de cada tarefa e a análise de risco baseada no trinômio “gravidade - ocorrência- detecção”.

O método estudo de caso retrata a realidade de forma profunda, permitindo revelar a multiplicidade de dimensões presentes da situação, focalizando-o como um todo. Assim, enfatiza-se a complexidade natural das situações, evidenciando a inter-relação dos seus componentes por meio de uma variedade de fontes de informação e de dados coletados em diferentes momentos, em situações variadas com vários tipos de informantes (ARNAUT DE TOLEDO, 2011), como foi realizado no presente estudo descrito neste artigo.

As fontes de pesquisa foram obtidas por meio de uma revisão bibliográfica e posteriormente via pesquisa de campo. A análise dos dados foi realizada com base nos dados do processo produtivo da empresa foco deste estudo, quando foi possível observar e fazer o levantamento de informações necessárias para se cumprir os objetivos de análise esperados.

Para a realização dos estudos, foi necessário obter uma visão macro em relação a indústria de madeira, meio ambiente, aspectos e impactos ambientais, LAIA, FMEA, além das entrevistas estruturadas e semiestruturadas com funcionários e sócios, classificando-se como uma pesquisa qualitativa.

Para conhecer e analisar o ambiente interno da empresa foram coletados alguns dados com os funcionários e sócios. Essas informações foram coletadas com intuito de se entender a trajetória da empresa, o real momento e algumas dificuldades e, sobretudo, compreender o processo do produto por eles comercializado.

A coleta de informações foi feita através de entrevistas que aconteceram dentro da área de produção, em que cada líder de seu setor explicaram os processos, enquanto esses processos ocorriam. É importante destacar que alguns líderes tinham clareza ao retratar os processos mesmo que tivessem que apontar falhas, o que não aconteciam com outros que tinham receio. Desta forma, tonou-se imprescindível visitar a empresa mais de uma vez, buscando conversar com pessoas distintas para conciliação de dados levantados.

3.1 – Fases da Pesquisa

A pesquisa se iniciou com tratativas com o sócio da empresa no intuito de iniciar a análise do processo produtivo. Na sequência, ocorreram visitas e entrevistas com colaboradores a partir das quais se elaborou o mapeamento dos principais processos e o levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) de cada tarefa que foram posteriormente priorizados em função de sua gravidade, ocorrência e detecção por meio do FMEA. O estudo foi realizado na empresa Akafloor por meio de 4 fases, as quais serão detalhadas a seguir:

Inicialmente, na primeira fase, foi realizado o mapeamento dos principais processos operacionais da empresa. Foram selecionados os processos com maior potencial de impacto ambiental. O mapeamento dividiu um processo operacional em três processos: descarregamento, pintura e enfardamento. Esta etapa foi realizada por meio de observação e entrevistas com colaboradores e gestores.

Na segunda fase, foi analisado o impacto ambiental dos materiais em cada um dos processos por meio de três fatores: insumos, produtos em processo e resíduos. Assim, para cada processo, verificava-se quais seriam os insumos (entrada), os produtos em processo (processamento) e resíduos (saída). Esta etapa foi realizada por meio de observação e entrevistas com colaboradores e gestores.

Na terceira fase, foi realizada a análise dos principais processos operacionais da empresa com relação aos três fatores geradores dos indicadores do IRA: gravidade, ocorrência e detecção. Esta etapa foi realizada por meio de observação e entrevistas com colaboradores e gestores. Em uma escala de 1 a 10 pontos, buscou-se determinar o nível de gravidade, ocorrência e detecção.

Na quarta fase, foi realizada a construção dos quadros comparativos para geração do IRA. Neste método comparativo, entende-se que quanto maior for o resultado do IRA maior será a prioridade da dimensão mensurada.

Finalmente, após a geração do IRA, foi possível levantar os aspectos críticos dos impactos ambientais dos processos analisados. Com isso, o cálculo do IRA permitiu criar uma priorização sobre os aspectos críticos dos impactos ambientais, sendo possível direcionar a gestão para a melhoria dos processos operacionais, permitindo redução de custos e de impactos ambientais.

4 – RESULTADOS

4.1 – Empresa Akafloor

A empresa Akafloor faz parte do setor de fabricação de piso pronto de madeira (pre-finished floor), associada a National Wood Flooring Association – NWFA, de capital nacional e que conta com uma carteira de representantes e clientes localizados nos grandes centros brasileiros além de expressiva atividade de exportação para os Estados Unidos.

A base de operações da empresa está localizada no interior do estado de Minas Gerais em uma área de 3.500 m2. Sua capacidade instalada é de até 21.000m3 de piso por mês, contando com 22 colaboradores no setor operacional e 8 profissionais no setor gerencial.

A empresa tem como política ambiental a melhoria do desempenho ambiental por meio da observância de aspectos legais e demais requisitos pertinentes às boas práticas do setor, assim como a prevenção da poluição.

A empresa cumpre a legislação brasileira e internacional pertinente ao seu modelo de negócios e de modo específico as seguintes legislações: Consolidação da Leis do Trabalho – CLT; Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA; Decreto 47.383 (02/03/2018) e Decreto 47.837 (09/01/2020) Minas Gerais.

É importante destacar que a empresa utiliza madeira oriunda de manejo florestal dentro de um conceito de produção sustentável, buscando também na sua fábrica utilizar métodos produtivos de redução de resíduos, bem como o aproveitamento dos recursos de maneira equilibrada. As madeiras são supridas por fornecedores que de forma sustentável usam o método do manejo florestal. Esta técnica busca equilibrar a demanda de manutenção e expansão da vegetação nativa com o suprimento de madeira. Por este método, os engenheiros florestais objetivando mitigar o impacto para o ecossistema selecionam por meio de um sistema de classificação as árvores que alcançaram seu ciclo de vida, podendo abrir espaço para novas árvores continuarem a reprodução da espécie.

4.2 Processos de Aplicação do FMEA

Durante o acompanhamento dos processos foi possível observar que a empresa tinha uma divisão classificada em: Desfardamento, Linha de Pintura e Enfardamento/Embalagem. Essa divisão também foi utilizada neste trabalho para análise dos resíduos e apresentação dos resultados. Faz-se necessário a descrição detalhada dos processos, a fim de proporcionar maior entendimento.

4.2.1 - Os Processos

O processo inicia-se no Desfardamento, onde basicamente é feito a triagem das peças de piso pré-pronto. Nessa triagem, são observados trincas e defeitos significativos que não podem ser reparadas durante o processo. No desfardamento, os maiores resíduos gerados são sólidos, que incluem o plástico dos paletes que acondicionam as peças e o descarte de restos de peças que não puderam ser recuperadas na serraria que há dentro da própria empresa.

A linha de pintura é o processo central da empresa, pois é onde acontece o acabamento das peças considerando as especificidades do cliente. A peça de madeira passa por vários processos, como lixadeira, selador, verniz até sair pronta para o terceiro processo que é o enfardamento. Na linha de pintura, os resíduos são sólidos e líquidos, que vão desde de recipientes de plásticos, metal, pó da madeira e água que resta da tarefa de limpeza e higienização das máquinas. O último processo analisado é o enfardamento/embalagem, em que as peças são acondicionadas em embalagens e colocadas em paletes específicos para entrega. Os resíduos dessa parte do processo são sólidos que incluem papelão, plásticos, filme stretch.

4.2.2 - Impactos e recomendações

Tendo como base o processo de produção da empresa verificou-se alguns problemas e possíveis oportunidades de melhorias; sendo assim, será apresentado alguns aspectos evidenciados decorrentes destas observações:

No Desfardamento, como pode-se observar pelo quadro 1, os resíduos gerados acontecem a cada vez que se realiza o processo, ou seja, a quantidade de resíduos gerada é alta. Desta forma, foi apresentado algumas opções de melhorias para destinação do resíduo em relação a reciclagem e/ou reutilização em outras etapas.

Quadro 1: Desfardamento

Desfardamento								
Aspecto Ambiental	**Impacto Ambiental**	**G**	**Causa Potencial**	**O**	**Forma atual de Controle**	**D**	**Ação Recomendada**	**IRA**
Estrado de madeira	descarte indevido pode causar poluição dos recursos hídricos e poluição de maneira geral	3	Acompanha paletes que chegam na empresa	10	Reutilização no processo de enfardamento	4	procurar empresas que trabalham com reciclagem/descarte consciente, do excedente	120
Plástico	resíduo urbano	3	Acompanha paletes que chegam na empresa	10	Descarte através de uma empresa privada (caçamba)	2	procurar empresas que trabalham com reciclagem/descarte consciente	60
Carpete de MDF	poluição dos recursos hídricos e poluição de maneira geral	3	Acompanha paletes que chegam na empresa	10	Descarte através de uma empresa privada	2	procurar empresas que trabalham com reciclagem/descarte consciente	60
Peças defeituosas	poluição dos recursos hídricos e poluição de maneira geral	3	transporte e/ou fornecedor	3	Concerto na serraria (agora implantada)	1	A ação recomendada foi implantada durante a realização da pesquisa	9

Fonte: elaborado pelos autores

Linha de Pintura								
Aspecto Ambiental	**Impacto Ambiental**	**G**	**Causa Potencial**	**O**	**Forma atual de Controle**	**D**	**Ação Recomendada**	**IRA**
água de lavagem	contaminação solo e vegetação	10	água que resta da tarefa de limpeza e higienização das máquinas	10	Não existe	2	controlar o consumo, evitando uso excessivo	200
Pó (puro)	poluição de solo, rios, atmosférico	8	Produzido durante o processo de lixar a peça de madeira	10	Compressor e caçamba	2	Compressor combatível com a ação executada.	160
pó com aditivos	poluição de solo, rios, atmosférico	8	Produzido durante o processo de lixar a peça de madeira	10	Não existe	2	Compressor combatível com a ação executada.	160
Lixa	resíduo sólido urbano	3	Desgaste por uso contínuo	10	Não existe	2	padronizar o descarte da lixa	60
Recipiente de plástico (isolante)	resíduo urbano	3	Uso contínuo na execução da tarefa	9	Não existe	2	procurar empresas que trabalham com reciclagem/descarte consciente	54
Recipiente de metal	resíduo urbano	3	Uso contínuo na execução da tarefa	9	Não existe.	2	procurar empresas que trabalham com reciclagem/descarte consciente	54
Peças madeiras defeituosas	poluição dos recursos hídricos e poluição de maneira geral	3	As máquinas da empresa	9	Não existe.	2	Regulagem de máquinas	54
energia	Esgotamento de recurso natural não renovável e recurso renovável limitado	3	Utilização em todas as etapas do processo	3	Não existe	1	Manutenção preventiva para economia de energia; desligar sempre que possível.	9
Energia	Esgotamento de recurso natural não renovável e recurso renovável limitado	3	Uso contínuo na execução da tarefa	3	Não existe.	1	Manutenção preventiva para economia de energia; desligar sempre que possível.	9
Lâmpada	Contaminação ambiental	3	Uso contínuo durante o processo	3	Não existe	1	identificar empresas especializadas em processamento de lâmpadas	9

Fonte: elaborado pelos autores

Quadro 2: Linha de pintura

Na linha de pintura (Quadro 2), o maior problema é o pó da madeira com e sem aditivos, além da água para lavagem das máquinas por se tratar de resíduos que causam poluição atmosférica, do solo, vegetação e outros. Além disso, como pôde-se observar, não há um controle da empresa quanto a esses resíduos.

Quadro 3: Enfardamento/Embalagem

Enfardamento/Embalagem									
Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	G	Causa Potencial	O	Forma atual de Controle	D	Ação Recomendada	IRA
Manta	resíduo urbano	3	perda do final do rolo	10	Não existe	10	estudo para diminuição de uso	300
Embalagem (papelão)	resíduo urbano	3	umidade	3	Não existe	2	estocagem adequada	18
Filme stretch	resíduo urbano	3	perda do final do rolo	3	Não existe	2	estudo para diminuição de uso	18
Fitas (plástico)	resíduo urbano	2	Máquina desregulada	3	Manutenção	2	Padronização para manuntenção da máquina	12
Energia	Esgotamento de recurso natural não renovável e recurso renovável limitado	3	Uso contínuo na execução da tarefa	3	Não existe	1	Manutenção preventiva para economia de energia; desligar sempre que possível.	9

Fonte: elaborado pelos autores

No enfardamento, a geração de resíduo está diretamente ligada a forma como é vendido os materiais utilizados para o acondicionamento das peças, pois a manta, o papelão da embalagem, filme *stretch*, como apresentado no quadro 3, são adquiridos em rolos e há sempre uma perda considerável do final (que não é possível ser utilizado) desse rolo que é descartado. E para esse processo, não foi possível apresentar soluções aplicáveis em curto prazo.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos quadros foi possível constatar que os resultados apresentaram um IRA relativamente baixo. Nesse sentido, é importante discutir o porquê de os indicadores analisados apresentarem esse resultado relativamente baixo.

Por um lado, acredita-se que este resultado pode estar relacionado a maturidade dos processos da firma analisada. Tal fato é evidenciado quando é analisado a destinação adequada dos resíduos por meio de uma empresa especializada, redução substancial de geração de resíduos no processo, entre outras práticas alinhadas as mudanças no processo produtivo ao incorporar as práticas sustentáveis de produção.

Por outro lado, podem estar relacionados ao processo de medição da ferramenta de gestão. Portanto, novos estudos se fazem necessário buscando aprimorar este instrumento de pesquisa e gerencial,

Neste artigo, questionou-se a definição das priorizações pela subjetividade das escolhas das ações a serem implementadas no FMEA. Buscando mitigar este efeito e fortalecer a ferramenta gerencial, foi proposto o uso do FMEA de forma integrada buscando verificar a percepção de um número maior de analistas sobre o processo analisado.

Além disso, propõe-se o uso de uma Lista de Verificação (*Check-List*) para verificar diariamente os indicadores críticos definidos na avaliação de risco ambiental. Com isso, será possível levantar um conjunto de dados sobre o processo que permitirão trazer maior robustez as análises por meio do uso de ferramentas estatísticas como diagrama de Pareto, diagrama de dispersão, cartas de controle etc. Tal prática poderá ser realizada dentro de um ciclo de sustentabilidade, onde se busca a melhoria contínua dos processos.

Embora, neste artigo, tenha sido destacado a simplicidade e a praticidade do uso do FMEA contribuindo para melhoria contínua dos processos e mitigação de impactos ambientais adversos, entende-se a importância da incorporação de uma complementar ferramenta de gestão no formato de um Plano de Ação. O modelo 5W2H, por exemplo, poderá trazer maior robustez a aplicação da ferramenta de gestão analisada neste artigo.

Vale ressaltar que por meio desta combinação da ferramenta de gestão LAIA/FMEA é possível aprimorar a performance ambiental das empresas buscando o controle dos processos de tratamento de insumos (compras, transporte e processamento), por meio da melhoria contínua dos processos, mitigação de impactos ambientais adversos e conformidade com obrigações legais.

Este artigo confirma achados de estudos anteriores como o de Zambrano e Martins (2007), por demonstrar que a ferramenta de gestão FMEA é uma alternativa interessante para as pequenas empresas no processo de diagnóstico de riscos ambientais de seus processos. De fato, é uma opção para firmas que não têm condições para implantar a ISO 14001. Como destacado, a avaliação constante do risco ambiental e adoção de ações para mitigá-lo conduzirão a firma na melhoria contínua de seus processos.

Por fim, é importante destacar que o uso da combinação desta ferramenta de gestão pode ser um primeiro passo em direção a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental. A combinação do LAIA/FMEA é uma contribuição deste estudo para área de Gestão Ambiental. Neste sentido, sugere-se a realização de pesquisas futuras utilizando esta combinação por meio de estudos longitudinais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. R. S.; TURRIONI, J. B. Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através da utilização do FMEA. In: Encontro nacional de Engenharia de Produção, 20, 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: ENEGEP, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de janeiro, 2004. 48p.

BRAND, F. A. et al. Avaliação da metodologia FMEA como ferramenta para reduzir impactos ambientais no processo manutenção industrial. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 10, n. 10, p. 2081-2090, 2013.

BARBARÁ, S. O. (org.). Gestão por processos: fundamentos, técnicas e modelos de implementação: foco no sistema de gestão de qualidade com base na norma ISO 9000:2000. 2. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

CARPINETTI, L. C. R. Gestão da qualidade (Cap. 6), GEN-Atlas. 2016.

FREITAS, C. K.; PLATT, F. H.; 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. In: VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2012.

KOKANGÜL, A; POLAT, U; DAĞSUYU, C. A new approach for environmental risk assessment. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, v. 24, n. 1, p. 90-104, 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Técnicas de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

LARA, Â. M. B.; MOLINA, A. A. Pesquisa qualitativa: apontamentos, conceitos e tipologias. In: ARNAUT DE TOLEDO, Cézar de Alencar. GONZAGA, Maria Tereza Claro (Org.). Metodologia e Técnicas de Pesquisa nas Áreas de Ciências Humanas. Maringá: EDUEM, 2011. p. 277.

MASSOTEA, C. H. R., SANTIB, A. M. M.. Assessment and Implementation of a Cleaner Production Opportunity Furniture Industry in a Metropolitan Region of Belo Horizonte, Minas Gerais. “Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world” São Paulo – Brazil – May 18 th -20 ndth - 2011

MAZZOCHIN, M. da S. A dinâmica geoeconômica do setor florestal brasileiro: da gênese a reestruturação. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2016.

NOGUEIRA, A. C; DE PAULA, P. A; CARVALHO, E.M. Avaliação do risco ambiental utilizando FMEA em um laticínio na região de Lavras–MG. Revista Produção Online, v. 11, n. 1, p. 194-209, 2011.

NOLASCO, Adriana Maria. Gerenciamento de resíduos na indústria de pisos de madeira. – Piracicaba: ANPM, 2014.

ROOS, C., et al. Aplicação da ferramenta FMEA: Estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de Passageiros. Tecno-Lógica, v. 11, n. 1, p. 29-32, 2007.

SAKURADA, E. Y. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Arvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtor. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Cap. 5.

SEIFFERT, M. E. B. ISO 14001: sistemas de gestão ambiental São Paulo: Atlas. 2005.

SENNA, A. J. T. et. al. Determinação do índice de risco ambiental das instalações de uma unidade de uma instituição federal multicampi de ensino superior. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas. Santa Maria, v.1,8 n.1, p.555-565, 2014.

SHIGUE, E. K. Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Tecnologia, Universidade de São Paulo – USP, 2018.

SOARES, J. A. S.; SOARES, R. M. B. S.; BAROSA, E. M. Alicação do método FMEA para identificar aspectos e impactos ambientais no lava–jato alfa na cidade de campina grande–pb: um estudo de caso. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 11, n. 2, p. 83-103, 2022.

TENG, S. G. et al. Implementing FMEA in a collaborative supply chain environment. International Journal of Quality & Reliability Management, 2006.

TOLEDO, J. C.; BORRÁS, Miguel Angel Aires ; MERGULHAO, R. C. ; MENDES, Glauco H S. Qualidade - Gestão e Métodos. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC(GEN), 2012. v. 1, p. 510

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

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K.-H. Green supply chain management implications for "closing the loop". Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v.44, n.1, p.1-18, 2008b.

WU, Z.; LIU, W.; NIE, W. Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 112, n. 5, p. 1409-1436, 2021.