

REDUÇÃO DE PLÁSTICO NO MAR POR UMA INDÚSTRIA QUÍMICA: Estudo de caso da minimização de microplásticos nos efluentes da produção de polietileno

WALID KHALID AL OMAR
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

FLÁVIO DE MIRANDA RIBEIRO

Introdução

Os microplásticos são pequenas partículas plásticas e quando dispersas no ambiente são de difícil controle pela fácil incorporação a fauna marinha. Proveniente de defragmentação de embalagens, do transporte do aterro, além do próprio processo produtivo. Neste último por falhas em equipamentos ou mesmo humanas ocorre a perda de produtos, podendo findar em corpos d'água. O presente artigo apresenta ações implementadas em uma indústria produtora de polietileno para mitigar a dispersão dessas partículas ao meio ambiente.

Contexto Investigado

Também denominados como pellets pela indústria, os microplásticos se apresentam em diferentes formas e tamanhos. Em todas as etapas da cadeia produtiva dos plásticos há perda de material, de forma crônica e difusa, em muitos casos na forma de pellets. Caso não sejam tomadas providências, estes podem chegar ao ambiente marinho, provocando danos ao ambiente, conforme estudos realizados no litoral do Brasil. Em vista desta situação, o setor produtivo viu iminente necessidade de posicionamento e tomada de ações mitigatórias frente a percepção da poluição marinha pelo plástico em todas as categorias.

Diagnóstico da Situação-Problema

Para o presente estudo foi analisado o caso de uma empresa petroquímica, produtora de polietileno, localizada no litoral da região sudeste do Brasil. Na empresa alvo do presente estudo foi constatada a perda de produtos na forma de pellet, com sua dispersão ao ambiente aquático por meio de canaletas de águas pluviais e de descarte do processo produtivo. Com base neste cenário, a empresa decidiu promover uma investigação de causas e pontos de geração, adotando em seguida medidas de redução de perdas e mitigadoras do descarte deste material ao ambiente.

Intervenção Proposta

Frente a necessidade de identificação de pontos de perda de pellets para o ambiente foi aplicado um questionário estruturado aos trabalhadores, seguido de avaliações de campo para identificação de pontos falhos em equipamentos e estruturas. Com base nos resultados uma equipe multidisciplinar desenvolveu um conjunto de 30 propostas de melhoria dos processos, analisadas quanto ao esforço necessário e impacto esperado. Após categorização destas propostas, foram implementadas 26 das 30 medidas, tendo os resultados sido medidos em relação à redução das perdas em t/ano.

Resultados Obtidos

Foi verificada uma redução de 20% na geração de finos e tiras, evidenciando redução de perdas e também as reclamações de clientes. Já nas áreas de ensaque e produção a redução foi de 30%, além da diminuição de produto retido nas barreiras antes do descarte de efluentes. Houve também uma melhoria na conscientização dos trabalhadores, que passaram a evitar perdas e notificar ocorrências. Estes resultados demonstram significativos ganhos, não só na redução dos impactos ambientais (principal), mas também na redução de custos, qualidade do produto e comportamento e satisfação de colaboradores.

Contribuição Tecnológica-Social

Os resultados demonstram que é possível reduzir impactos ambientais em cada ator social com ações, desde simples até estruturadas, no caso do lançamento industrial de plástico no mar. As medidas geraram retorno em aspectos tangíveis e intangíveis para empresa, bem como benefícios ao meio ambiente associados a minimização de perdas e melhoria nos processos produtivos. As ações servem de base para processos similares ou mesmo diferentes, dentro e fora da organização, desde que aplicadas as metodologias simples de detecção e análise.

Palavras Chave

microplástico, indústria petroquímica, lixo no mar

Agradecimento a órgão de fomento

Não houve fomento.

REDUÇÃO DE PLÁSTICO NO MAR POR UMA INDÚSTRIA QUÍMICA:

Estudo de caso da minimização de microplásticos nos efluentes da produção de polietileno

1. INTRODUÇÃO

Os microplásticos são pequenas partículas de plásticos, diferente de objetos que facilmente podemos ver, como sacolas, garrafas e outros que são descartados de forma irregular nos rios, mares ou na areia das praias. Quando já no ambiente os microplásticos são de difícil controle, por serem facilmente incorporado pela fauna marinha.

A origem dos microplásticos que chegam ao mar é diversa, incluindo a desfragmentação de embalagens (devido ações antrópicas ou naturais), migração desde o transporte ou disposição dos resíduos em aterros, além do próprio processo produtivo dos plásticos.

Neste último caso pode haver na indústria falhas de várias naturezas, como em equipamentos, na operação produtiva ou mesmo de origem humana, as quais resultam em perdas de produto. Caso essas perdas não sejam evitadas ou bem gerenciadas, as partículas podem ir para canaletas de água pluvial, ralos ou tubulações; ou mesmo serem arrastadas da fábrica de outras formas, como aderindo à sola de calçados, levados por fortes ventos ou cair de caminhões durante o transporte do produto. Caso a fábrica se localize próxima ao mar, estes microplásticos podem atingir o meio marítimo, provocando danos.

O presente artigo apresenta o estudo de caso de uma empresa produtora de polietileno, que ao perceber perdas de produto na forma de microplásticos, gerando dano ambiental e prejuízo econômico, realizou a identificação dos pontos suscetíveis a falhas dentro da fábrica, provendo em seguida ações de prevenção ao descarte desse material nos corpos d'água. Com base na experiência de um dos pesquisadores na condução do programa e implementação das medidas adotadas, este trabalho traz os principais resultados desta iniciativa.

2. CONTEXTO INVESTIGADO

Os plásticos são produzidos pelas indústrias petroquímicas (chamadas de segunda geração), e consumidos pelas indústrias transformadoras (terceira geração), que por sua vez fabricam todos os tipos de materiais e embalagens plásticas que usamos no cotidiano. Após o uso, os plásticos podem ainda ser reciclados (quarta geração) e voltar a ser matéria-prima. Em cada etapa dessa cadeia produtiva há perdas, de forma “crônica e difusa”, desde as operações de produção até na transformação e reciclagem (PLASTIVIDA, 2020), cada qual com diferentes características, dentre as quais se encontram os microplásticos.

Segundo NOAA (2018) os microplásticos são partículas plásticas de tamanho igual ou menor que 1-5 mm de diâmetro, equivalente a um grão de gergelim. Conhecidas como *pellets* na indústria, estas dificilmente são filtradas nos tratamentos convencionais de efluentes, e acabam sendo despejadas em oceanos (STROTHMANN *et al.*, 2020).

Parte dessas perdas pode chegar ao ambiente marinho, conforme estudos que apontam *pellets* nas regiões costeiras, sendo as praias e os oceanos os maiores redutos desse material (PLASTIVIDA, 2020). Um exemplo é o estudo sobre o ciclo de vida dos *pellets* e sua forma de disseminação feito por TURRA *et al.*(2014), que realizou um diagnóstico na bacia de Santos/SP, onde se localiza o maior terminal portuário da América Latina. Foram identificadas grandes quantidades de *pellets* em uma região a 2 quilômetros da entrada do canal do porto a uma profundidade média de 2 metros. Os pellets que foram encontrados são de polipropileno (18%) e polietileno (78%).

Dentro do processo produtivo de plástico, os *pellets* geralmente se apresentam com menos de 2.3 mm, e são classificados em subcategorias: oriundas de equipamento de corte (quando em falha no peneiramento); finos e tiras, gerados pelo atrito em tubulações de transporte em altas temperaturas (não adequado); e poeiras, também geradas pelo atrito em tubulações, porém em temperatura adequadas (mas na falha do sistema de sopragem de ar não são destinados aos pontos de coleta adequados).

Segundo posicionamento institucional do próprio setor da indústria dos plásticos (PLASTIVIDA, 2020), a percepção da poluição marinha causada por resíduos plásticos, em todas as categorias, fez com que o setor se posicionasse a fim de tomar ações pertinentes quanto ao tema, levando muitas empresas a desenvolver ações de mitigação.

3. INTERVENÇÃO PROPOSTA: Estudo de caso de uma empresa petroquímica

O presente artigo apresenta as iniciativas adotadas por uma fábrica produtora de polietileno localizada no litoral da região sudeste do Brasil, onde se fazia necessário identificar os pontos do processo que faziam com que os *pellets* se perdessem em canaletas e fossem indevidamente arrastados para o desagüe em corpos d'água.

A metodologia aplicada para desenvolvimento do trabalho incluiu uma coleta de informações, tanto conhecendo o processo produtivo como entrevistando trabalhadores da operação, manutenção, ensaque e outras áreas da unidade fabril; além de observar equipamentos com potencial de perda e identificar pontos de acúmulo de *pellets* no piso. Após a identificação destes pontos, os dados foram analisados com vistas a desenvolver ações de redução das perdas, seja contendo os *pellets* em equipamentos e tubulações, seja impedindo seu descarte nos corpos d'água caso a contenção não seja possível. A seguir este processo é brevemente descrito em cada uma de suas etapas.

a. Questionário estruturado

O primeiro passo para a coleta de informações foi a construção de um questionário aplicado aos trabalhadores de todas as áreas da empresa, a fim de localizar pontos onde os mesmos percebem falhas nas contenções do processo produtivo e perda de produto.

O questionário foi baseado em conceitos de Aaker et al. (2001), levando em consideração o conhecimento do ambiente pelo pesquisador para reduzir perguntas ambíguas, errôneas e que trouxessem informações insuficientes. Desta forma, os passos a serem considerados para elaboração de um questionário foram: planejamento do que será mensurado, definindo o assunto da pesquisa e evidenciando o objetivo aos entrevistados; dar forma decidindo o conteúdo e o formato das perguntas; avaliar o texto das perguntas para que sejam de fácil entendimento e não se tenham dúvidas sobre o que precisam responder; decidir sobre a melhor sequência das perguntas em uma ordem adequada; após redigir o questionário realizar um pré-teste, verificando se faz sentido, se será possível colher as informações para atender os objetivos e, caso necessário, corrigir o formulário a tempo.

A Tabela 01 a seguir apresenta o questionário aplicado aos colaboradores.

Tabela 01: Questionário aplicado aos trabalhadores

#	Questão
1	Nome do respondente
2	Tempo de trabalho na unidade industrial
3	Área de atuação
4	Você já percebeu pellets (resina) no piso/chão ou outros lugares na área de trabalho?
5	Em que local / equipamento você identifica pellets (resinas) no piso?

6	Você tem alguma ideia para eliminar essa condição de algum lugar no seu ambiente de trabalho? Ou para evitar que se espalhe e vá para canaletas?
---	--

As respostas ao questionário, que serão apresentadas no item c, foi de grande valia para identificação de itens ainda desconhecidos e inclusão no roteiro da avaliação de campo e posteriormente nas propostas de melhoria.

b. Avaliação de campo

Com base no conhecimento das áreas, nas respostas ao questionário, foi realizada pelo pesquisador uma avaliação de campo para identificação dos pontos falhos e de vazamento de produtos. Consistindo em uma visita ao processo produtivo, as informações coletadas anteriormente permitiram mais dinamicidade e aproximação dos pontos principais, possibilitando uma maior interação e aprofundamento no questionamento em alcançar locais que não haviam sido analisados.

O levantamento de pontos em campo se deu pela técnica simples de olhar e anotar, gerando dados qualitativos para que posteriormente fossem avaliadas propostas de melhora, conforme será exposto na sequência desse documento.

c. Resultados obtidos pelos questionários

Com a veiculação do questionário o mesmo foi respondido por 17 colaboradores, em caráter optativo e independente. Em relação à pergunta 2, todos são funcionários da empresa e possuem t experiência e vivência na unidade industrial entre 1 e 29 anos, o que possibilitou uma visão ampla e de diferentes percepções. Vale destacar a importância desta diversidade, em função do histórico da unidade e da região onde está situada, no qual já houveram muitos danos ao meio ambiente em função de práticas inadequadas, extremamente diferentes do que temos na atualidade. Já quanto à pergunta 3, dentre os participantes houveram representantes de diferentes setores da empresa, como as áreas de operação, manutenção, laboratório e segurança do trabalho; também variando entre diversas funções, desde técnicos até coordenação.

Para a pergunta 4 a resposta foi “sim” em caráter de unanimidade, o que demonstra a real ocorrência e frequência do problema. O detalhamento desta percepção veio por meio da resposta à pergunta 5, que demonstrou a ocorrência do problema em uma variedade de lugares, conforme demonstrado na Tabela 02 a seguir.

Tabela 02: Locais/ equipamentos onde foram identificados pellets (pergunta 5)

Em que local / equipamento você identifica pellets (resinas) no piso?
Resquícios de pellets na área de entrega de amostras de ensaue
Nos mais variados, principalmente próximo a equipamentos onde é necessário realizar a análise dos pellets para controle de qualidade. Atualmente, pela forma como realizamos o controle, é inevitável eventual queda de pellets no solo
Já percebi a muito tempo atrás, mas hoje os colaboradores têm outra cultura e a atenção e a este item é prioridade
Nas áreas do <i>Mistran</i> e Extrusão
Na área de Extrusão
Na área de Extrusão
Ao redor dos big bags de descarte de varredura e pó
Na área do <i>Mistran</i>
Nas áreas de Ensaue e Produção
Nas áreas do <i>Mistran</i> , Extrusão e Ensaue

Na área de Ensaque, próximo aos palletizadores
Próximo a canaletas, tanques e estação de medição de pressão
Principalmente próximo a Peneira Vibratória e ao Secador Rotativo
Na área do <i>Mistran</i>
No armazém de estocagem, ensaque e eventualmente extrusão e <i>mistran</i> (a limpeza industrial destas áreas são feitas frequentemente, para evitar que a resina se espalhe)
Vazamento de equipamentos e nas telas de contenção das canaletas de reuso de efluentes industriais
Próximo aos silos e entre os silos e o ensaque
Áreas do <i>Mistran</i> e Extrusão

Com essas respostas se pode dar um direcionamento maior do diagnóstico para as áreas mencionadas e uma análise ao redor das mesmas. Além disso, é importante citar uma das respostas, na qual se percebe uma mudança de cultura em curso ao afirmar que “*Já percebi a muito tempo atrás, mas hoje os colaboradores têm outra cultura e a atenção e a este item é prioridade*”, da parte de um trabalhador da área de manutenção.

Já em relação às propostas para solução do problema, dos 17 respondentes 15 apresentaram contribuições, como mostra a Tabela 03.

Tabela 03: Ideias apresentadas para eliminar o problema (pergunta 6)

Você tem alguma ideia para eliminar essa condição de algum lugar no seu ambiente de trabalho? Ou para evitar que se espalhe e vá para canaletas?
Sim, atualmente implementamos proteção nas canaletas e inserimos no roteiro de inspeção para cada turno verificar a presença de resquícios de pellets e atuar na limpeza, outra medida eficaz será o pessoal do ensaque trazer amostras em pallet com contenção;
Existe a possibilidade de aplicar barreiras de contenção para controlar a área de alcance desses pellets. A partir disso, a limpeza tende a ser facilitada. Todavia esta tende a ser uma ação reativa, pois atuamos depois de haver a queda dos pellets. Num cenário ideal, sistemas de controle de qualidade fechados (on line) poderiam eliminar o manuseio de pellets, o que por si só eliminaria o risco de queda dos mesmos.
Focar em cultura e atenção;
Identificar e atuar diretamente na causa raiz e não fazer paliativos, pois com o tempo o problema volta a acontecer;
Instalar um sistema de tratamento de água de reuso antes de enviar para a estação de efluentes e filtrar;
Fazer um estudo e instalar dispositivos de retenção na fonte, onde são gerados;
Sanar os vazamentos na fonte, ou seja, peneiras, tomadoras de amostras, etc. Já estamos trabalhando neste sentido, abrindo as notas de manutenção para eliminar estes desvios;
A solução é eliminar as perdas na fonte, equipamentos etc.;
Limpeza eficaz;
Já temos plano de ação implementados ou a implementar que contribuiriam muito para evitar que os pellets saiam para o Rio, porém para as canaletas do <i>mistran</i> e extrusão somente mesmo a limpeza;
No palletizador é uma condição do equipamento, mas para evitar que se espalhe só com limpeza constante;

Observei que os vazamentos ocorrem em equipamentos e/ou linhas que necessitam de manutenção, o ideal é atuar o quanto antes nestes sistemas quando for identificado anomalias, evitando assim evita a perda de pellets;
O sistema é muito antigo, as tampas e proteções dos equipamentos já não se encaixam perfeitamente deixando brechas e vãos, se faz necessário uma manutenção mais apurada desses componentes;
Aumentar a intensidade da manutenção preventiva, nos equipamentos que tem potencial de gerar esse resíduo por vazamentos;
Aumentar a intensidade da manutenção preventiva, nos equipamentos que tem potencial de gerar esse resíduo por vazamentos;
Mistran - Instalação de um sistema de captação de pó no topo dos tanques de Mistura; Extrusão - Melhoria no sistema de vedação das peneiras de telas da área.

d. Desenvolvimento e propostas de melhoria

Após a coleta de informações em campo, foram identificados diversos pontos que precisam de melhorias. Todas as propostas foram tratadas por uma equipe multidisciplinar dentro da fábrica, contando com integrantes de área operacional, de manutenção, meio ambiente, segurança do trabalho e outros, para que as soluções sejam viáveis e que tivessem implementação bem-sucedida.

Para que se chegasse a um resultado satisfatório de quais ações propostas seguir com tratativas, houve reuniões presenciais e via internet, onde foram discutidas as propostas de cada participante através da ferramenta de *brainstorm*, sendo assim selecionadas as melhores possibilidades.

A Tabela 04 apresenta nas páginas a seguir o resultado deste processo.

Tabela 04: Propostas de melhoria no processo

Situação identificada	Ação proposta	Esforço para conclusão	Imp
Pellets constantes no entorno de Big Bags de armazenamento de subproduto na extrusão	Realocar os Big Bags para um local onde tenham contenção no piso e possibilidade de coleta dos pellets	Alto (Necessário construção de área de contenção para inclusão dos equipamentos dentro)	Alto (Será quan piso cana)
Paletes de insumos no solo em frente a área de extrusão com acúmulo de grande quantidade de pellets ao redor. Os pellets são expulsos via bocal de inserção de aditivos quando aberto, devido soprador do sistema interno.	Modificar sistema de abastecimento de aditivo via transporte pneumático para a linha de produção II a fim de evitar queda de pellets quando aberto bocal de inserção de aditivos que funciona com soprador no sistema.	Alto (Implementar um alinhamento com o sistema pneumático e um ponto de acesso para inserção dos aditivos)	Alto (Será pelle)
Resíduos de pellets provenientes da movimentação dos big bags de subproduto da área de Extrusão/Mistran para o ensaque;	Aquisição de pallet contetor para transporte de sacaria/big bag evitando queda de pellets durante o transporte.	Baixo (O investimento financeiro não é alto e a compra é fácil de ser realizada)	Baix (Qua pelle)
Canaleta de escoamento de água pluvial com resíduos de pellets, possivelmente vindos da área de Extrusão/Mistran.	Verificar e implementar melhorias no sistema de retrabalho de resina (O mesmo é feito por dois trabalhadores, que abrem sacarias e despejam em uma “pia” que devolve o produto ao silo, o trabalho é feito na área do Mistran e caso de queda de resinas no piso,	Baixo (Mudança de formato de realização de atividade, aumento do tamanho da “pia” de transvaze e instalação de base com tela para evitar dispersão de pellets.	Baix (Qua expre acon)

	vai direto a canaletas de escoamento de água).		
Canaleta e tela danificadas na parte lateral, passivo de pó e pellets correntes sem a passagem pela tela de contenção;	Reparar sistema de contenção de pellets (canaleta de saída do Mistran) – Adequar estrutura para encaminhar e reter pellets nos filtros.	Baixo (Mão de obra interna e material de baixo custo, inclusão de serviço na rotina de manutenção)	Alto (Filtro canaleta)
	Incluir na ronda do operador de campo a verificação de integridade das telas uma vez por turno.	Baixo (Já realizada pelo operador de campo. Inclusão de ponto de verificação)	Alto (Ação de pó)
Identificada quantidade relativa de resina e limo, dificultando a verificação completa da integridade das telas de contenção.	Incluir os pontos na sistemática da equipe de limpeza técnica industrial. Criação de rotina.	Baixo Somente necessário redimensionamento de demandas de equipe.	Alto (Comunicação, unidade, passagem de serviço dos filtros)
Presença de finos em toda área do captador de pó.	Recuperar selagem do captador geral de pó;	Alto	Alto
	Recuperar pistões do captador geral de pó;	Alto	Alto
	Recuperar as vedações das bocas de visita do captador;	Alto	Alto
	Aquisição de aspirador de pó para limpeza do ensaque.	Alto	Alto
Pellets presentes na porta de entrada/saída do ensaque e grades das canaletas na região com contaminantes de finos, obstruídas ou danificadas.	Colocar dispositivo de contenção de pellets nas portas para evitar a saída de poeiras de finos e pellets do armazém de ensacamento.	Baixo (Inserir protetores nas portas, vedação ao redor e rodapé)	Baixo (Qualidade de produto)
	Projeto de redução de varreduras no ensaque	Alto	Alto

<p>Pellets no chão ao entorno das linhas de ensaque HB 201 e HB 101; Grande quantidade de finos na área do Elutriador e balanças</p>	<p>(Identificação de pontos falhos no processo de ensacamento, que despejam pellets ao piso, sendo assim diminuirá a necessidade de coleta pelo ato de varrer).</p>	<p>(Instalação de um sistema de vacuostato (medidor e bloqueador de vácuo) e sensores).</p>	<p>(Redu varre</p>
	<p>Substituição da matriz da linha de produção II (geração de aparas e micro pellets) Matriz é o equipamento que determina o tamanho (diâmetro) do pellet para que a massa seja cortada em dimensões adequadas, com esse equipamento danificado há geração excessiva de micropellets, com isso pós e fitas.</p>	<p>Alto (Será necessária a substituição da matriz, equipamento não encontrado à venda, sendo assim, necessário retíficas e fabricação dedicadas o que envolve investimento e tempo.</p>	<p>Alto (A g cons reduz aprox matr de op</p>
	<p>Redução na temperatura do ar de transporte (De 55° C para 40°C) A temperatura do ar influencia na geração de fitas, pois com o produto mais aquecido o mesmo fica mais mole e com isso a probabilidade de ser “arranhado e desfeito” durante o arrasto nas tubulações é maior.</p>	<p>Alto (Necessário o aumento da área de troca termina no trocador de calor direcionado ao ar de serviço)</p>	<p>Alto (Com redu diret men geraç</p>
	<p>Aumento e eficiência nos elutriadores (alteração sopradores). Nos elutriadores os pellets são soprados imediatamente antes de cair nas balanças para pesagem e inclusão em sacarias para venda, esse processo gera microplásticos tão pequenos que são vistos e</p>	<p>Alto Necessário soprador de ar ao Elutriador mais potente (com isso 100% do pó irá ao captador e não ao ambiente).</p>	<p>Alto Será cons</p>

	aglomerados em forma de poeira, para evitar que isso vá ao cliente, deve ser limpo, sendo assim soprado e grande quantidade vai ao ambiente.		
	Redução da vazão de ar transporte da extrusão para silos Quanto menor a vazão de transporte o produto é encaminhado pelas tubulações de maneira a gerar atritos menores ou mais brandos, sendo assim as lascas que com grande velocidade são geradas facilmente, passam a ter menos ocorrências.	Baixo Somente necessário a troca de uma polia nos sopradores, equipamento de fácil aquisição e baixo custo.	Alto Redu de fi veloc
	Jateamento das linhas de transporte pneumático Necessário criar rugosidade nas tubulações, sendo assim os pellets quicam nas tubulações. Quanto mais o pellet deslizar nas tubulações a formação de fitas é maior.	Alto Remoção das tubulações em locais de difícil acesso. Mão de obra e serviços longos.	Alto Dimi geraç
	Alteração na tela das peneiras vibratórias da extrusão Com isso se exclui o micropellet, que é o maior gerador de fitas, devido seu tamanho o mesmo tem uma possibilidade de arrasto maior e mais suscetível a alterar forma devido temperatura.	Baixo Somente necessário a troca da tela das peneiras, item de fácil aquisição e substituição em campo.	Baix O pr micr matr uma
	Instalação de ciclones antes do captador de pó	Alto	Alto

	O ciclone é um equipamento que tem como função separar o pó de polietileno da corrente de ar, através de um turbilhão de ar que sugará somente particular mais leves.	Compra de equipamento (ciclone) e alterar o escopo de tubulações e instalações físicas.	Evita Elutramb
Laterais abertas no armazém de produtos acabados e expedição	Instalar telas nas aberturas laterais.	Baixo	Alto Evita pelle
Bacia de decantação de água reutilizada, sem telas, no processo o seu Over Flow (transbordador para demais bacias).	Instalar telas no Over Flow da bacia de reuso para conter os pellets que são empurrados do processo para a bacia e que eles evitem seu retorno ao processo, podendo ir a canaletas.	Baixo	Alto
Vulnerabilidade na primeira barreira (pellets passando) de contenção antes do desague para o rio.	Instalar segundo sistema de contenção na saída de efluentes da unidade industrial	Baixo (Tela de fácil instalação e baixo custo, produção interna, pela manutenção da unidade)	Alto (Gar de pe últim
Necessidade de engajar todos os trabalhadores para que eles evitem perdas de contenção.	Divulgação do plano a todos integrantes e parceiros da fábrica	Baixo (Palestras com meios visuais, gráficos e com a voz falada)	Alto (Qua maio nova
Nos arredores do ensaque (área externa próxima a saída) foi identificado grande quantidade de pellets no solo e em canaletas.	Selagem das portas e manutenção de limpeza sistemática até conclusão de ações no processo para redução de finos e fitas (ações mencionadas nos problemas anteriores).	Baixo	Baix
Na área interna do ensaque com pellets no chão ao entorno das linhas de ensaque.	Instalação de bandejas de contenção abaixo de equipamentos com perdas crônicas de pellets	Baixo	Baix

Na área interna do ensaque foram identificados muitos finos e fitas, próximos ao piso dos elutriadores.	Limpeza sistemática até conclusão de ações no processo para redução de finos e fitas (ações mencionadas nos problemas anteriores).	Baixa	Baix
Na área interna do ensaque foram identificadas aberturas nas laterais para saída de águas com resquícios de pellets	Reforma do escoamento de água (direcionar todo escoamento de água para um único ponto a fim de que possa ter filtro).	Baixo	Baix
Na área de expedição foi identificado piso com pellets em fendas (arraste por empilhadeiras)	Limpeza sistemática até melhoria das condições do piso, para evitar o acúmulo nesses pontos e disseminação.	Baixo	Baix
Na área externa ao laboratório de controle de qualidade balcão de recebimento de sacarias sem contenção (pellets podem cair direto no piso)	Instalação de bordas na área de recebimento de sacarias para coleta de pellets que possam vazar das sacarias	Baixo	Baix

Para caracterizar a fonte do problema de forma mais clara, as propostas foram divididas em categorias, conforme Gráfico 1.

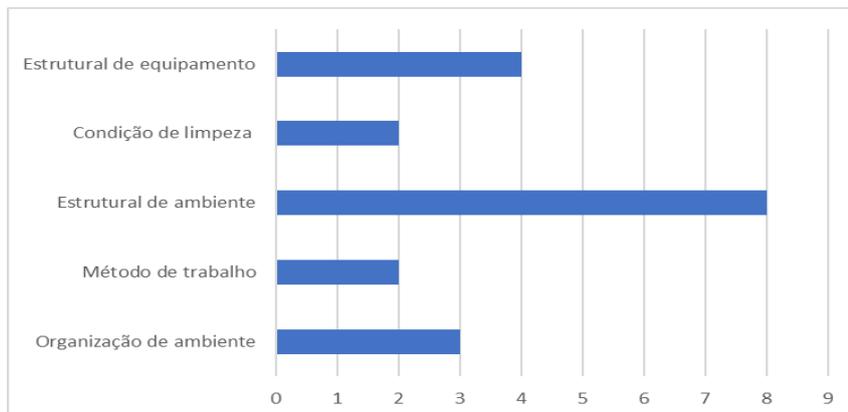


Gráfico 1: Categorias de expurga de microplásticos para o ambiente

A categoria com maior quantidade de identificações foi a de condições “estruturais de ambiente”, relativa às condições das estruturas físicas da fábrica de modo geral - como pisos com fendas, canaletas danificadas, necessidade de filtros e peneiras em canaletas, etc. São situações de má condição que permitem a saída de *pellets* que caem ao chão por falhas no processo e permitem que possam chegar a corpos d’água antes de serem recolhidos.

Em segundo encontra-se a categoria de “estrutura de equipamentos”, nas quais foram listados problemas de contenção dos equipamentos ou em sua lógica de trabalho, bem como condições de tubulações ou ajustes nos equipamentos - como manutenções e parâmetros de operação automática para que fosse evitado a formação de microplásticos em suas diversas formas, bem como a sua expurga indesejada ao piso e solo da área industrial.

Na categoria de “organização de ambiente” se percebeu que ao mudar a forma de acondicionar itens se favorecia um melhor desempenho e menor possibilidade de perda por falha na colocação de material nos pontos de despejo ou de uso, ações simples que não requerem investimentos, mas que trariam retornos proporcionalmente adequados.

Nas duas categorias restantes foram identificadas condições similares, que dependem apenas da atuação humana, sendo de possível reversão com treinamento, mudanças de atitudes e formas de trabalho, cuidados em execução e critérios mais incisivos de administração.

Ao avaliar cada uma dessas condições, foram propostas as 30 ações apresentadas na Tabela 04, com a tentativa de mitigar e até eliminar a expurga de *pellets* para o ambiente, e quando não possível ações para que os mesmos fossem contidos dentro dos limites da empresa para posterior recolhimento.

e. Resultado das ações implementadas

Com a evolução e andamento dos trabalhos, foram implementadas 26 das 30 ações propostas, representando 92% do total. De forma a avaliar o sucesso da iniciativa, foi realizado um processo de análise quantitativa dos ganhos em relação à redução das perdas em solo ou geração de microplásticos como os finos e tiras. Os gráficos a seguir apresentam os resultados antes (2019) e depois (2020) das medidas, em toneladas de produto perdido por ano.

Na área de ensaque, o processo contempla a recolha de todo produto que é despejado ao piso, denominado como “varredura”. Após a coleta e pesagem o mesmo é comercializado, porém como um produto de segunda linha, uma vez que há perda de características essenciais, perdendo valor comercial. O Gráfico 2 mostra a redução na geração de pellets do tipo “finos e

tiras”, que chegou a 11,11 t/ano no período (cerca de 20%). Já o Gráfico 3 mostra a redução na “varredura” da área de ensaque, com redução de 9,91 t/ano (cerca de 30%).

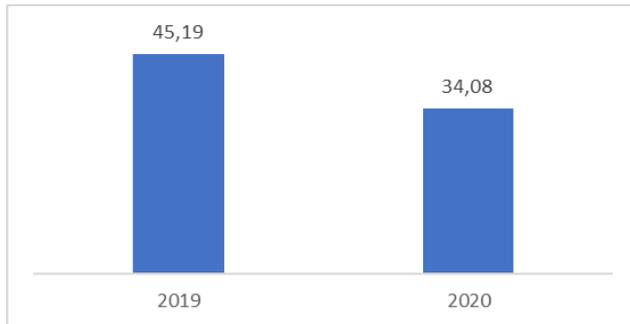


Gráfico 2: Resultado de geração de finos e tiras (t/ano)

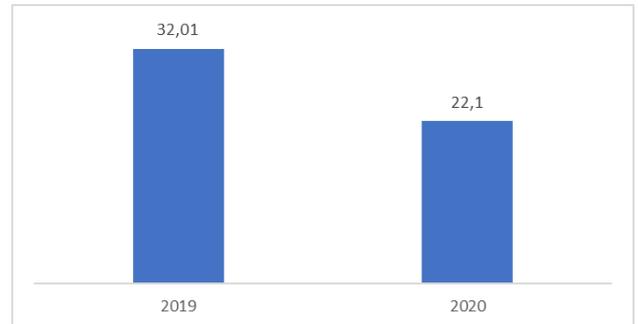


Gráfico 3: Resultado de geração de varredura da área de ensaque (t/ano)

Além destes resultados, por si já bastante significativos, foram também minimizadas as reclamações de clientes por presença de finos e tiras em sacarias, trazendo benefícios adicionais à empresa para além do retorno financeiro pela possibilidade de venda dos *pellets* como produtos de segunda linha, além do objetivo principal de mitigação dos microplásticos no ambiente.

Outro resultado importante foi a “varredura” da área produtiva, ilustrado no Gráfico 4 abaixo, no qual se mostra um aumento de 24,97 t/ano (cerca de 30%). Neste caso embora se perceba uma maior perda de material de primeira linha, o aumento da “varredura” representa o resultado de ações de contenção nas canaletas, coletas, limpezas, o qual conseguiu captar uma quantidade maior de produtos que seriam destinados ao efluente.

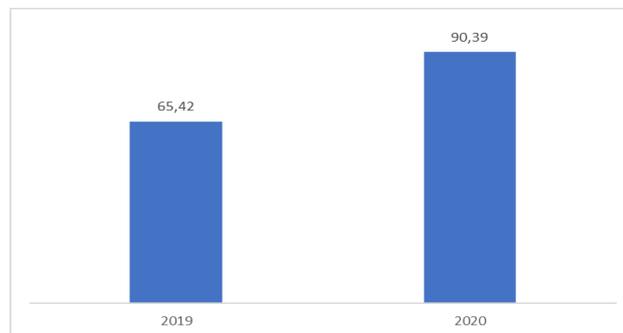


Gráfico 4: Resultado de geração de varredura da área de processos produtivos (t/ano)

Por fim, também foram instaladas barreiras nas saídas de efluentes da unidade industrial, a última possibilidade de recuperar *pellets* antes de direcionamento para descarte no rio. Nas coletas realizadas foi identificado que houve redução da quantidade de microplásticos que ali chegavam, conforme demonstrado no Gráfico 6, ao ponto que as ações dentro das canaletas da área industrial foram sendo implementadas, reiterando a efetividade nas ações implementadas.

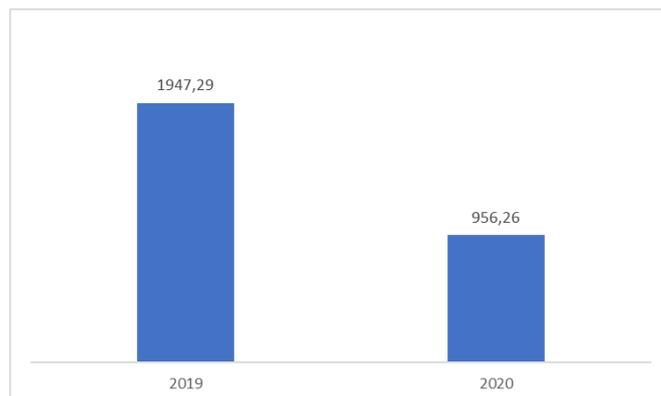


Gráfico 6 – Resultado de geração de varredura no ponto de saída de efluente (t/ano)

Em relação aos trabalhadores da empresa, e de empresas que prestam serviços dentro da área, foi percebido que os mesmos melhoraram sua consciência sobre o tema, e ajudaram a evitar o despejo. Da mesma forma quando ocorre ou se percebem situações deste tipo, agora estas são notificadas, e estes pedem apoio a suas lideranças para que seja tomada uma atitude para eliminação do problema. Esse comportamento vem do reflexo da ação das lideranças para com o tema, com metas de redução de perdas, além das intervenções em treinamentos e palestras.

4. CONTRIBUIÇÃO TECNOLÓGICA- SOCIAL

Com o estudo e desenvolvimento desse trabalho se percebeu que a problemática dos microplásticos é muito ampla, e um tema ainda em estudo por especialistas ao redor do mundo. Porém, também fica claro que cada pessoa ou empresa pode atuar dentro do seu âmbito de influência para reduzir a emissão desses materiais ao meio ambiente. Dentro da indústria, especificamente, o esforço é necessário e fica evidente que muitas vezes com ações simples já é possível obter resultados positivos em prol eliminação de perdas plásticas para os efluentes.

Em relação ao estudo de caso, os resultados das ações implementadas se devem à análise pela equipe multidisciplinar da empresa, que apoiou esse trabalho com ideias que foram eficazes e geraram resultados positivos. Sendo com medidas de investimento em melhorias nos processos e equipamentos, ou apenas com a atuação administrativa e de conscientização, foi possível uma reversão importante das perdas dentro da unidade industrial em estudo.

Em decorrência da mensuração dos resultados foi interessante ver a quantidade de melhorias aplicadas e os resultados gerados através delas, inclusive com retorno financeiro à empresa. Restou também a percepção de que muito ainda pode ser feito em relação à melhorias na eliminação da geração dos microplásticos, anteriormente à contenção, sendo que neste caso se ampliam os resultados de melhorias no processo, os ganhos financeiros e a produtividade.

Todas as medidas implementadas nesse estudo podem servir como base para empresas com estrutura e equipamentos similares, que apresentem deficiências de mesma ordem, principalmente nas indústrias produtoras de resinas termoplásticas e de transformação, onde a perda de microplásticos ao ambiente seja um desafio para a melhoria de seu desempenho ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAKER, D. A.; KUMAR, V.; DAY, G.S. **Marketing Research**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2001.

NOAA – NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **What are microplastics?** Pagina Internet institucional. Disponível em <https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html>. Acesso em 12/11/2020.

PLASTIVIDA – INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL DE PLÁSTICOS. **Manual do Programa Pellet Zero**. São Paulo: Plastivida, 2020.

STROTHMANN, P.; SONNEMANN, G.; MAGA, D.; THONEMANN, N. **Linking the life cycle inventory and impact assessment of marine litter and plastic emissions**. *In*: Workshop Report. Berlim, 2020.

TURRA, A.; MANZANO, A.B.; DIAS, R.J.S.; MAHIQUES, M.M.; BARBOSA, L.; BALTHAZAR-SILVA, D. & MOREIRA, F.T. Three-dimensional distribution of plastic pellets in Sandy beaches: shifting paradigms. **Scientific Reports**. São Paulo: Instituto de oceanografia da Universidade de São Paulo, 2014.