

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DE FILMES FLEXÍVEIS SOB A PERSPECTIVA DAS PRÁTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA

ANALYSIS OF THE FLEXIBLE FILM PRODUCTION PROCESS FROM THE PERSPECTIVE OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT PRACTICES AND CLEANER PRODUCTION

Jennifer Araújo Montenegro¹
Jucleiton José Rufino de Freitas²

RESUMO

Este artigo aborda a implementação do Programa de Produção Mais Limpa (PML) em uma empresa de fabricação de embalagens plásticas flexíveis localizada em Pernambuco. O estudo, realizado entre novembro de 2021 e março de 2023, teve como objetivo identificar oportunidades de melhorias capazes de reduzir os impactos ambientais. A aplicação da metodologia PML possibilitou a identificação e ajuste de processos, com foco na redução, reutilização e, conseqüentemente, na diminuição de custos. Embora os resultados obtidos tenham atendido às expectativas do programa, algumas oportunidades de melhorias estruturais não foram implementadas devido aos custos elevados associados. O programa incorporou certos princípios atrelados aos valores da empresa, levando os colaboradores a adotar uma perspectiva diferente em relação às suas atividades e agir conforme as boas práticas operacionais e separação de resíduos.

Palavras-chave: Produção Mais Limpa. Embalagens plásticas. Redução. Reutilização.

ABSTRACT

This article addresses the implementation of the Cleaner Production Program (CPP) in a flexible plastic packaging manufacturing company located in Pernambuco. The study, conducted between November 2021 and March 2023, aimed to identify improvement opportunities capable of reducing environmental impacts. The application of the CPP methodology enabled the identification and adjustment of processes, with a focus on reduction, reuse, and consequently, cost reduction. Although the results achieved met the program's expectations, some opportunities for structural improvements were not implemented due to associated high costs. The program incorporated certain principles aligned with the company's values, leading employees to adopt a different perspective regarding their activities and to act in accordance with good operational practices and waste separation.

Keywords: Cleaner Production. Plastic Packaging. Reduction. Reuse.

¹ Graduação em Engenharia de Materiais - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho. 2024

² Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Materiais – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho

INTRODUÇÃO

A intensa exploração dos recursos naturais e o rápido desenvolvimento da sociedade têm gerado efeitos prejudiciais significativos ao nosso planeta (Mognol, 2018, p. 19). Conforme estabelecido pela Lei nº 6.938/81, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, os recursos naturais englobam diversos componentes ecológicos, tais como as reservas hídricas (superficiais e subterrâneas), o solo, o mar territorial, a atmosfera e a nossa diversidade biológica (Barbosa; Viana, 2014 p. 99).

Em linhas gerais, os recursos naturais referem-se a tudo aquilo que a humanidade extrai da natureza, seja para integrar o sistema produtivo ou para atender às suas necessidades (Barbosa; Viana, 2014, p. 100). Além da exploração excessiva desses recursos, destaca-se a preocupação com a poluição resultante do inadequado gerenciamento de resíduos, agravando os impactos sobre a fauna e a flora.

A deterioração ambiental, resultante do uso desenfreado desses recursos e dos impactos provocados pela poluição, contribui para as mudanças climáticas e os efeitos adversos do aquecimento global. A legislação conhecida como Lei número 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem como objetivo atenuar os efeitos negativos nas esferas econômica, social e ambiental decorrentes da gestão inadequada de resíduos sólidos (Aumiller *et al.*, 2014, p. 887).

O propósito desta legislação é estabelecer objetivos concretos para a diminuição da quantidade de resíduos, incentivando a prática da reutilização e, quando necessário, garantindo o descarte adequado dos rejeitos, de modo a minimizar ao máximo os impactos ambientais. Assim, as empresas, para além das responsabilidades legais, incorporam a urgência da preservação ambiental como um meio de se sobressaírem, conquistar competitividade no mercado, aprimorar sua

produção e a reputação perante colaboradores e clientes.

Diante disto, todos têm a responsabilidade de contribuir na preservação dos recursos naturais. Com o objetivo de prevenir a poluição e preservar o meio ambiente, surgiu a Produção Mais Limpa (PML), uma abordagem que tem ganhado destaque global, como uma estratégia eficaz para alcançar simultaneamente eficiência econômica e ambiental (Silva Filho *et al.*, 2007, p. 111).

A metodologia de implementação da PML foi elaborada em 1989 pelos Programas das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial e para Proteção Ambiental (Domingues; Paulino, 2009, p. 693). A Produção Mais Limpa tem como propósito atenuar os efeitos adversos no meio ambiente e oferecer abordagens para reduzir os impactos em todas as etapas do processo produtivo (Lima; Casalinho; Lima, 2020, p. 884).

Nesse sentido, a abordagem sugere que as organizações invistam em tecnologias que facilitem a minimização de resíduos, delineando uma sequência de passos que servem como orientação para os gestores na aplicação dessa metodologia (Hinz; Valentina, 2006, p. 94).

A ênfase na prevenção da geração de resíduos não apenas busca a eficiência operacional por meio da minimização do consumo de matérias-primas e insumos, mas também almeja uma redução significativa na produção de resíduos em diferentes formas, como sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas.

A escolha consciente de tecnologias e práticas que minimizem a produção de resíduos não apenas atende a objetivos ambientais, mas também representa uma abordagem economicamente vantajosa, alinhada com os princípios da Produção Mais Limpa. A PML é caracterizada como uma implementação contínua de uma abordagem técnica, econômica e ambiental, concentrando-se em melhorias tanto em produtos quanto em processos (Aumiller *et al.*, 2014, p. 889).

Conforme ilustrado no Fluxograma 1, diversas estratégias voltadas para a Produção Mais Limpa podem ser empregadas, sendo possível categorizá-las em diferentes níveis.



Fonte: Amaral *et al.* (2003, p. 27).

De acordo com Amaral *et al.* (2003, p. 27), a Produção Mais Limpa pode ser identificada no processo através de 3 níveis principais. A ideia é que a prioridade seja dada as medidas que busquem eliminar ou minimizar os resíduos, efluentes e emissões geradas durante um processo produtivo.

No nível 1, considera-se uma revisão no processo, visando evitar a geração de resíduos. Isso implica em uma abordagem estratégica na produção, implementando procedimentos inovadores e ajustando o próprio produto (Amaral *et al.*, 2003, p. 28).

Além da modificação no produto, é essencial efetuar ajustes no processo, incorporando boas práticas operacionais, assegurando o funcionamento adequado dos equipamentos, promovendo uma organização interna mais eficiente, substituindo matérias-primas quando necessário e adotando tecnologias que facilitem tais objetivos, inicialmente atrelada a um baixo custo.

No segundo nível, a atenção volta-se para a reciclagem interna, marcando o início de investimentos significativos no âmbito da Produção Mais Limpa. Nesse estágio, concentra-se no processo de recuperação de matéria-prima e na

reutilização de insumos, ambos alinhados aos padrões da PML (Amaral *et al.*, 2003, p. 28-30).

A ênfase nesse nível recai sobre a criação de sistemas eficazes de recuperação, possibilitando a reintrodução de materiais no ciclo produtivo, promovendo, assim, uma abordagem mais sustentável e eficiente na gestão dos recursos.

Por último, o Nível 3 representa a opção final quando um componente não pode ser substituído ou recuperado, e sendo necessário considerar o descarte. No entanto, é crucial seguir uma abordagem que não prejudique o meio ambiente. Inicialmente, pode-se avaliar a opção da reciclagem externa, delegando essa responsabilidade a empresa terceirizada especializada que possua práticas adequadas de reciclagem (Amaral *et al.*, 2003, p. 31).

Além disso, pode-se explorar a implementação da logística reversa, envolvendo os fornecedores na operação de retorno dos materiais descartados. No caso de inexistência de tais possibilidades, o descarte, sendo a última opção, deve ser conduzido de maneira apropriada, garantindo a minimização dos impactos ambientais.

De maneira resumida, a ideia central da metodologia PML é reduzir tanto a geração de resíduos quanto as emissões, privilegiando, sempre que possível, a prevenção e a reutilização desses elementos. A abordagem central busca gerenciar os impactos ambientais na produção e instigar práticas que favoreçam a sustentabilidade ao evitar a produção desnecessária de resíduos, promovendo assim uma gestão mais consciente e eficiente dos recursos.

Para implementar a Produção Mais Limpa em uma indústria de embalagens flexíveis, é essencial realizar uma análise aprofundada dos impactos ambientais gerados por esse segmento.

Segundo as indicações do Instituto de Embalagens (2009), a concepção clássica das embalagens flexíveis está

ligada ao fato de que essa categoria de embalagem em geral não é definida por um único material. No processo de produção das embalagens flexíveis, diversos materiais são empregados com o intuito de conferir as propriedades químicas, físicas e características de produção necessárias para atender aos requisitos específicos do produto (Maciel; Freitas, 2016, p. 2).

Com isso, vem surgindo, desde os anos 80, uma preocupação crescente quanto os impactos que as embalagens causam ao meio ambiente. Um exemplo claro desse cenário é observado nas indústrias de embalagens de alimentos, que têm incorporado a busca pelo desenvolvimento sustentável em seus processos produtivos (Aumiller *et al.*, 2014, p. 890).

Atualmente, entre os diversos impactos ambientais resultantes do estilo de vida contemporâneo, os provenientes das embalagens emergem como alguns dos mais graves e preocupantes (Leceta *et al.*, 2013, p. 2013). A utilização de materiais nas embalagens amplifica questões ambientais devido ao consumo de recursos e energia empregados na fabricação dessas embalagens, bem como ao fluxo de resíduos gerados.

Diante desse contexto, o presente artigo propõe uma análise da aplicação do método PML em uma indústria de embalagens flexíveis. A empresa objeto deste estudo, atua no mercado desde 1991, sendo consolidada como produtora de embalagens plásticas, contando com uma produção média mensal de 1.500 toneladas.

Com isso, o objetivo deste estudo é analisar a gestão de resíduos, buscando seguir o critério de redução e reutilização. Essa abordagem permitirá a avaliação dos principais riscos ambientais, proporcionando uma visão clara das possíveis ações de melhoria e controle.

METODOLOGIA

A abordagem de pesquisa adotada neste trabalho foi o estudo de caso, que tem como objetivo reduzir impactos ambientais

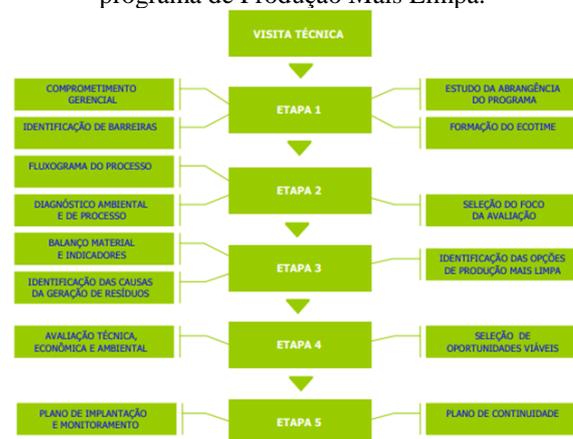
no processo produtivo de filmes flexíveis através da aplicação da Produção Mais Limpa (PML). A empresa em que o estudo foi abordado atua no setor de embalagens plásticas, gerando cerca de 1.500 toneladas/mês de embalagens plásticas flexíveis.

O Programa de Produção Mais Limpa foi aplicado em todos os setores de produção, como extrusão, impressão, laminação, refile e corte/solda. Essa abordagem foi adotada devido à alta geração de resíduos decorrentes dos processos, bem como às oportunidades identificadas para aprimorar a reutilização dos resíduos gerados.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do tema empregando diferentes bases de dados (periódico Capes, Scielo, ScienceDirect e entre outros). Foram explorados estudos anteriores sobre gestão ambiental, Produção Mais Limpa e práticas sustentáveis na indústria de filmes flexíveis. O escopo da pesquisa se limitou a estudos em inglês e português, publicados entre 2003 e 2023.

A aplicação da metodologia de PML (produção mais limpa) foi baseada nas etapas propostas pela Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003) de acordo com a Figura 1:

Figura 1 - Passos para implementação de um programa de Produção Mais Limpa.



Fonte: Amaral *et al.* (2003, p. 19).

Para a coleta de dados e mapeamento do processo produtivo, foram conduzidas análises técnicas na empresa,

alinhando os objetivos e integrando a metodologia com os colaboradores. Assim, foram identificadas e catalogadas as práticas de gestão ambiental já implementadas no processo produtivo das embalagens plásticas flexíveis, isso incluiu aspectos como controle de resíduos, eficiência no consumo de recursos e emissões.

Com base nisso, foram propostas recomendações específicas para aprimorar a gestão ambiental, alinhadas aos princípios da Produção Mais Limpa, visando uma produção mais sustentável.

O processo teve início em novembro de 2021, quando o programa foi apresentado à diretoria da empresa em questão. Devido à significativa rotatividade de colaboradores, diversas etapas do projeto foram recalculadas. No entanto, alcançou-se êxito em março de 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ETAPA 1

- **Comprometimento Gerencial**

A primeira etapa da implementação do PML foi caracterizada pelo comprometimento da empresa. Nessa etapa a empresa demonstrou seu engajamento ao

apresentar a metodologia PML à diretoria. A aprovação do projeto dependeu do consentimento dos diretores e contou com o apoio do gerente do P&D e do gerente da qualidade, que buscaram esse aval, uma vez que, no início do projeto, não contávamos com um gerente industrial.

- **Formação da equipe**

Dentro dessa mesma etapa inicial, foi conduzida a formação de uma equipe de colaboradores encarregados da execução do projeto. Essa equipe, denominada ECOTIME, conforme orientação do programa de PML, teve a função de monitorar cada fase do processo. A seleção dos membros do ECOTIME procurou contemplar colaboradores de diferentes setores.

- **Identificação de barreiras**

Nesse momento, foram identificadas potenciais barreiras que poderiam surgir durante a implementação, e o plano foi estrategicamente adaptado para tentar superá-las. No Quadro 1 estão descritas as barreiras identificadas no início do processo, categorizando-as nos seguintes setores: Econômico, Sistêmico, Organizacional, Técnico, Comportamental e Governamental.

Quadro 1 - Barreiras identificadas relacionadas à PML.

(continua)

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO DAS BARREIAS
Econômica	Indisponibilidade de fundos e custos relacionados às questões ambientais; Falta de incentivos fiscais relativos ao desempenho ambiental; Planejamento inadequados dos investimentos.
Sistêmica	Falta de documentação e informativos de investimentos; Falta de treinamento dos funcionários.
Organizacional	Falta de envolvimento dos funcionários; Ênfase na entrega e não na minimização dos problemas ambientais; Concentração das tomadas de decisão nas mãos da direção; Alta rotatividade de funcionários; Ausência de motivação para os funcionários.

(conclusão)

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO DAS BARREIRAS
Técnica	Falta de recursos necessários à coleta de dados (entradas e saídas);
Comportamental	Resistência a mudanças;
Governamental	Concentração no controle de “Fim-de-tubo”; Mudanças repentinas nas políticas industriais.

Fonte: Autora (2024).

Entre as diversas barreiras que representaram desafios significativos durante a implementação do Programa de Melhoria Contínua, destaca-se a elevada rotatividade de funcionários e a ausência de treinamento adequado. Esses obstáculos tiveram um impacto direto no andamento do projeto, resultando em atrasos significativos e na necessidade de reiniciar o estudo em várias ocasiões. Essa conjuntura adversa comprometeu a eficácia do processo, exigindo uma abordagem cuidadosa e estratégica para superar tais desafios e assegurar o progresso contínuo do PML.

- **Estudo da Abrangência do Programa**

A abrangência do Programa de Produção Mais Limpa buscou integrar efetivamente todos os setores da fábrica. O projeto ECOTIME foi meticulosamente planejado, contando com a participação estratégica de colaboradores de cada departamento.

Esse grupo multidisciplinar foi designado para desenvolver abordagens estratégicas voltadas para a sustentabilidade, incluindo uma avaliação detalhada do desempenho do programa. Essa iniciativa buscou à implementação eficiente das práticas ambientais e à garantia de que cada área da empresa estivesse alinhada com os objetivos e valores do Programa de Produção Mais Limpa.

ETAPA 2

- **Elaboração do Fluxograma do Processo**

Nesta fase, é essencial obter uma compreensão abrangente do processo, o que viabiliza a visualização e definição precisa do fluxo quantitativo das entradas. Assim, esta etapa emerge como uma ferramenta fundamental para identificar os dados necessários na elaboração estratégica visando a minimização da geração de resíduos e efluentes.

Logo de forma resumida, o processo de produção de embalagens plásticas flexíveis inicia-se com a Ordem de Produção (OP), enviada ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) para programação e solicitação da matéria-prima. Na fase inicial, o setor de Extrusão fabrica os filmes plásticos. A segunda fase determina se a embalagem é lisa ou impressa. Sem impressão, vai para corte e solda (sacos) ou expedição (filmes lisos). Com impressão, os filmes laminados passam por laminação, enquanto os sem laminação seguem para acabamento ou corte e solda (sacos ou filmes). O produto final é então expedido.

No Quadro 2 estão apresentadas as entradas e saídas referente aos setores estudados, de acordo com a metodologia de PML e o modelo de transformação. Nesse quadro foi realizada de forma linear, passando por todos os processos, a fim de identificar todas as entradas e saídas, para agir com uma estratégia de minimização da geração de resíduos e efluentes.

Quadro 2 - Modelo de transformação para as etapas do processo.

ENTRADAS	ETAPAS DO PROCESSO	SAÍDAS
Resina Aditivos Pigmentos Água Energia Óleos térmicos e lubrificantes	Extrusão	Filmes extrudado Aparas Borra Plástica Energia – Calor Vapor Efluente – Água usada
Filme extrudado Tinta Solvente – Acetado de Etila Clichê Camisas Fita dupla face	Impressão	Filme impresso Aparas Borra Solvente com tinta Clichês danificado (raro) Camisa danificada (raro) Fita dupla face
Filme impresso Adesivo Solvente Rolos	Laminação	Filme laminado Aparas Adesivo Efluente – Solvente usado Rolos danificados (raro)
Filmes laminado Tubetes	Refile	Filme refileado Aparas Tubetes – Aparas
Filme refileado Pallets para expedição	Corte e Solda	Embalagens – Sacos Aparas Pallets danificados

Fonte: Autora (2024).

Com essa elaboração, foi possível identificar pontos de melhorias, análise aproximadas dos fluxos de cada etapa do processo. Alguns resíduos gerados em cada etapa do processo produtivo não foram disponibilizados ou não são quantificados individualmente pela empresa. O estudo quantitativo das saídas foi realizado pelo setor que é responsável pela recuperação das aparas, que conforme o Quadro 2, é a saída comum em todos os setores.

- **Diagnóstico**

Nesta fase, procede-se à avaliação da posição atual da empresa em relação ao meio ambiente. Inicialmente, foram examinados os posicionamentos relativos aos requisitos legais, abrangendo a legislação ambiental, normas técnicas e políticas ambientais corporativas. Através desta investigação, foram identificadas e

registradas as deficiências na empresa em análise, conforme destacado no Quadro 3.

Quadro 3 - Falhas no atendimento de requisitos legais.

SAÍDAS RELEVANTES EM QUANTIDADE	DESCARTE
Camisas e anilox danificados	Disposição inadequada
Emissões	Não quantificado – Não atende os requisitos de controle.

Fonte: Autora (2024).

Os demais resíduos, em sua maioria, eram destinados a centros de coletas para reciclagem ou, no caso das aparas, eram reciclados na própria empresa. O objetivo

inicial do PML é buscar oportunidades de redução, reutilizações ou reciclagem interna e por fim um encaminhamento adequado ao resíduo ou reciclagem externa.

- **Seleção do foco da avaliação**

Nesta análise, identificamos os pontos que seriam foco do programa. No Tabela 1, estão apresentados os resultados da análise das entradas no processo.

Tabela 1 - Resíduos gerados: média mensal.

CONSUMO	QUANTIDADE
Água	13200m ³ /ton produto
Resinas/Aditivos/Pigmentos	1.153,95 ton/mês
Tubetes e embalagens de papelão	42.026 kg/mês
Pallets/Ripas	38.462 kg/mês
Tinta	33.778 kg/mês
Solvente	16.650 kg/mês
Adesivo	9.128 kg/mês

Fonte: Autora (2024).

No estudo conduzido na fábrica, a quantificação mensal do consumo médio de água, abrangendo apenas o consumo relacionado à produção, não foi detalhada. Nesse contexto, foi adotada uma média aproximada para representar esse indicador.

ETAPA 3

As entradas quantitativas são empregadas na formulação dos indicadores. Nesta etapa, foram identificadas as causas da geração de resíduos, e também foi

realizada a identificação das oportunidades de Produção Mais Limpa.

- **Indicadores Quantitativos**

Nesta etapa, foram conduzidas análises quantitativas das entradas e saídas do processo produtivo, concentrando-se exclusivamente nos resíduos sólidos e efluentes, escolhidos como o ponto focal deste estudo. As entradas do processo incluíram matérias-primas, materiais auxiliares, insumos e água, enquanto as saídas compreenderam resíduos e efluentes, exceto a produto final, que não está quantificado no presente estudo.

Os indicadores não abrangeram o consumo de energia, pois o monitoramento desse aspecto é realizado considerando o consumo total da planta, sem especificar o consumo individual ou a quantidade de energia elétrica dissipada nos processos.

Portanto, nesta abordagem, não foi possível quantificar ou visar melhorias específicas no aspecto energético. A análise focou-se na identificação de potenciais falhas nos equipamentos que geram alto consumo de energia, porém cabe mencionar que essa questão específica foi objeto de estudo em outro programa conduzido na fábrica.

O Quadro 4 apresenta a quantificação das entradas e saídas. A mensuração das saídas do processo foi realizada pelo setor de recuperação, que seria posteriormente identificado como responsável pela implementação da abordagem de Nível 2 (reciclagem) no âmbito do Programa de Produção Mais Limpa.

Quadro 4 - Entradas e saídas do processo.

(continua)

ENTRADAS	SAÍDAS
Água-(13200m ³ /ton produto)	Efluente-(10560 m ³ /ton produto)
Resina/Aditivos/Pigmentos-(1.153,95 ton/mês)	Aparas/Borras plástica-(76,24 ton/mês)
Tubetes/Embalagens de papelão-(42.026 kg/mês)	Aparas de tubetes/papelão-(3.729 kg/mês)

(conclusão)

ENTRADAS	SAÍDAS
Pallets/Ripas-(38.462 klg/mês)	Pallets/ripas danificados-(4.938 kgl/mês)
Tintas-(33.778 klg/mês)	Borra-(3.735 klg/mês)
Solvente-(16.650 klg/mês)	Solvente + tinta/adeseivo-(12.536 klg/mês)
Adeseivo-(9.128 klg/mês)	Borra-(823 klg/mês)

Fonte: Autora (2024).

Como a entrada da água não foi quantificada, a saída foi dada como 80% do que foi colocado como média global aproximada, considerando que 20% é perdido por vapor.

- **Identificação das Causas da Geração de Resíduos**

Com a coleta de indicadores, foi viabilizada uma análise detalhada sobre a origem e geração dos resíduos. O ECOTIME realizou uma avaliação operacional para identificar as causas subjacentes à geração desses resíduos, destacando os principais fatores de sua origem. Essas análises foram conduzidas com o propósito de servirem como referência na identificação das oportunidades para a implementação de PML.

O primeiro setor analisado foi o setor de extrusão, principal gerador de resíduos sólidos e efluentes. A água nesse processo já é reutilizada pela empresa empregando um sistema de tratamento, porém o objetivo do estudo era garantir o mínimo de perda dessa água para vapor e decorrências do processo ou estruturais conforme evidenciado nas Figuras 2 e 3.

Adicionalmente, constatou-se que a produção inadequada também estava contribuindo para o aumento no consumo de água, resultando em perdas por vapor.

Foi observado que a temperatura de algumas extrusoras excedia as especificações estabelecidas pelo fabricante, com isso pode constatar um consumo aumentado e desgastes das máquinas.

Figura 2 – Sistema de água da extrusora 1.



Fonte: Autora (2024).

Figura 3 – Falhas estruturais no sistema de tratamento de água do setor de extrusão



Fonte: Autora (2024).

Ainda no setor de extrusão, foram identificadas as principais razões para a geração de borra plástica e aparas. As aparas têm sua origem no processo e são decorrentes de ajustes de máquina ou resultam de equívocos operacionais, como formulações inadequadas conforme evidenciada na Figura 4. As borras, por sua vez, eram geradas por quedas frequentes de energia; além disso, ocorria a cada reinicialização da extrusora, seja para a

introdução de um novo produto ou devido a erros operacionais.

Figura 4 – Aparas gerada por falhas operacionais.



Fonte: Autora (2024).

O setor subsequente examinado envolveu os setores de impressão e laminação, ambos responsáveis pela geração dos mesmos resíduos e efluentes - aparas, borras e solvente. Todos esses subprodutos são resultantes do processo e ajustes de máquina, mas também incluem aqueles gerados devido a quedas de energia, com destaque para as aparas.

Isso ocorre principalmente durante os ajustes na impressão, onde são produzidas muitas aparas antes de serem corrigidos, conforme ilustrado na Figura 5. Algumas aparas no setor de laminação também podem ser geradas devido ao mau condicionamento das bobinas.

Figura 5 – Aparas geradas pelo acerto da impressão.



Fonte: Autora (2024).

O próximo setor analisado foi o refile, cujos resíduos compreendem aparas, aparas de tubetes e pallets/ripas danificados. A maior parte das aparas é gerada durante o processo, uma vez que é nesse setor que a largura final do filme é definida. Contudo, é possível que ocorram aparas devido ao inadequado condicionamento das bobinas, como destacado na Figura 6.

Figura 6 – Falha no condicionamento de bobinas no setor do refile.



Fonte: Autora (2024).

Adicionalmente, devido ao inadequado condicionamento, observa-se a ocorrência de pallets/ripas danificados. No contexto do setor de refile, há também a geração de aparas de tubetes, resultantes do próprio processo. Isso acontece porque as bobinas refileadas no tamanho final devem ser embobinadas em um tubetes de dimensões correspondentes, resultando assim em aparas excedentes dos tubetes (Figura 7).

Figura 7 – Aparas de tubetes.



Fonte: Autora (2024).

No setor de corte e solda, são identificáveis resíduos como aparas e pallets/ripas danificados. As aparas, predominantemente, originam-se do próprio processo, geradas durante ajustes de máquina para atingir a resistência de solda adequada. Além disso, o mau condicionamento é uma causa adicional que resulta em pallets/ripas danificados e aparas de bobinas que ficam desalinhas.

- **Identificação das Oportunidades de Produção Mais Limpa**

Com o mapeamento do processo e levantamento dos indicadores, foram identificadas algumas possibilidades de melhorias no processo, seguindo a etapa proposta pela metodologia PML. Essas oportunidades foram listadas e detalhadas no Quadro 5, onde foram levantadas medidas que busquem a diminuição da geração/eliminação, reciclagem interna, reciclagem externa e, como último caso, descarte adequado.

Quadro 5 - Oportunidade de programa PML.

(continua)

RESÍDUOS	OPORTUNIDADE PML	DESCRIÇÃO DA MEDIDA
Efluente – Água	Nível 1	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração na forma de operar os equipamentos- Procedimentos estabelecidos; • Instalar válvulas de segurança para evitar vazamento de água nos registros e tubulações; • Melhorias na estrutura do tratamento de água.
Borra plástica		<ul style="list-style-type: none"> • Padronização e Normatização dos parâmetros de produção; • Implantação de sistema próprio de energia – em andamento.
Aparas de tubetes/papelão		<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitar ao máximo as bobinas no corte através de programas computacionais de programação operacional, que demonstrem a melhor opção de corte possível;
Pallets/ripas danificados		<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar o condicionamento.
Borra de tinta		<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de sistema próprio de energia para evitar a geração de mais borras – em andamento.
Borra de adesivo		<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de sistema próprio de energia para evitar a geração de mais borras – em andamento.

(continuação)

RESÍDUOS	OPORTUNIDADE PML	DESCRIÇÃO DA MEDIDA
Aparas plásticas	Nível 1	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de sistema próprio de energia para evitar a geração de mais aparas – em andamento; • Padronização e Normatização das formulações e acertos em máquina.
Efluente – Solvente com tinta/adesivo		<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicado.
Efluente – Água	Nível 2	<ul style="list-style-type: none"> • Retenção (armazenamento) e reutilização de água de lavagem e limpeza – Já aplicado; • Montagem de coberturas nos tanques de resfriamento para reaproveitar a água condensada; • Reutilização do vapor perdido durante o processo.
Borra plástica		<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem pela recuperadora – Já aplicado; • Separação adequada dos tipos de PE (industrial, colorido ou técnico transparente).
Aparas de tubetes/papelão		<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento das aparas de tubetes no setor de recuperação.
Pallets/ripas danificados		<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento das ripas inteiras para a recuperação dos pallets danificados no setor de recuperação.
Borra de tinta		<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicado.
Borra de adesivo		<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicado.
Aparas plásticas		<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem pela recuperadora – Já aplicado; • Separação adequada dos tipos de filmes PE INDUSTRIAL/ PE COLORIDO/ PE COLORIDO/ PP TRANSP/ PP COLORIDO/ BOPP/ PET.
Efluente – Solvente com tinta/adesivo		<ul style="list-style-type: none"> • Destilação própria, para reaproveitamento e separação do solvente com a borra.
Efluente – Água	Nível 3	<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicado
Borra plástica		<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicado
Aparas de tubetes/papelão		<ul style="list-style-type: none"> • Destinado para coletoras que aproveitem o papelão para produção de papel

RESÍDUOS	OPORTUNIDADE PML	DESCRIÇÃO DA MEDIDA
Pallets/ripas danificados	Nível 3	• Vendido como madeira - Olarias
Borra de tinta		• Destinado para indústrias que reutilizem
Borra de adesivo		• Destinado para indústrias que reutilizem
Aparas plásticas		• Não aplicado
Efluente – Solvente com tinta/adesivo		• Não aplicado

(conclusão)

Fonte: Autora (2024).

ETAPA 4

• Viabilidade Técnica

Uma alternativa voltada ao nível 1, foi de aumentar a incorporação de uma maior porcentagem de material recuperado na produção de itens com requisitos técnicos menos exigentes, como é o caso de certos tipos de enfardadeiras e filmes contráteis. Essa incorporação foi testada de acordo com a ficha técnica dos itens e foi aprovada nos requisitos de coeficiente padrão, resistência e alongamento.

Avaliando o Nível 2, foi atrelado a necessidade da reutilização das aparas de tubetes e reestruturação de pallets. Para isso seriam necessários alguns equipamentos, de baixo custo, para serem implantados no setor de recuperação, tais como: Rebobinadeira; Cortadora de tubetes; Grampeador industrial; Martelo e Pregos para madeira. Além de mão de obra destinada para a recuperação desses resíduos.

Foi estudado que os tubetes recuperados poderiam ser utilizados internamente para a estocagem de filme stretch (plástico flexível esticável), utilizado para proteger as bobinas no transporte e é inteiramente de uso industrial. Os pallets por sua vez, poderiam ser utilizados internamente, mas também utilizados para cliente que aceitem pallets descartáveis (sem retorno para a fábrica). Para excessos que não pudessem ser

recuperados, foram analisadas redes de reciclagens, que pudesse adquirir papelão e ripas de madeira para destinação correta, conforme o Nível 3 das oportunidades do Programa PML.

As aparas dos filmes/sacos plásticos já eram conduzidas desde 2019. Entretanto, os maiores problemas gerados nas resinas recuperadas eram decorrentes da não separação de tipos de aparas e borras plásticas que eram recebidas pelo setor. Essa separação é feita com base nos produtos, podendo ser separados da seguinte forma: PE transparente, PE colorido (seja por pigmento do filme ou por impressão), PP/BOPP transparente, PP/BOPP colorido e PET transparente/colorido. O PET já era encaminhado para reciclagem externa, para a produção de fita de PET.

Neste contexto, foi analisada na fase “Identificação das Oportunidades de Produção Mais Limpa” uma otimização no processo de separação de aparas e borras plásticas, com o objetivo de recuperação e reutilização eficaz desses materiais. Com isso, foi estudado a implementação da prática de rejeitar embalagens não rotuladas ou que não estejam de acordo com as especificações. Esse controle poderia ser executado durante o recebimento de insumos e matérias-primas, mediante inspeção visual durante as fases de

descarregamento e armazenagem no setor de recuperação.

Esse tipo de supervisão seria conduzido pelos colaboradores responsáveis pelo recebimento das aparas/borras plásticas. Esses profissionais receberiam treinamento específico para identificar eventuais inadequações.

O solvente, por sua vez, tem a possibilidade de ser reutilizado por meio de destilação, utilizando o equipamento adequado. As borras, provenientes tanto de tinta quanto de adesivo, foram analisadas para verificar a viabilidade de destiná-las a indústrias que possam reutilizá-las na produção de piche, tinta de jornal ou zarcão. Por fim, embora a reutilização da água já seja praticada, há desafios estruturais que resultam em perdas devido a falhas na infraestrutura ou evaporação. Investigações foram conduzidas para identificar oportunidades de melhorias estruturais, como a instalação de válvulas de segurança para prevenir vazamentos nos registros e tubulações, bem como ajustes no sistema de tratamento da água.

Além disso, houve uma revisão do processo para garantir a conformidade dos equipamentos com as especificações do fabricante, evitando assim a evaporação excessiva de água devido às altas temperaturas das extrusoras.

No que diz respeito ao Nível 2 de oportunidade do PML para a água, foi explorada a possibilidade de reutilização do vapor perdido durante o processo, por meio da implementação de coberturas nos tanques de resfriamento para recuperar a água condensada.

- **Seleção de Oportunidades Viáveis**

No âmbito das oportunidades de aprimoramento, diversas atividades foram identificadas, levando em consideração os investimentos que seriam alocados. A definição de algumas dessas atividades ocorreu conforme os critérios estabelecidos pelo ECOTIME e foi sujeita à aprovação da diretoria.

Este processo de seleção visou garantir que as iniciativas escolhidas estivessem alinhadas com as metas ambientais, econômicas e operacionais da empresa, bem como garantir a viabilidade e eficácia das melhorias propostas.

As oportunidades que foram inicialmente implementadas visaram a viabilidade de aplicação e o investimento aprovado pela diretoria. Essa seleção foi guiada pela análise de custo-benefício, garantindo que as oportunidades escolhidas pudessem ser facilmente aplicadas e estivessem alinhadas com as decisões estratégicas da empresa.

Logo, o tratamento da água não foi implementado, visto que demandaria de um custo alto relacionado as melhorias estruturais, e o fato de no momento não ser prioridade para a indústria.

ETAPA 5

- **Plano de Implementação e Monitoramento**

O plano de implementação das práticas selecionadas na etapa anterior, seguiram conforme foi planejado e determinado nas “Oportunidade de PML” e na “Viabilidade Técnica”. A responsabilidade foi atribuída à todos os colaboradores que faziam parte do processo de produção. Para isso foram realizados treinamentos direcionados aos líderes dos setores, para guiarem seus operadores na separação correta dos resíduos.

O acompanhamento da coleta foi realizado por meio de um checklist diário realizado pelo coordenador da recuperadora, no intuito de verificar se os resíduos gerados estavam sendo separados e disponibilizados de forma correta para o recolhimento e envio ao setor de recuperação.

Nas melhorias de Nível 1, foram realizadas análises do processo e as oportunidades de padronizar as funções e operações. Para isso, a analista da qualidade, responsável pela implementação de melhorias contínuas, ficou responsável

por criar a os procedimentos padrões para os operadores do setor de extrusão.

Por fim, aplicação da resina recuperada na formulação de alguns itens de enfiadeira foi atribuída ao gerente de P&D e o acompanhamento realizado pelo coordenador da qualidade.

Com isso, é elaborado o plano de continuidade, sendo atribuída ao ECOTIME a responsabilidade pelo monitoramento contínuo geral das práticas implementadas. Essa abordagem integrada visa garantir a sustentabilidade e eficácia das medidas adotadas ao longo do tempo.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A aplicação do Programa de Produção Mais Limpa (PML) revelou resultados significativos. Durante o período de novembro de 2021 a março de 2023, a implementação da metodologia PML demonstrou sua eficácia na identificação e adaptação de processos, no qual reduziu e implementou práticas de reutilização.

Através da implementação do PML, os membros da equipe adquiriram conhecimentos acerca de conceitos, técnicas e princípios que podem ser aplicados em suas rotinas diárias. Além disso, receberam capacitação para enxergar suas atividades sob uma perspectiva diferente, impulsionados pelo compromisso com práticas ambientalmente sustentáveis.

Este estudo proporcionou aprendizado prático e cultivou uma mentalidade voltada para a responsabilidade ambiental entre os colaboradores, promovendo uma abordagem mais consciente em relação às suas atividades.

A implementação do método resultou em novas práticas de reutilização, as quais estão atualmente impactando positivamente nos custos. Neste momento, está em andamento uma reavaliação do método com o objetivo de aprimorar ainda mais o setor de recuperação, visando a posterior implementação do PML nessa área específica.

Dessa forma, torna-se evidente que, mediante um investimento modesto, a empresa conseguiu aprimorar diversos aspectos, incluindo recursos humanos, insumos e resultados do processo produtivo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Adriano Prates do; CURIA, Ana Cristina; SANTOS, Marise Keller dos; NEERZOW, Rosele de Felipe. **Implementação de Programas de Produção Mais Limpa**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS, 2003. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/documentos/implementacao-de-programas-de-producao-mais-limpa>. Acesso em: 8 dez. 2023.

AUMILLER, Aline; OLIVEIRA, Camilla Estevan; PAIVA, Jane Maria Faulstich; MENDES, Juliana Veiga; MORIS, Virgínia Aparecida Silva. Análise do Processo Produtivo de Filmes Poliméricos Utilizando a Metodologia de Produção Mais Limpa. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 887-907, mai./ago. 2014. DOI: 10.5902/2236117013723. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285566188_ANALISE_DO_PROCESSO_PRODUTIVO_DE_FILMES_POLIMERICOS_UTILIZANDO_A_METODOLOGIA_DE_PRODUCAO_MAIS_LIMPA. Acesso em: 04 jan. 2024.

BARBOSA, Rildo Pereira; VIANA, Viviane Japiassú. **Recursos Naturais e Biodiversidade: Preservação e Conservação dos Ecossistemas**. Editora Saraiva, São Paulo, p. 99-100, 2014. E-book. ISBN 9788536530697. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530697/>. Acesso em: 13 jan. 2024.

DOMINGUES, Rosely Maria; PAULINO, Sônia Regina. Potencial para implantação da produção mais limpa em sistemas locais

de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 691-704, dez. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000400016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/9zt8HjBdMG9nrF6PYLv6mJp/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 17 dez. 2023.

HINZ, Roberta Tomasi Pires; VALENTINA, Luiz V. Dalla; FRANCO, Ana Claudia. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Estudos Tecnológicos**, Joinville, v. 2, n. 2, p. 91-98, jul./dez. 2006. INSS: 1808-7310. Disponível em: https://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/6078. Acesso em: 16 jan. 2024.

LECETA, Itsaso; GUERRERO, Pedro; CABEZUDO, Sara; KABA, Koro de la. Environmental assessment of chitosan-based film. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 41, p. 312-318, Fev. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.049>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652612005203>. Acesso em: 04 jan. 2024.

LIMA, Endrigo Pino Pereira; CASALINHO, Helvio Debli; LIMA, Ana Claudia Rodrigues de. Produção mais limpa como ferramenta na construção de agroecossistema de base ecológica em propriedade agrícola familiar. **Revista Thema**, v. 17, n. 4, p. 883-898, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V17.2020.883-898.1524>. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1524>. Acesso em: 16 dez. 2023.

MACIEL, Dayanna dos Santos; FREITAS, Lúcia Santana de. Utilização do Método FMEA na Identificação e Análise de Impactos Ambientais: O Caso de uma

Empresa Produtora de Embalagens Flexíveis. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, VII, 2016, Campina Grande. **Anais eletrônicos**. Campina Grande: IBEAS, 2016. p. 1-14. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/V-022.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2023.

MOGNOL, Taíse Carla. **Aplicação de Conceitos da Metodologia P+L na Otimização dos Processos Produtivos de Uma Indústria Moveleira no Oeste do Paraná**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/13118/1/Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20conceitos%20da%20metodologia%20P%20L%20na%20otimiza%C3%A7%C3%A3o%20dos%20processos%20produtivos%20de%20uma%20ind%C3%A9stria%20moeleira.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2023.

NOVIDADES Mundo Afora. **Instituto De Embalagens**, São Paulo, 04 mai. 2009. Disponível em: <https://institutodeembalagens.com.br/artigos/novidades-mundo-afora/>. Acesso em: 14 jan. 2024.

SILVA FILHO, Julio Cesar Gomes; CALÁBRIA, Felipe Alves; SILVA, Gisele Cristina Sena da; MEDEIROS, Denise Dumke de. Aplicação da Produção Mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Produção**, Pernambuco, v. 17, n. 1, p. 109–128, abr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/srFYRkr6JrR8qpVntHztDhK/?lang=pt#>. Acesso em: 8 dez. 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero manifestar minha profunda gratidão a Deus, cuja orientação e fortalecimento têm sido a bússola orientadora em minha trajetória

acadêmica e profissional. Sua presença divina constitui o alicerce que me sustenta diante dos desafios, possibilitando a conquista de feitos notáveis.

À minha amada família, em especial aos meus pais, Mônica Cristina Araújo e Jerry Holanda, e meu irmão, Jefferson Montenegro, agradeço pelo apoio e suporte durante todo o percurso acadêmico. Sem o caloroso carinho e a confiança que sempre me proporcionaram, não estaria aqui hoje celebrando mais um triunfo.

Minha eterna gratidão ao meu querido noivo, Dalmo Júnior, e à sua adorável família (Luany Abade, Daniela Café e Dalmo Café), pelo apoio incondicional e encorajamento constante, que foram pilares fundamentais ao longo desta jornada, tornando cada desafio mais leve e cada conquista mais significativa.

Às minhas amigas Derly Souza, Joyce Elisa, Sthephanny Chateaubriand e Maria Vitória Lacerda, agradeço pela constante presença e apoio ao longo do caminho. Vocês são verdadeiras companheiras, proporcionando conforto e alegria em cada passo desta trajetória.

Aos colegas de curso e faculdade, Ellen Cristovão, João Gonçalves, Helena Alapenha e Maria Júlia Dias, merecem meu reconhecimento pelo companheirismo, parceria nos estudos, amizade e apoio nos momentos difíceis ao longo do curso.

Aos professores do curso, expresse meu sincero agradecimento pela orientação e conhecimento compartilhados. Agradeço por desempenharem um papel crucial em minha jornada, inspirando-me a buscar excelência em meu campo de estudo.

Ao dedicado supervisor, Helder Castro, agradeço pela confiança e pela oportunidade de desenvolver meu TCC em um ambiente profissional. Seu apoio e orientação foram essenciais para o sucesso deste trabalho. Agradeço também a todos os envolvidos no projeto, especialmente às colegas de trabalho Rafaela Silva e Laíza Falcão, por compartilharem conhecimentos técnicos durante meu estágio.

Imensa gratidão aos colegas de trabalho Jean Pimentel e Efrain Sales, por todo apoio e conhecimentos transmitidos, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial a toda equipe de produção da indústria, cujo empenho, conhecimento e recursos forneceram as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do meu TCC. Foram essenciais para o sucesso deste projeto, enfrentando desafios juntos e alcançando resultados surpreendentes.

Registro meus mais sinceros agradecimentos e admiração ao meu orientador do TCC e de Iniciação Científica, Jucleiton José Rufino de Freitas, pela oportunidade concedida, pelos valiosos conhecimentos compartilhados e todo apoio necessário para a construção desse TCC.

A todos mencionados e àqueles que, de diversas maneiras, colaboraram para a conclusão deste projeto, expresse meu sincero e profundo agradecimento. Agradeço imensamente por todo o apoio que foi essencial para minha jornada até este ponto. Muito obrigada.