

ESTUDO DE CASO: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM UMA EMPRESA DO RAMO METALÚRGICO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.II-008>

Gabrielle Machado Ferreira (*), Nádia Teresinha Schröder 2, Renata Farias Oliveira 3

* Universidade Luterana do Brasil, eng.gabrielleferreira@gmail.com

RESUMO

O gerenciamento de resíduos em uma empresa do ramo metalúrgico é essencial para minimizar impactos ambientais e garantir a sustentabilidade. Há algumas práticas e estratégias que precisam ser adotadas para que o ambiente possa ser beneficiado: classificação dos resíduos; redução na fonte propondo processos mais eficientes e resíduo de materiais; estabelecer programas de reciclagem e parcerias, tratamento de resíduos perigosos e processos de neutralização; treinamento e capacitação de funcionários e conscientização; monitoramento e avaliação com as auditorias ambientais e relatórios de desempenho; cumprimento de normas e regulamentações e o uso de novas tecnologias e análise do ciclo de vida. Dessa forma, ao implementar essas possíveis estratégias, a empresa pode melhorar seu desempenho ambiental, reduzir custos e atender à demanda crescente por práticas sustentáveis. Neste contexto, esta pesquisa trata-se de um estudo de caso do gerenciamento de resíduos sólidos em uma indústria metalúrgica, visando cumprir as regulamentações ambientais e promover a sustentabilidade. Foi realizado uma análise abrangente do gerenciamento de resíduos da indústria e proposto estratégias sustentáveis para melhorar suas práticas. A metodologia incluiu o diagnóstico da geração de resíduos no processo fabril, propôs adequações do gerenciamento de resíduos para a empresa e a avaliação de custos antes e depois das adequações. Os resultados indicaram que as estratégias propostas não apenas minimizaram os impactos ambientais, mas também fortaleceram a responsabilidade ambiental da empresa no contexto industrial, ao mesmo tempo em que proporcionaram uma redução significativa nos custos de descarte.

PALAVRAS-CHAVE: gerenciamento de resíduos; produção mais limpa; indústria metalúrgica; estratégias sustentáveis.

INTRODUÇÃO

O período da Revolução Industrial desencadeou uma intensa degradação ambiental devido à exploração desenfreada dos recursos naturais, uma preocupação amplamente discutida na literatura (DIAS, 2011). Esse cenário realça a importância de se repensar as práticas industriais em termos de sustentabilidade e gestão responsável dos resíduos.

No contexto brasileiro, especialmente para pequenas e médias empresas, a busca por projetos inovadores e sustentáveis tornou-se imperativa para se manterem competitivas e atenderem às demandas dos consumidores em um mercado complexo e em constante evolução (RUTHES; CERETTA; RUTHES, 2006). A administração sob essas circunstâncias exige não apenas eficiência econômica, mas também sensibilidade com as questões ambientais e sociais.

A geração de resíduos sólidos é uma realidade intrínseca a praticamente todas as atividades humanas, variando em quantidade e composição conforme fatores como nível de educação ambiental, localização geográfica, densidade populacional e setor econômico (FRAGOSO, 2019). A indústria metalúrgica gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos. A sua gestão adequada é fundamental para a sustentabilidade do setor e para o cumprimento das regulamentações ambientais. De acordo com o Grupo Opersan (2021), estratégias inovadoras e sustentáveis para o gerenciamento de resíduos na indústria metalúrgica, não apenas minimizam os impactos ambientais, mas também podem levar a economias significativas, melhorando a eficiência e a competitividade da empresa.

OBJETIVO

Este estudo, visando atender à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei 12.305/2010), trata-se da análise da geração de resíduos em uma empresa do setor metalúrgico. Após o diagnóstico, houve proposições de alternativas para reduzir a quantidade de resíduos gerados, e que abordem o processo de maneira ecologicamente correta e economicamente sustentável. Neste contexto, este trabalho buscou contribuir para a construção de práticas industriais alinhadas com a proteção ambiental, além de buscar a excelência operacional e competitiva.

METODOLOGIA

1. Caracterização da Área de Estudo

A empresa da qual trata-se este estudo de caso foi fundada em 1989, com três décadas de atuação adquiriu seu reconhecimento no mercado como fornecedora de peças usinadas e conjuntos soldados para diversos setores da indústria. Tem como missão fornecer soluções em serviços de usinagem e sempre se manteve atenta em oferecer um ambiente de trabalho apropriado. A força de trabalho oscila entre 150 e 200 funcionários, com turnos de trabalho de 24/7 em 3 turnos (segunda à sexta com sábados alternados) e fabrica mais de 1000 peças diferentes com usinagem em processos que variam de acordo com o produto.

A fase inicial deste estudo envolveu a caracterização de uma empresa do ramo metalúrgico, a fim de compreender seus processos produtivos e fluxos operacionais. O processo de usinagem, central na fabricação de peças, é onde ocorre a maior geração de resíduos e por isso tem mais oportunidades para intervenção. O processo de usinagem, predominantemente realizado é composto por máquinas CNC e dividido em diversas etapas (recebimento da matéria-prima até a produção da peça finalizada). Na Figura 1 é possível visualizar o fluxograma do processo fabril da área de estudo.

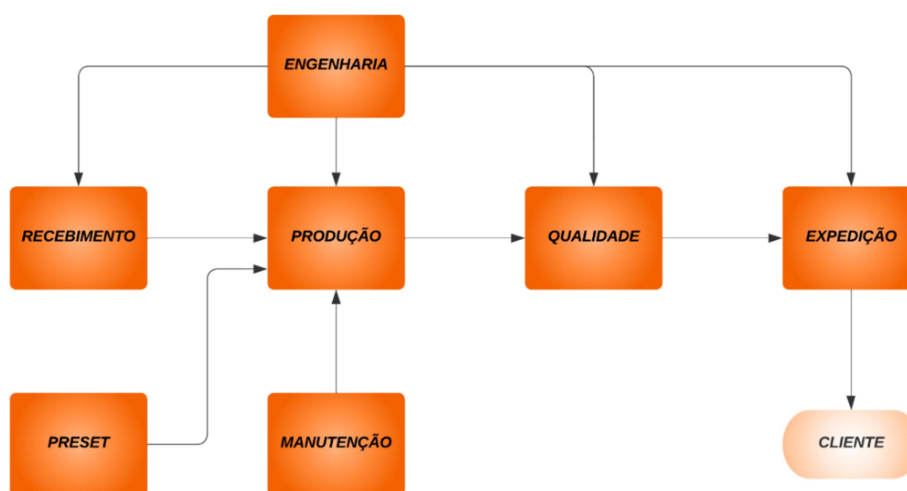


Figura 1: Fluxograma do Processo Fabril. Fonte: Autor do Trabalho

O ciclo inicia-se com o recebimento da matéria-prima, que pode ser composta por diversos tipos de aço, variando de acordo com as especificações das peças a serem produzidas. A seleção do material é determinada pela natureza da peça e seus requisitos de qualidade. O Departamento de Recebimento assegura que a matéria-prima correta seja designada à máquina, garantindo a qualidade do produto final. Na etapa de produção, as máquinas CNC desempenham o papel principal. Para cada peça solicitada pelo cliente, é realizada uma avaliação minuciosa das ferramentas e da matéria-prima necessárias para a produção. A programação da máquina é feita com precisão, adaptando-a às especificações da peça. A inserção da matéria-prima na máquina e a operação da CNC são de responsabilidade dos operadores, que devem possuir conhecimento técnico para executar as etapas de forma precisa. O processo de usinagem, especialmente a injeção de óleo para lubrificação, é crítico para o desempenho das máquinas e a qualidade da peça produzida.

Após a conclusão do processo de produção das peças, estas são submetidas a avaliação no Setor de Qualidade, assegurando a conformidade com os padrões estabelecidos. Uma vez aprovadas, as peças são direcionadas para o Setor de Expedição, onde são devidamente embaladas e acondicionadas em caixas adequadas. Esse processo de carregamento e preparação das caixas visa garantir a integridade das peças durante o transporte até o cliente final.

O Setor de Manutenção desempenha um papel importante nesse cenário. Além de ser responsável pela manutenção das máquinas e equipamentos, gerencia os óleos utilizados na fábrica. Também são encarregados de controlar a concentração e qualidade dos óleos, incluindo sua limpeza e pH do produto na máquina.

2. Diagnóstico da Geração de Resíduos no Processo Fabril

Os dados sobre os Manifestos de Transporte de Resíduo (MTR) feitos pela empresa foram coletados no site FEPAM, que fornece informações. Além disso foi realizado acompanhamento *in loco*. A base desse diagnóstico foi a partir da coleta de dados na empresa, que incluiu a identificação dos tipos de resíduos gerados, suas quantidades, composições e pontos críticos de geração de resíduos no ambiente fabril. Estes pontos foram mapeados no processo, identificando áreas ou etapas que geram volumes significativos de resíduos ou que apresentam características que demandam atenção especial no manejo.

O levantamento compreendeu a identificação dos tipos de resíduos produzidos ao longo das etapas de produção, incluindo materiais como sucata de ferro, efluente líquido, resíduos eletrônicos e outros subprodutos. Além disso, foram registradas as quantidades de resíduos gerados, com a finalidade de avaliar as alternativas disponíveis para seu gerenciamento.

3. Proposição para Adequações de Gerenciamento de Resíduos

Com base no diagnóstico da geração de resíduos e nas informações contidas nas planilhas de controle, foi possível identificar áreas de intervenção e propor alternativas direcionadas para a redução de resíduos sólidos na empresa metalúrgica. Diversos fatores foram levados em consideração, como a seleção adequada de materiais, a adoção de tecnologias mais eficientes e a melhoria na gestão dos óleos utilizados nas máquinas. Tabelas e gráficos foram empregados para visualizar as mudanças ao longo do tempo, tanto na geração de resíduos quanto nas despesas ambientais associadas. Essa abordagem permitiu a avaliação dos resultados alcançados.

4. Avaliação de Custos Antes e Depois das Aplicações

Nesta etapa, foi realizada uma análise dos custos associados ao gerenciamento de resíduos antes e após a implementação das propostas de adequação. A análise considerou os gastos com transporte e destino das coletas de resíduos, o custo do óleo solúvel utilizado nas máquinas CNC e o valor obtido com o descarte da sucata.

Os dados dos anos de 2021, 2022 e até metade de 2023 foram comparados. Esta análise permitiu avaliar a eficácia das medidas implementadas em termos de redução de custos. A comparação dos custos antes e depois da implementação das propostas de adequação forneceu uma visão clara do impacto financeiro das mudanças propostas.

RESULTADOS

1. Diagnóstico da Geração de Resíduos no Processo Fabril

O diagnóstico detalhado da geração de resíduos sólidos e rejeitos na empresa metalúrgica, com base nos dados coletados e analisados do ano 2021, antes das propostas de adequações é apresentado no Quadro 1. Foi realizado o levantamento quantitativo de resíduos gerados por setor.

Após o diagnóstico foi realizada classificação dos resíduos de acordo com sua composição química disponível nas FISPQs e NBR 10004/2005. Dentre os resíduos identificados, as embalagens e os sólidos contaminados por terem entrado em contato com óleos utilizados na produção, como o óleo refrigerante, foram classificados como classe I. Além disso, a emulsão oleosa, apesar de não ser apenas descarte de fluido de corte utilizado, é classificada como perigosa de acordo com a Resolução CONAMA nº 362/2005, devido à presença do óleo refrigerante. Neste sentido, se faz necessário utilizar tecnologia de tratamento de efluentes para que a emulsão oleosa esteja dentro dos parâmetros do órgão fiscalizador responsável. Em 2021 foi observado que a empresa gerou mais resíduos classe I do que classe IIB. Assim sendo, o gerenciamento de resíduos da classe I deveria ser um dos focos para a empresa, pois provavelmente poderia estar ocorrendo mistura de resíduos Classe I com aqueles que poderiam ser classificados como Classe II. Quando ocorre a mistura de resíduos de classes diferentes (I e II), todos os resíduos adquirem as características químicas da classe I e, conseqüentemente, devem ser classificados e tratados como tal. Isso resulta em um aumento na quantidade total de resíduos da classe I que a empresa precisa gerenciar, o que pode ter implicações significativas em termos de custos. Além disso, os resíduos de cavaco de aço e efluente líquido foram maiores comparados aos outros resíduos, indicando que esses dois tipos de resíduos poderiam ser áreas-chave para a implementação de estratégias de redução. Os setores de Produção e Manutenção foram identificados como os maiores geradores de resíduos e, então, poderiam ser alvos prioritários para intervenções de redução.

Quadro 1: Diagnóstico de Resíduos do ano de 2021

Resíduo	Quantidade Total	Origem dos Resíduos	Classe
Documentos Sigilosos	1,189 t	Administração	IIB
Sucata de ferro	400,69 t	Produção	
Eletrônicos	0,18 t	TI	
Embalagens Contaminadas	2,31 t	Manutenção	I
Lâmpadas	43 un		
EPI	0,435 t	Segurança do Trabalho	
Emulsão Oleosa	218,42 m ³	Produção	
Sólidos Contaminados	4,542 t	Manutenção	
		Limpeza	

As empresas envolvidas na cadeia de gerenciamento de resíduos, do transporte a destinação final foram analisadas. No Quadro 2 estão indicadas as empresas que faziam parte deste gerenciamento ano de 2021 e é possível visualizar a descrição dos resíduos, considerando-se, também, as empresas de transporte e destino identificadas nos documentos de MTR. A partir deste diagnóstico de 2021, foi possível observar que somente os resíduos de documentos sigilosos e EPI têm empresas em comum, indicando uma descentralização do gerenciamento de resíduos.

Quadro 2: Empresas Envolvidas no Gerenciamento de Resíduos no ano de 2021

Resíduo	Quantidade Total	Empresa Transporte	Empresa Destino
<i>Empresas Antigas</i>			
<i>Documentos Sigilosos</i>	1,189 t	Empresa RV ²	Empresa RV ²
<i>Sucata de ferro</i>	400,69 t	Empresa E ³	Empresa E ³
<i>Eletrônicos</i>	0,18 t	Empresa J ¹	Empresa J ¹
<i>Embalagens Contaminadas</i>	2,31 t	Empresa BN ¹	Empresa BN ¹
<i>EPI</i>	0,435 t	Empresa RV ²	Empresa RV ²
<i>Sólidos Contaminados</i>	4,542 t	Empresa S ²	Empresa ET ²
<i>Lâmpadas</i>	43 un	Empresa RX ²	Empresa RX ²

Legenda: ¹Descarte isento de custo; ²Descarte com custo; ³Descarte com retorno financeiro.

Neste período havia empresas que estavam em processo de transição no ano de 2021. O termo “empresas em transição” refere-se a situação de encerramento dos serviços prestados por determinada empresa (Empresas SF e NM) e outra empresa está sendo introduzida para assumir suas funções (Empresas B e F). No Quadro 3 é possível identificar o detalhamento das mudanças nas empresas de destinação de emulsão oleosa ao longo de 2021. Até novembro, a empresa em estudo mantinha contrato com a empresa NM para o descarte de emulsão oleosa. No entanto, devido a questões legais e financeiras, houve uma mudança em dezembro para a empresa F.

A empresa SF, que era a responsável pelo transporte de emulsão oleosa, estava alterando o código IBAMA utilizado nas MTRs (Manifesto de Transporte de Resíduos), feito no site da FEPAM. Esta alteração do código resultou no envio de emulsões oleosas para uma empresa de destino que não possuía licença para o descarte deste tipo de resíduo. A empresa não estava ciente desta situação, pois o valor era cobrado integralmente pela empresa de transporte. Esta prática não só viola as normas ambientais, mas também coloca em risco a reputação e a responsabilidade legal da empresa.

A empresa F, com sua tecnologia de tratamento de efluentes, cumpre com a PNRS. Este processo é consideravelmente mais tecnológico do que o da empresa NM. A empresa F utiliza um tambor rotativo que realiza um processo de separação sólido-líquido. O líquido, já com uma menor concentração de contaminantes, é tratado para ficar dentro dos parâmetros da legislação. Enquanto isso, a parte sólida extraída é enviada para o coprocessamento. Portanto, a decisão de mudar para a empresa F foi tomada para garantir a conformidade legal e a gestão adequada dos resíduos.

É importante observar que, apesar da mudança de empresas ter ocorrido somente em dezembro, houve uma coleta de 14,25 m³ de emulsão oleosa em um curto período. Isso pode indicar um aumento na produção de efluentes pela empresa no mês de dezembro.

Quadro 3: Empresas em Transição de 2021

Resíduo	Quantidade Total	Transporte	Destino
<i>Empresas em Transição</i>			
Emulsão Oleosa	204,17 m ³	Empresa SF ¹	Empresa NM ¹
	14,25 m ³	Empresa B ¹	Empresa F ¹

Legenda: ¹Descarte com custo.

Nas indústrias metalúrgicas em geral, dezembro é o mês em que muitas máquinas estão paradas e muitos funcionários estão de férias. Como a empresa trabalha com pedidos de peças de acordo com a necessidade do cliente, este é o período com menos pedidos, uma vez que muitas outras empresas também entram em recesso. Sendo assim, dezembro é o momento ideal para a limpeza das máquinas CNC e a adequação da área de trabalho dos funcionários. Isso evita problemas de saúde relacionados ao uso de óleo fora de especificação ou com concentração inadequada, e também evita problemas de qualidade nas peças. Nesse contexto, a maior geração de resíduos em dezembro pode ser atribuída a essas atividades de limpeza e manutenção. A mudança de óleo foi realizada devido a alterações no pH e no índice de refração.

As tecnologias utilizadas para o descarte de resíduos em 2021, antes que qualquer mudança fosse implementada foram analisadas. Este ano serviu como uma linha de base para avaliar o impacto das alterações subsequentes na gestão de resíduos da empresa. No Quadro 4 é possível identificar o detalhamento das tecnologias utilizadas para o descarte de

resíduos em 2021, fornecendo um ponto de partida para a comparação do antes e depois das mudanças implementadas nos anos seguintes. As empresas listadas são licenciadas para receber diferentes tipos de resíduos, cada um com suas próprias classificações e métodos de descarte.

É interessante notar que a empresa BN, apesar de lidar com resíduos perigosos, é capaz de reciclar esses resíduos devido a uma licença especial que permite a lavagem dessas embalagens para a remoção do produto perigoso (Classe I). Por outro lado, a empresa NW, que tinha características técnicas semelhantes à empresa F, foi retirada devido a questões legais explicadas anteriormente no trabalho.

Quadro 4: Tecnologias utilizadas pela empresa para descarte em 2021

Empresa	Resíduo	Classe	Tecnologia Utilizada
BN	Embalagens Contaminadas	I	Reciclagem
ET	Resíduos Sólidos Contaminados	I	Triagem com armazenamento
RV	EPI	I	Triagem com armazenamento
RV	Documentos sigilosos	IIB	Triagem com armazenamento
F	Efluente	I	Tratamento de efluentes
NW	Efluente	I	Tratamento de efluentes
E	Sucata de aço	IIB	Reciclagem
J	Eletrônicos	IIB	Reciclagem
RX	Lâmpadas	I	Descontaminação de lâmpadas

2. Propostas de Adequações de Gerenciamento de Resíduos Para a Empresa

As empresas utilizadas para o descarte e suas tecnologias foram avaliadas ao longo dos anos de 2022 e 2023. Essa avaliação resultou em melhorias no gerenciamento de resíduos da empresa em estudo. Essas melhorias foram implementadas com o objetivo de otimizar o processo de descarte de resíduos, reduzir o impacto ambiental e garantir a conformidade com as regulamentações legais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), Resoluções do CONSEMA (372/2018), e Resoluções do CONAMA (237/1997; 362/2005; 430/2011). Após o diagnóstico realizado em 2021, foram propostas várias alternativas que começaram a ser implementadas em 2022. Estas alternativas foram avaliadas de acordo com os dados levantados. A apresentação destes dados permitiu uma comparação direta com os resultados do ano anterior, possibilitando uma avaliação do impacto das medidas implementadas (Quadro 5).

Quadro 5: Análise das Adequações realizadas em 2022

Transporte	Destino	Resíduo	Quantidade	Origem	Classe
Empresas Antigas					
E ³	E ³	Sucata de alumínio	1,445 t	Produção	IIB
E ³	E ³	Sucata de ferro	459,03 t	Produção	IIB
C ¹	C ¹	Vidro	0,02801 t	Limpeza	IIB
C ¹	C ¹	Eletrônicos	0,192 t	TI	IIB
BN ¹	BN ¹	Embalagens Contaminadas	1,679 t	Manutenção	I
RV ²	RV ²	EPI	0,165 t	Segurança do Trabalho	I
C ¹	C ¹	Sólidos Recicláveis	1,048 t	Produção	IIB
RV ²	RV ²	Lâmpadas	18 un	Manutenção	I
S ²	ET ²	Sólidos Contaminados	0,842 t	Produção	I
B ²	F ²	Emulsão Oleosa	269,45 m ³	Manutenção Limpeza	I
Empresas Novas					
R ²	R ²	Documentos Sigilosos	0,9275 t	Administração	IIB
B ²	B ²	Madeira	1,69 t	Expedição	IIB
R ²	R ²	Madeira	4,567 t	Expedição	IIB
N ³	N ³	Sucata de pontas	36,109 t	Produção	IIA
G ³	G ³	Sucata de ferro	1,520 t	Produção	IIA
B ²	B ²	Sólidos Contaminados	8,2785 t	Produção Manutenção Limpeza	I

B ²	B ²	EPI	0,3375 t	Segurança do Trabalho	I
RV ²	RV ²	Sucata de nylon	0,123 t	Produção	I
B ²	B ²	Sucata de nylon	0,01 t	Produção	I
RS ²	P ²	Solo Contaminado	4,35 t	Produção	I

Legenda: ¹Descarte isento de custo; ²Descarte com custo; ³Descarte com retorno financeiro.

Em 2022, a empresa passou por mudanças significativas em suas práticas de gerenciamento de resíduos. A operação realizada em três turnos gerou um aumento da produtividade e, conseqüentemente, geração de resíduos, principalmente no Setor de Produção. Além disso, houve uma mudança nas quantidades dos resíduos gerados, com a empresa produzindo mais resíduos da Classe II do que da Classe I, uma inversão em relação ao ano anterior. Essas mudanças foram o resultado de alterações nos processos de produção e nos tipos de materiais utilizados. Apesar do aumento na geração de resíduos, a empresa implementou medidas para seu controle e de rejeitos, além de treinamentos e supervisão ambiental. Essas ações focadas na segregação de resíduos, para evitar a mistura de materiais, demonstraram o compromisso da empresa com a gestão ambiental e a sustentabilidade. Neste sentido, apesar dos desafios, a empresa conseguiu realizar mudanças estratégicas para uma abordagem proativa e responsável na gestão de resíduos. Além disso, alinhou suas práticas de disposição de resíduos à PNRS explorando alternativas de empresas que ofereciam tecnologias avançadas para o tratamento ou disposição de resíduos. Como resultado, a organização conseguiu vender uma quantidade maior de resíduos, uma prática que, além de gerar receita, também é ambientalmente responsável, pois garante que os resíduos sejam reutilizados e reciclados. No Quadro 6, é possível visualizar uma variedade de tecnologias de gerenciamento de resíduos utilizadas pelas empresas de destino, no ano de 2022. Cada uma dessas tecnologias é adequada para o tratamento de diferentes tipos de resíduos. O tratamento de efluentes é especificamente utilizado para a emulsão oleosa, enquanto o coprocessamento é aplicado ao solo contaminado e aos EPIs. A triagem com armazenamento é utilizada principalmente para resíduos sólidos contaminados, enquanto a reciclagem é aplicada a uma variedade de resíduos, como embalagem contaminadas, resíduos recicláveis, sucata de ferro, madeira e documentos descartados. Embora o impacto ambiental da empresa não tenha sido calculado, é provável que tenha diminuído devido à implementação dessas tecnologias de gerenciamento de resíduos.

Quadro 6: Tecnologias Utilizadas para Descarte pelas empresas de destino em 2022

Empresa	Resíduo	Classe	Tecnologia Utilizada
B	Resíduos sólidos contaminados	I	Triagem com armazenamento
BN	Embalagens contaminadas	I	Reciclagem
C	Resíduos recicláveis	IIB	Reciclagem
E	Sucata de ferro	IIB	Reciclagem
ET	Resíduos sólidos contaminados	I	Triagem com armazenamento
F	Emulsão Oleosa	I	Tratamento de efluentes
G	Sucata de ferro	IIA	Reciclagem
P	Solo contaminado	I	Coprocessamento
R	Resíduos sólidos contaminados	I	Triagem com armazenamento
R	Madeira e Documentos descartados	IIB	Reciclagem
RV	Documentos Sigilosos	IIB	Triagem com armazenamento
RV	EPI	I	Coprocessamento
N	Sucata de pontas	IIA	Reciclagem

A empresa B substituiu a empresa ET para o descarte de resíduos sólidos contaminados, resultando em uma maior centralização de resíduos contaminados, incluindo o EPI. A empresa C, que já recebia resíduos recicláveis da empresa, começou a registrar MTRs em 2022, incluindo os eletrônicos que anteriormente eram descartados pela empresa J. Outra diferença de 2021 para 2022 foi a introdução da tecnologia de coprocessamento. Esta técnica é ambientalmente adequada e economicamente rentável, pois permite a destinação final de resíduos industriais de forma eficiente.

As madeiras, que não estavam separadas em 2021, foram descartadas como classe IIB em 2022. Antes das adequações, a madeira era descartada junto com os resíduos sólidos contaminados. Após uma avaliação, foi constatado que as madeiras não estavam inicialmente contaminadas por óleos e, portanto, poderiam ser descartadas separadamente.

No que diz respeito às sucatas de ferro, a empresa G foi introduzida para substituir a empresa E, devido ao retorno financeiro. Além disso, a empresa N foi introduzida para fazer o reaproveitamento das pontas de barra da produção. Essas pontas de barra são usadas pela empresa N para fazer o contrapeso de elevadores.

As mudanças implementadas pela empresa estão em conformidade com a PNRS, que prioriza a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. A empresa demonstrou seu compromisso com esses princípios por meio da implementação de tecnologias adequadas, que visam minimizar a geração de resíduos, promover a reciclagem de materiais e garantir a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

No Quadro 7 é possível visualizar uma análise das adequações feitas nos primeiros 6 meses de 2023. Esta avaliação permite uma comparação direta com os resultados dos anos anteriores e uma avaliação contínua do impacto das medidas implementadas.

Quadro 7: Análise das adequações realizadas pela empresa em estudo em 2023

Transporte	Destino	Resíduo	Quantidade (6M)	Origem dos Resíduos	Classe
Empresas Antigas					
BN ¹	BN ¹	Embalagens Contaminadas	0,325 t	Manutenção	I
E ³	E ³	Sucata de ferro	2,5 t	Produção	IIB
Empresas em Transição					
R ²	ET ²	Sólidos Contaminados	1,942 t	Manutenção Limpeza Produção	I
B ²	B ²		3,704 t		I
R ²	R ²	Documentos Sigilosos	0,358 t	Administração	IIB
D ²	CS ¹		0,19 t		IIB
D ²	C ¹	Sólidos Recicláveis	0,43 t	Produção	IIB
R ²	R ²	Vidro	0,016 t	Limpeza	IIB
D ²	C ¹		0,005 t		IIB
B ²	B ²	Madeira	0,406 t	Expedição	IIB
R ²	R ²		1,79 t		IIB
D ²	P ²		1,28 t		IIB
R ³	R ³	Eletrônicos	0,062 t	TI	IIB
D ²	C ¹		0,056 t		IIB
R ³	R ³	Sucata de Ferro	0,025 t	Produção	IIB
R ²	A ²	Lâmpadas	41 un	Manutenção	I
Empresas Atuais					
B ²	F ²	Emulsão Oleosa	140,9 m ³	Manutenção Limpeza Produção	I
T ³	T ³	Sucata de Cobre	0,03 t	Produção	IIA
		Sucata de Alumínio	0,668 t		
G ³	G ³	Sucata de Ferro	173,94 t		IIA
N ³	N ³		19,53 t		IIA

Legenda: ¹Descarte isento de custo; ²Descarte com custo; ³Descarte com retorno financeiro.

Em 2023, houve uma mudança significativa na predominância de resíduos Classe II em comparação com os anos anteriores. Este fenômeno é um indicativo do sucesso das ações implementadas pela empresa para melhorar o gerenciamento de resíduos e identificar resíduos anteriormente desconhecidos. Antes, esses resíduos eram classificados como Classe I devido à falta de conhecimento sobre suas características químicas. O estudo de classificação dos resíduos tem implicações significativas, pois indica uma melhoria na segregação e classificação dos resíduos. Além disso, reflete as mudanças nos processos de produção que resultaram em uma alteração no tipo de resíduos gerados.

Ao longo de 2023, entre as mudanças implementadas, a empresa BN foi mantida devido à sua política de não cobrar pela coleta e sua tecnologia de descarte de embalagens contaminadas. A empresa E, encerrou seus serviços em janeiro, o que levou a empresa a estabelecer uma nova parceria com a empresa G, que foi motivada por análises relacionadas ao peso das caçambas.

A empresa E era responsável pelo transporte e destino das sucatas e também pela pesagem do material. Após este procedimento, os dados eram enviados à empresa para a emissão da nota fiscal. No entanto, constatou-se que caçambas cheias não totalizavam nem 2 toneladas. Com auditorias externas e reuniões com a diretoria, foi tomada a decisão de se efetuar a troca para a empresa G, que tem uma maior transparência em relação às pesagens. No Quadro 8, são apresentadas as tecnologias utilizadas no descarte do ano de 2023.

A empresa CS foi introduzida para o descarte de documentos, fornecendo um vídeo da trituração dos documentos e um relatório fotográfico para a empresa. O processo desta empresa está de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei nº 13.709/2018. Isso demonstra a importância da transparência e da responsabilidade no gerenciamento de resíduos.

Quadro 8: Tecnologias Utilizadas para Descarte em 2023

Empresa	Resíduo	Classe	Tecnologia Utilizada
A	Lâmpadas	I	Descontaminação de lâmpadas
B	Resíduos sólidos contaminados	I	Triagem com armazenamento
BN	Embalagens contaminadas	I	Reciclagem
C	Resíduos recicláveis	IIB	Reciclagem
CS	Documentos Sigilosos	IIB	Reciclagem
E	Sucata de ferro	IIB	Reciclagem
ET	Resíduos sólidos contaminados	I	Triagem com armazenamento
F	Emulsão Oleosa	I	Tratamento de efluentes
G	Sucata de ferro	IIA	Reciclagem
P	Madeira	IIB	Coprocessamento
R	Madeira	IIB	Reciclagem
N	Sucata de pontas	IIA	Reciclagem
T	Sucata de cobre e Alumínio	IIA	Reciclagem

A madeira, que em 2021 era descartada junto com os resíduos sólidos contaminados, em 2023 passou a ser descartada separadamente pelas empresas R e P. No entanto, devido a razões financeiras e à eficiência do coprocessamento, a empresa P foi mantida como a principal destinatária deste resíduo.

A empresa ET continuou a prestar serviços em 2023, embora tenha havido algumas questões legais com a empresa R. A empresa R, que tinha licença para transportar resíduos classe I e II, mas só tinha licença de armazenamento para resíduos classe II, tentou alterar a destinação de lâmpadas para a sua própria empresa. No entanto, isso foi resolvido quando a empresa parceira deles, a empresa A, aceitou o resíduo com urgência.

A empresa B continuou a ser responsável pelo descarte de resíduos sólidos contaminados e a empresa BN continuou a reciclar embalagens contaminadas. A empresa C, que já recebia resíduos recicláveis da empresa, continuou a registrar MTRs em 2023, incluindo os eletrônicos.

3. Estudo para Troca de Óleo Refrigerante

A organização enfrentou um problema de alergia de pele nos funcionários do Setor de Produção. Após análises das substâncias químicas contidas nos relatórios médicos, foi feita uma investigação nas máquinas CNC. Foi detectado que o problema ocorria principalmente nas mãos dos funcionários e foi constatado que os que tiveram a alergia não utilizavam o EPI adequado, que seria uma luva nitrílica. Também não foram identificados registro de limpezas feitas nas máquinas.

Foi constatado que a porcentagem do óleo utilizada era maior que 5%, que seria o recomendado para máquinas de usinagem. Além disso, o pH do óleo refrigerante das máquinas em geral estava fora do padrão, indicando que não havia uma manutenção contínua nas máquinas, o que poderia estar contribuindo para a alergia. Então foi utilizado o instrumento refratômetro para constatar a alteração na concentração do óleo nas máquinas CNC, garantindo que esteja dentro dos padrões recomendados. Após esse levantamento foi feita uma análise na ficha técnica do óleo refrigerante utilizado. O óleo deveria estar entre 6 a 8% de concentração nas máquinas, considerado alto, porém esta é a recomendação para óleo de segunda linha, por não apresentar tanta eficiência na lubrificação das peças. Além disso, o óleo utilizado gerava uma neblina notável na fábrica e como os funcionários não utilizavam máscaras, essa névoa acabava sendo inalada por eles, podendo acarretar futuramente possíveis doenças respiratórias. Diante do exposto, foi proposto um novo óleo, que é de primeira linha, com evaporação quase nula, e uma concentração de acordo com a ficha técnica do produto de 3 a 5%. Neste sentido foi criado um procedimento diário para o controle das concentrações do óleo refrigerante nas máquinas CNC pelo setor Ambiental da empresa (Figura 2). Era utilizado o refratômetro para analisar a concentração de cada máquina, após era feito relatórios técnicos e repassado para o Setor de Manutenção. Foi elaborado também fichas de controle de limpeza das máquinas, onde era anotado a data de limpeza, assim tendo um registro de quando foi feita a sua limpeza.

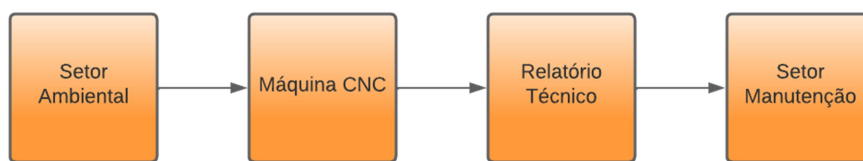


Figura 2: Procedimento diário para controle das concentrações. Fonte: Autor do Trabalho

Os resultados desta ação foram significativos e abrangentes. A manipulação do óleo não caracteriza insalubridade para os funcionários, o que é uma grande vantagem em termos de saúde e segurança do trabalho. Além disso, o fornecedor realiza a logística reversa das embalagens, o que ajuda a reduzir o impacto ambiental. Outro benefício importante é a diminuição de efluentes gerados, gerando economia de custos para a empresa. Também houve uma diminuição na concentração de óleo refrigerante nas máquinas, prevenindo alergias na pele dos funcionários ou inalação do produto.

4. Avaliação de Custos Antes e Depois das Adequações

Os custos antes e depois da implementação das propostas de adequação de gerenciamento de resíduos foram avaliados. Este procedimento focou no retorno financeiro que essas propostas trouxeram para a empresa metalúrgica. As propostas de mudança que mais se destacaram foram a emulsão oleosa, os sólidos contaminados, a venda de sucata e a migração do óleo refrigerante.

A empresa realizou uma migração significativa de seu óleo refrigerante, substituindo o antigo por um novo mais eficiente. A gestão do descarte de emulsão oleosa também foi aprimorada, com resultados decorrentes da mudança de empresas responsáveis por esse processo. Além disso, houve uma centralização e redução no manejo de sólidos contaminados. Assim sendo, a organização experimentou um aumento expressivo nas vendas de sucata metálica, contribuindo ainda mais para a eficiência de suas operações.

Primeiramente, foi analisado o impacto financeiro da migração dos óleos refrigerantes na empresa. É importante observar que o óleo antigo foi comprado até abril de 2023 e o óleo novo começou a ser usado em janeiro. Os dados obtidos do óleo novo foram coletados até setembro de 2023.

Na Figura 3, pode-se observar que, em 2022, a quantidade de óleo antigo comprada foi de 9,929 m³, com um custo total de R\$ 313.048,88. Em 2023, a quantidade de óleo antigo comprada diminuiu para 1,02 m³, com um custo total de R\$ 23.898,60. Isso se deve ao fato de que a migração para o novo óleo começou em 2023, e não era possível parar toda a fábrica para as limpezas. Devido a isso, as limpezas das máquinas foram feitas de maneira gradual. Ainda em 2023, a quantidade de óleo novo comprada foi de 3,48 m³, com um custo total de R\$ 114.527,00. O mês de março foi o mês que foi finalizado todas as migrações de óleos, onde teve um maior descarte de emulsão oleosa.

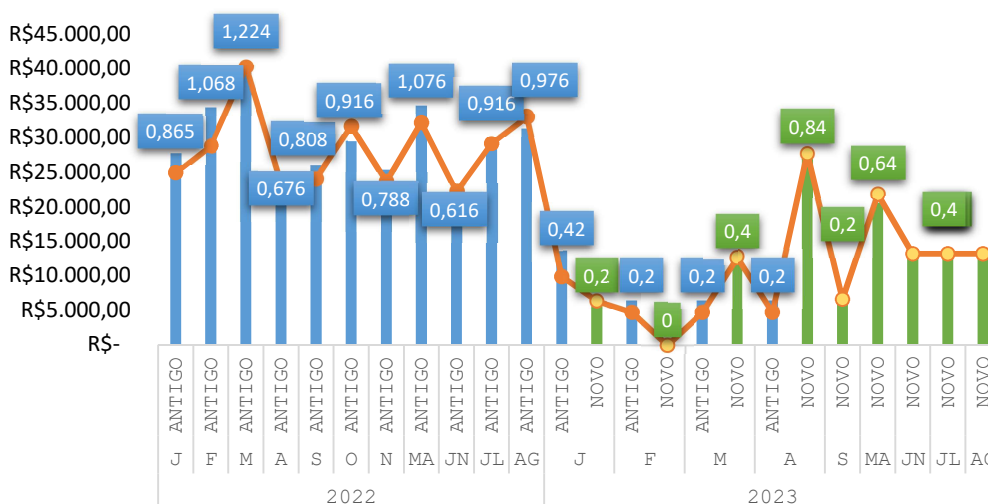


Figura 3: Análise da Migração de Óleo Refrigerante. Fonte: Autor do Trabalho

Legenda: Verde: quantidade do óleo novo [m³]; Azul: quantidade do óleo antigo [m³]; Amarelo: Custo do óleo novo [R\$]; Laranja: Custo do óleo antigo [R\$].

Na Figura 4 é possível visualizar os dados do descarte de emulsão oleosa da empresa nos anos de 2021 e 2022. Observa-se a comparação entre duas empresas diferentes responsáveis pelo descarte de efluentes: a empresa NM, que

era a empresa de descarte em 2021, e a empresa F, que é a empresa de descarte desde 2022. Há também informações mensais sobre o número de coletas realizadas, o custo total dessas coletas e o número de peças fabricadas naquele mês. Esses dados permitem analisar a eficiência e o custo das práticas de descarte de emulsão oleosa ao longo do tempo. Se observa, ainda, que a empresa NM realizou 66 coletas em 2021, com um custo total de R\$ 182.441,10, enquanto fabricou 4.325.511 peças. Por outro lado, a empresa F realizou 93 coletas em 2022, com um custo total de R\$ 182.585,50. O número de peças fabricadas foi de 4.398.862. O uso de óleo é influenciado tanto pela quantidade de peças produzidas quanto pela variedade de seus formatos.

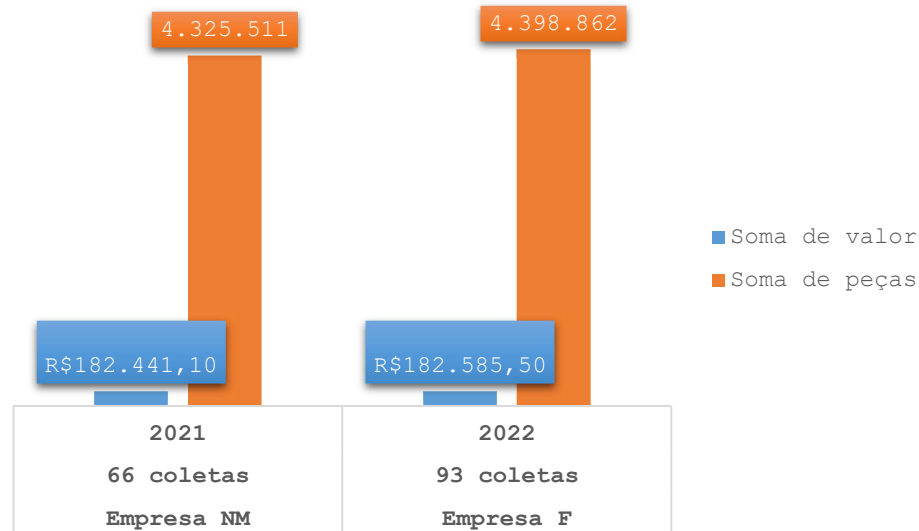


Figura 4: Análise da Emulsão Oleosa. Fonte: Autor do Trabalho

Ao comparar as duas empresas, observa-se que a empresa F realizou mais coletas em 2022 do que a empresa NM em 2021. No entanto, o custo total das coletas da empresa F foi ligeiramente maior do que o da empresa NM, apesar do aumento no número de coletas. Além disso, o número de peças fabricadas em 2022 foi maior do que em 2021 com a empresa NM. Isso sugere que a empresa F foi uma alternativa eficiente, pois conseguiu aumentar a produção enquanto mantinha os custos de coleta praticamente estáveis.

A análise dos sólidos contaminados está apresentada na Figura 5 e fornece uma visão detalhada do seu descarte pela empresa em 2021 e 2022. É possível comparar a empresa S, que era a antiga empresa de descarte, finalizando seus serviços em março de 2022, e a empresa B, que é a empresa de descarte desde abril de 2022. Vale ressaltar que a empresa B já era uma das fornecedoras em 2021, responsável pelo transporte de emulsão oleosa para a empresa F. Como eles também possuem licença para os resíduos sólidos contaminados, isso representou uma oportunidade de centralização de resíduos.

Na Figura 5 é possível verificar informações sobre o custo total anual de descarte e a quantidade total anual coletada. Além disso, pode-se observar que a empresa S realizou coletas ao longo de 2021 e no início de 2022, de janeiro a março. A empresa B começou a realizar as coletas em abril de 2022.

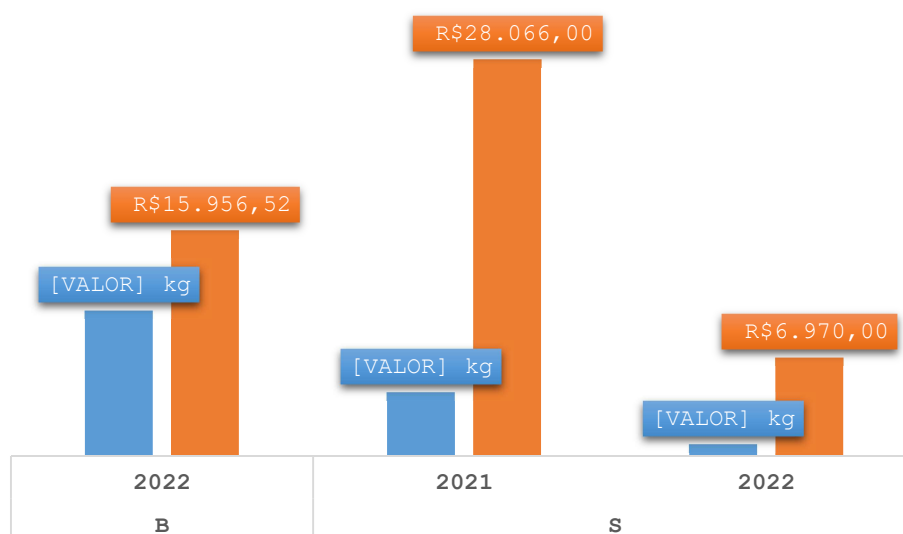


Figura 5: Análise dos Sólidos Contaminados. Fonte: Autor do Trabalho

Ao comparar as duas empresas, observa-se que a empresa B coletou quantidades maiores de resíduos sólidos contaminados em comparação com a empresa S. O custo total das coletas da empresa B foi menor, apesar do aumento na quantidade de resíduos coletados. Além disso, a empresa B realizou menor quantidade de transporte de resíduos, o que pode indicar uma maior eficiência, o que sugere ser a alternativa mais eficiente e econômica para o descarte de resíduos sólidos contaminados.

Quanto a sucata metálica, a empresa vende quatro tipos: ferro, pontas, alumínio e cobre. Em 2021, esses resíduos não eram classificados, sendo gerenciados todos da mesma forma. No entanto, em 2022, após a sua identificação foi feita uma alteração para segregá-los e destiná-los de forma mais adequada ambientalmente, com vistas ao seu melhor aproveitamento gerando receita para a empresa. Além do benefício ambiental da logística reversa, que contribui para a redução do impacto ambiental e o reaproveitamento de materiais. No Quadro 9 é possível verificar informações sobre a quantidade de material total comprado (ferro, alumínio, cobre, ...) e a quantidade total de material descartado (sucata de ferro, alumínio, pontas, cobre, ...). Levando em consideração esses dois dados, foi calculada a porcentagem de perda no processo produtivo. Esta análise permitiu entender melhor a eficiência do processo de produção e o gerenciamento de resíduos da empresa.

Quadro 9: Análise de Perda em 2022

Mês	Compra Material [t]	Quantidade Descartada [t]	Perda [%]
Jan/22	85,5	34,51	40,36
Fev/22	218,62	37,29	17,06
Mar/22	106,51	38,26	35,92
Abr/22	120,63	58,6	48,58
Mai/22	72,98	50,86	69,68
Jun/22	79,68	49,89	62,61
Jul/22	153,68	44,74	29,11
Ago/22	128,61	41,71	32,43
Set/22	108,57	36,93	34,01
Out/22	192,75	36,75	19,01
Nov/22	169,39	40,54	23,93
Dez/22	116,67	28,03	24,03

Em 2022, a quantidade de material comprado variou significativamente, com o menor valor em maio (72,98 t) e o maior em fevereiro (218,62 t). A quantidade descartada também variou, com o menor valor em dezembro (28,03 t) e o maior em abril (58,6 t). A porcentagem de perda foi mais alta em maio (69,68%) e mais baixa em fevereiro (17,06%). Isso sugere que a eficiência do processo pode ter variado ao longo do ano. Foi identificado que estava sendo comprado um valor maior de matéria-prima, pois a empresa encontrou um fornecedor com o valor mais econômico e fez estoque. Porém, o Setor de Recebimento chegou na sua capacidade máxima de armazenamento e uma área externa, que não é o ideal, teve que ser designada para acondicionar o restante do material, que com o clima e o tempo de permanência resultou em material enferrujado. Por isso, a perda maior foi em meses como maio (69,68%).

Na Figura 6, encontra-se indicada a análise da venda de sucata nos anos de 2021, 2022 e 2023. Com base nos dados, observou-se que em 2022, houve um aumento na quantidade de sucata gerada (coluna azul), bem como no valor obtido (coluna laranja). É importante ressaltar que em 2023 houve uma drástica redução no resíduo, devido à redução na produção de peças fabricadas e, conseqüentemente, redução no quadro de funcionários no setor da Produção. A fábrica que trabalhava com três turnos em 2022, passou a trabalhar com dois turnos em 2023.

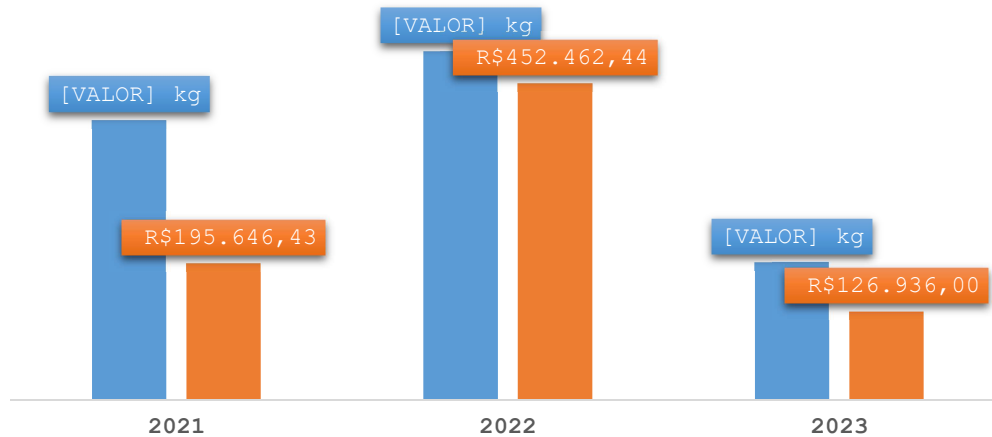


Figura 6: Análise da Venda de Sucata. Fonte: Autor do Trabalho.

Ao se comparar os dados dos três anos, é possível observar que houve uma tendência geral de aumento na quantidade do resíduo de 2021 para 2022, porém neste período foi feita a transição da empresa E para a empresa G, e separação das sucatas de pontas para ser destinado pela empresa N. No entanto, teve uma diminuição significativa em 2023. A porcentagem de perda no processo produtivo diminuiu ao longo do tempo. Isso sugere que as alterações implementadas na fábrica foram benéficas para a redução do material descartado.

CONCLUSÕES

A partir desse estudo foi possível verificar que a empresa gerava mais resíduos de classe I do que de classe IIB sugerindo a necessidade de gerenciamento dos resíduos da classe I. Além disso, a descentralização dos resíduos representou um desafio financeiro para a empresa, uma vez que a centralização poderia reduzir custos significativamente.

As propostas de redução de resíduos e rejeitos foram fundamentais para orientar as ações da empresa. A análise dos custos associados ao descarte de efluente e resíduos contaminados revelou oportunidades de economia e eficiência. A centralização de resíduos, a venda de sucata e a busca por parceiros de descarte eficazes são estratégias que se mostraram benéficas.

Em 2022, a empresa aumentou a geração de resíduos devido à operação em três turnos, mas também fez alterações estratégicas no gerenciamento de resíduos, buscando empresas de descarte mais eficientes e vendendo uma quantidade maior de resíduos. Isso refletiu uma postura mais proativa e estratégica da companhia na gestão de resíduos. Além disso, no ano de 2023 houve uma nova mudança, com a predominância de resíduos da Classe II, indicando uma melhora na segregação e classificação dos resíduos. A empresa continuou a fazer ajustes em suas parcerias de descarte, buscando otimizar a gestão de resíduos.

A análise de custo evidenciou que a empresa conseguiu reduzir os custos de descarte de efluente e resíduos contaminados ao longo dos anos, principalmente devido a mudanças estratégicas nas parcerias. Além disso, a análise do descarte de sucata mostrou uma tendência geral de aumento na quantidade de sucata vendida, indicando melhorias na eficiência do processo produtivo. A migração dos óleos refrigerantes e seus impactos financeiros para a empresa foram discutidos, destacando a importância de práticas de gerenciamento de resíduos eficazes.

É evidente que as alterações implementadas ao longo dos anos tiveram um impacto positivo na redução do resíduo descartado. No entanto, ainda existem oportunidades para melhorias adicionais. Com a continuação do monitoramento desses dados e implementação de estratégias para minimização do descarte. Isso não apenas aumentará a eficiência dos processos, mas também irá conduzir a empresa a um futuro mais sustentável e próspero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil Ministério de Meio Ambiente. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília – DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso: 19 de maio de 2024.
2. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) **Resolução nº 372 de 22 de fevereiro de 2018**. Dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, destacando os de impacto de âmbito local para o exercício da competência municipal no licenciamento ambiental. Publicada no DOE do dia 02/03/2018 Proc. nº: 18/0500-0000942-8 Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202112/23105618-consema-372-2018-atividades-licenciavies-municipios.pdf> Acesso: 19 de maio de 2024.
3. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no DOU nº 247, de 22/12/1997, seção 1, págs. 30841-30843, Brasília – DF, 1997. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237. Acesso: 19 de maio de 2024.
4. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 362 de 19 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Publicada no DOU nº 121, de 27/06/2005, seção 1, págs. 128-130, Brasília – DF, 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=457#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20recolhimento%2C%20coleta%20e%20destina%C3%A7%C3%A3o,Lei%20no%206.938%2C%20de%2031%20de%20agosto Acesso: 19 de maio de 2024.
5. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Publicada no DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89, Brasília – DF, 2011. Disponível em: https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf Acesso: 19 de maio de 2024.
6. Dias, R. **Gestão Ambiental – Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 2ª Ed, Atlas, São Paulo – SP, 2011.
7. Fragoso, A. R. **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos Sustentável para uma Rede de Supermercados: Estudo de Caso em uma Filial em Porto Alegre/RS**. 2019 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Luterana do Brasil, Canoas, RS, 2019.
8. Grupo Operсан. **Efluentes da indústria metalúrgica: o impacto do tratamento ineficaz**. 29 de set. 2021. Disponível em: <https://info.operсан.com.br/efluentes-da-industria-metalurgica-impacto-tratamento-ineficaz>. Acesso: 15 de julho de 2024.
9. Ruthes, S.; Ceretta, P. S.; Ruthes, M. Solução Alternativa na Gestão de Resíduos Sólidos em Indústria Metalúrgica. **Revista Contemporânea de Economia e Gestão**. v.4, nº 2, P. 39-50, 2006.