

GESTÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE RECAPAGEM DE PNEUS

Giovanna Maria Barbosa de Melo – giovannamelo1997@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Meio Ambiente
Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, 1800 – 87506-370 – Umuarama – Paraná

Felipe Martins Damaceno – fmdamaceno2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Meio Ambiente

Bianca Regina Temóteo Fernandes – biancatem@gmail.com

Instituto Federal do Paraná – Mestrado em sustentabilidade

Yara Campos Miranda – ycmiranda2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Meio Ambiente

Resumo: Apesar de sua utilidade, os pneus sempre foram um problema ao meio ambiente, principalmente por ocasionar problemas à saúde pública e impactos ambientais a partir de sua disposição final inadequada. A recapagem de pneus é uma atividade que traz benefícios aos fornecedores, consumidores e ao meio ambiente, mas pode ser impactante se não houver um gerenciamento adequado do processo produtivo. O estudo teve como objetivo estabelecer uma proposta de gestão ambiental em uma empresa de recapagem de pneus a partir da identificação dos impactos significativos e proposição de estratégias de mitigação por meio de um plano de ação. Para tanto, utilizou-se a matriz de impacto ambiental para classificação de impactos e a ferramenta 5W2H para a proposição de ações visando melhorar a gestão ambiental da empresa. A partir da análise de impactos ambientais, constatou-se que os aspectos mais significativos estão relacionados a geração de pó de borracha, geração de cinzas e emissões de gases. Assim, foi sugerido por meio do plano de ação, que os resíduos de cinzas sejam encaminhados e uma empresa especializada em transformá-los em fertilizantes agrícolas. Para emissão de gases, a instalação de um filtro de manga para redução da emissão de poluente para atmosfera como alternativa proposta, e o pó de borracha já apresentava uma destinação final adequada. Assim, conclui-se que a empresa apresentou passivos ambientais em seu processo produtivo, porém, a partir dos investimentos propostos, será possível compatibilizar as atividades industriais com boas práticas ambientais.

Palavras-chave: Adequação de Empresas; Matriz de Impactos Ambientais; Ferramenta 5W2H.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AS A TOOL FOR SUSTAINABILITY: A CASE STUDY IN A TIRE RETREADING COMPANY

Abstract: Despite their widespread utility, tires have long posed significant environmental challenges, particularly due to public health concerns and environmental impacts associated with their improper disposal. Tire retreading is an activity that provides benefits to suppliers, consumers, and the environment by extending tire lifespan and reducing waste generation. However, this process can also generate environmental impacts if production activities are not properly managed. This study aimed to develop an environmental management proposal for a tire retreading company through the identification of significant environmental impacts and the formulation of mitigation strategies based on an action plan. To achieve this objective, an environmental impact assessment matrix was applied to classify the identified impacts, while the 5W2H tool was used to propose actions aimed at improving the company's environmental management practices. The environmental impact assessment revealed that the most significant aspects were associated with rubber dust generation, ash production, and gaseous emissions. Accordingly, the proposed action plan recommended that ash residues be sent to a specialized company capable of converting them into agricultural fertilizers. To mitigate gaseous emissions, the installation of a baghouse filter was proposed as an effective alternative for reducing atmospheric pollutant releases. In contrast, rubber dust was already being managed through an appropriate final disposal process. The results indicate that the company presents environmental liabilities within its production process. Nevertheless, the implementation of the proposed investments and management measures would enable the alignment of industrial activities with sound environmental practices, thereby contributing to improved environmental performance and sustainability.

Keywords: Suitability of Companies; Matrix of Environmental Impact; Management Tool 5W2H.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade e o avanço da tecnologia têm proporcionado uma ascensão nos índices econômicos e intensificado discussões sobre os impactos ambientais causados pelas atividades humanas. Com isso, surge a necessidade de integrar o tema gestão ambiental às práticas empresariais, por meio de instrumentos e metodologias que reduzam os impactos ambientais gerados por estas atividades (BARBOSA et al., 2023).

O mercado inclui os preceitos de desenvolvimento sustentável como método de competitividade entre as organizações. Assim, os cuidados com o meio ambiente passam a fazer parte das estratégias das organizações, dado que a sociedade está mais consciente e cobra cada vez mais atitudes ambientalmente corretas. (WAGNER, 2006).

Nesta perspectiva, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e consumidores pela

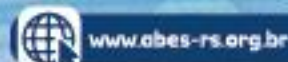
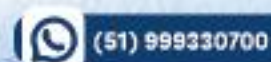
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



gestão adequada dos resíduos sólidos. Entre seus principais instrumentos está a logística reversa, definida como o conjunto de ações destinadas à coleta e ao retorno dos resíduos ao setor produtivo para reaproveitamento ou destinação ambientalmente adequada. Conforme o artigo 33 da PNRS, esse sistema é obrigatório para diversos produtos, incluindo pneus, além de agrotóxicos, pilhas, baterias, óleos lubrificantes, lâmpadas e equipamentos eletroeletrônicos (BRASIL, 2010).

Considerando especificamente os pneus, apesar de úteis sempre foram um problema para o meio ambiente desde sua invenção (SUN et al., 2025). Contudo, a partir dos anos 1990, com o aumento gradativo da utilização de automóveis é que o Brasil passou a considerar o grande impacto ambiental provocado pelo descarte dos pneus, que ao atingir o desgaste completo, se torna inservível.

Segundo Rodrigues Jorge et al. (2004) e Sun et al., (2025), quando os pneus inservíveis são dispostos inadequadamente em terrenos a céu aberto, dois problemas surgem: de saúde pública, dado que o acúmulo de água de chuva pode servir de criadores de vetores, e ambiental, já que para cada pneu queimado são liberados 10 litros de óleo, que tem potencial de percolar e contaminar o solo e o lençol freático, além de liberar poluentes atmosféricos (FLORIANI; FURLANETTO; SEHNEM, 2016).

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2004) estima que existam cerca de 100 milhões de pneus inservíveis em terrenos baldios, aterros, rios e lagos. Visando solucionar a problemática, a indústria de recapagem de pneus alterou o conceito de gestão destes produtos, apresentando uma nova alternativa ao problema do descarte inapropriado dos pneus (SILVA et al., 2014).

Em contrapartida, apesar das vantagens supracitadas, a atividade de recapagem de pneus se encaixa nas atividades poluidoras de pequeno grau, apresentando impactos negativos ao meio ambiente que consequentemente sofre pressão para a introdução de medidas que minimizem esses impactos e direcionem as empresas a ter uma postura ambientalmente adequada (OLIVEIRA et al., 2010; SANTOS et. al., 2013; BARBOSA et al., 2023). Desta forma, este artigo tem como objetivo estabelecer uma proposta de gestão ambiental, em uma empresa de recapagem de pneus, identificando os aspectos da atividade de recapagem dos pneus, que geram impactos ambientais significativos e propondo estratégias de mitigação por meio de um plano de ação.

2. METODOLOGIA

A metodologia do artigo consiste em um estudo de caso. O estudo de caso caracteriza-se pela coleta e a análise de informações sobre determinado indivíduo, família, grupo ou comunidade, com a finalidade de estudar aspectos variados de sua vida, conforme o assunto da pesquisa. É uma pesquisa qualitativa e/ou quantitativa, compreendido como uma categoria de investigação que tem como objetivo o estudo de uma unidade de maneira aprofundada. (PRODANOV; FREITAS, 2013). Desta forma, inicialmente foi realizada uma visita na organização para entender a indústria e seus passivos ambientais. Posteriormente, utilizou-se uma matriz de impactos ambientais para elencar os aspectos e impactos mais significativos. Por fim, aplicou-se a matriz 5W2H para realizar a proposição de ações visando melhorar a gestão ambiental da empresa.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

2.1. Visita e caracterização da empresa

Para maior compreensão do processo de produção da atividade de recapagem de pneus, realizou-se uma visita técnica a empresa, no dia com entrevista pessoal com o proprietário, levantando assim os possíveis aspectos e impactos ambientais presentes na atividade.

2.2. Matriz de impactos ambientais

Visando entender os principais aspectos e impactos ambientais provenientes da atividade, realizou-se o uso da ferramenta matriz de impactos ambientais, com o intuito de identificar os impactos significativos e mitigá-los.

Os aspectos e impactos ambientais decorrentes da atividade serão classificados de acordo com o quadro (1)

Quadro 1 – Matriz de avaliação de impactos ambientais em empresas

Categorias	Característica	Variável	Pontuação
Classe (C)	Natureza do Impacto	Benéfico	1
		Adverso	3
Severidade (S)	Dimensão do Dano Causado	Reversível a curto prazo	1
		Reversível a longo prazo	2
		Irreversível	3
Abrangência (A)	Área atingida pelo impacto ambiental	No setor	1
		Na empresa	2
		Fora da Empresa	3
Frequência (F)	Número de vezes que o impacto ocorre	Rara	1
		Moderada	2
		Contínua	3

Fonte: Adaptado de Sanchez (2020) e Santos (2004)

De acordo com Sanchez (2020) e Santos (2004), a equação que rege o comportamento dos impactos do Quadro 1 consiste em uma fórmula simples de multiplicação das variáveis de acordo com suas características (Equação 1):

$$I = C \times S \times A \times F \quad (1)$$

Onde:

Classe (C)

Severidade (S)

Abrangência (A)

Frequência (F)

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

O resultado da aplicação da equação pode ser interpretado pelas faixas de valores descritas no Quadro 2:

Quadro 2 - Valores utilizados para avaliação de impactos ambientais

Valor Obtido	Resultado
1 - 20	Não significativo
21- 60	Significativo
>60	Muito significativo

Fonte: Adaptado de Sanchez (2020) e Santos (2004)

A partir de tais informações, o quadro (3) foi preenchido com os aspectos e impactos ambientais identificados durante a visita técnica e os critérios de significância estabelecidos no Quadro 1. A seguir o exemplo da matriz de impactos ambientais que será utilizada:

Quadro 3 - Exemplo da matriz de impactos ambientais

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						
Aspecto	Impacto	Critérios de Significância				
		Classe	Severidade	Abrangência	Frequência	Importância

Fonte: Adaptado de Sanchez (2020) e Santos (2004)

2.3. Plano de ação 5W2H

O plano de ação é uma ferramenta de gestão apta a orientar as inúmeras ações que deverão ser implementadas. Serve de referência às decisões, possibilitando que seja feito o acompanhamento do desenvolvimento do projeto. É um documento que demonstra de forma estruturada todos os procedimentos e recursos que serão mobilizados para a execução daquilo que foi apresentado no escopo do projeto (FRANKLIN; NUSS, 2006). O método 5W2H deve descrever um plano de ação, com as atividades a serem realizadas, de maneira clara e coesa para obter o entendimento de quem irá realizá-la. De acordo com Meira (2003), o objetivo do método é responder as sete questões e assim planejá-las de forma eficiente. As questões e o detalhamento da ação do método 5W2H podem ser observados no quadro (4) abaixo.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Quadro 4 - Explicação da ferramenta 5W2H adaptada no Brasil como 4Q1POC

4Q1POC	5W2H	DETALHAMENTO DA AÇÃO
O QUÊ	WHAT	O que a organização pretende fazer
QUANDO	WHEN	Qual o período em que a ação será efetuada
POR QUÊ	WHY	Importância de se executar a ação
ONDE	WHERE	Em que local a ação será desenvolvida
COMO	HOW	Como a ação será executada
QUEM	WHO	Quem é o responsável pela execução
QUANTO	HOW MUCH	Quais os custos envolvidos

Fonte: Adaptado de Moraes (2015, p20)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A gestão ambiental deve se basear em estudos exploratórios que busquem identificar passivos ambientais para, desta forma, promover o uso coerente dos recursos naturais. Assim, primeiramente foi caracterizada a área de estudo, identificando os aspectos e impactos ambientais do processo produtivo, posteriormente foi realizada uma pesquisa exploratória dos impactos mais significativos e, por fim, foi elaborado um plano de ação considerando cada um desses impactos.

3.1. Caracterização do empreendimento

A empresa estudada está localizada no Parque Industrial no município de Umuarama-PR. É uma empresa de pequeno porte, com em média 15 funcionários e trabalha com a recapagem de pneus agrícolas, de caminhões e de carros. Ainda, o local é um ecoponto, recebe pneus inservíveis do município de Umuarama e de municípios vizinhos. A cada 40 dias, esses pneus inservíveis e os resíduos de borracha produzidos no processo de recapagem são encaminhados para empresa Votorantim, no município de Curitiba-PR, onde é dada uma destinação final ambientalmente adequada para esses resíduos, por meio de coprocessamento.

A empresa utiliza energia fotovoltaica, possuindo 180 placas solares, com geração média de 8.200kWh/mês e uma caldeira a vapor, alimentada com madeira de aproveitamento advinda do descarte por uma fábrica de sofás, porém não há tratamento dos gases e do material particulado.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



PUCRS



(51) 999330700

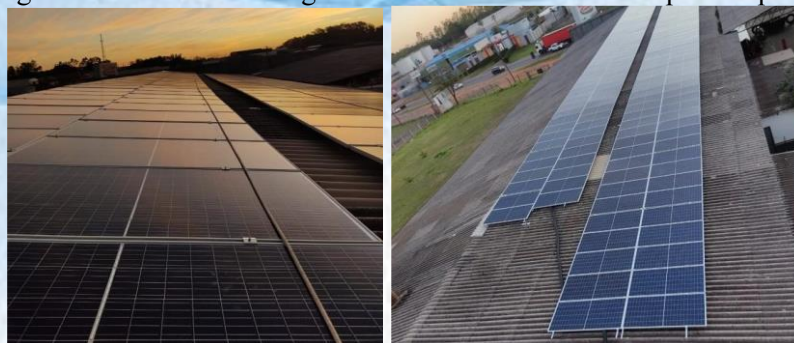


abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Figura 1 - Sistema de energia solar fotovoltaica utilizado pela empresa



3.2. Fluxograma da atividade

Visando adquirir dados para implementação de estratégias de gestão ambiental, cabe entender a forma pela qual a atividade de recapagem de pneus ocorre, o qual pode ser descrito pelas seguintes etapas:

1. Entrada dos pneus: compra de pneus desgastados de carcaceiros para reconstrução.
2. Exame de Classificação: é o processo em que as carcaças são examinadas, as que estão em boas condições são reconstruídas e as que estão com defeitos são descartadas.
3. Raspagem: é o processo que ocorre após o exame de classificação, o pneu vai para a máquina de raspagem, onde a banda de rodagem desgastada é raspada, deixando a carcaça preparada para receber a aplicação da nova banda de rodagem.
4. Preparação de Bandas: é o método de preparar a banda adequadamente, para dar uma nova cobertura à carcaça.
5. Escareação: é o processo responsável pela preparação de cada área danificada na carcaça, para que seja consertada. É necessário que cada ponto danificado seja consertado individualmente.
6. Reparação: é o processo posterior a escareação, que consiste na aplicação do conserto em cada ponto danificado da carcaça, a fim de devolver à região danificada a resistência original.
7. Aplicação da Cola: é o processo onde se aplica cola na carcaça consertada, facilitando assim a aderência da banda de rodagem na carcaça.
8. Enchimento: é o processo onde se aplica uma borracha especial, com temperatura entre 80°C e 85°C, para tampar todas as imperfeições deixadas pelo processo de escareação no pneu.
9. Aplicação da Banda de Rodagem: é o processo onde se aplica uniformemente a nova banda de rodagem sobre a carcaça.
10. Vulcanização: é o processo onde acontece a união da banda de rodagem com a carcaça, através de tempo, temperatura e pressão, de forma precisa e uniforme.
11. Inspeção Final: é o processo que garante que o pneu reformado esteja em conformidade com o padrão de reforma e com as normas legais aplicadas ao sistema de reforma de pneus, garantindo segurança aos seus consumidores.

O fluxograma (Figura 2) auxilia no entendimento de cada etapa. Vale ressaltar que os passivos ambientais produzidos pela organização são significantes principalmente nas etapas de exame

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



PUCRS



(51) 999330700



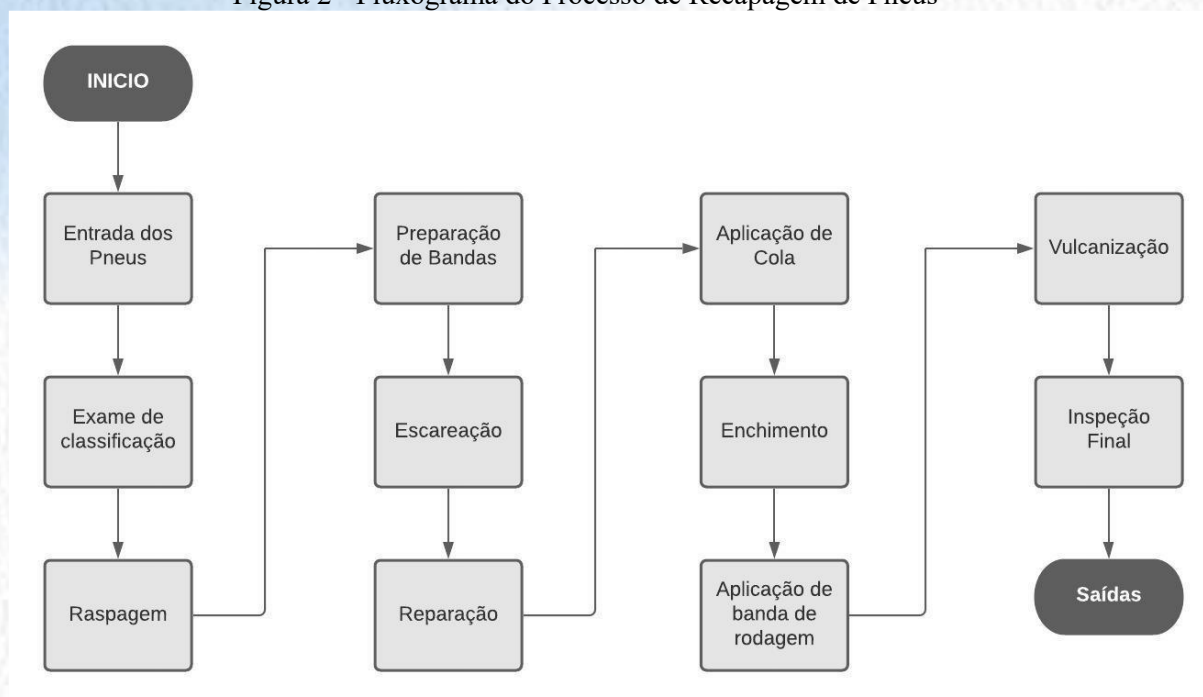
abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

de classificação - onde são separados os pneus inservíveis dos que vão ser reconstruídos, de raspagem - devido ao pó da borracha gerado pelo desgaste da banda de rodagem e vulcanização - que necessita do auxílio de uma caldeira pra seu funcionamento, gerando passivos ambientais como fumaça e cinzas.

Figura 2 - Fluxograma do Processo de Recapagem de Pneus



3.3. Identificação dos impactos

A identificação dos impactos ambientais foi realizada por meio da matriz de impactos, para aplicação do plano de ação 5W2H nos impactos mais significativos. A empresa foi examinada de acordo com os principais aspectos ambientais incluídos na atividade de recapagem, como a geração de resíduos sólidos, efluentes, emissão de poluentes atmosféricos e utilização dos recursos naturais.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



PUCRS



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Quadro 5 – Matriz de impactos ambientais de uma empresa recicladora de pneus

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS						
Aspecto	Impacto	Critérios de Significância				
		Classe	Severidade	Abrangência	Frequência	Importância
Geração de pó de borracha	Alteração da qualidade do solo	3	2	3	3	54
	Alteração da qualidade da água	3	2	3	3	54
Geração de cinzas	Alteração da qualidade do solo	3	2	3	3	54
	Alteração da qualidade da água	3	2	3	3	54
Geração de resíduos sólidos comuns	Alteração da qualidade do solo	3	2	3	2	36
Geração de tambores vazios de cola	Alteração da qualidade do solo	3	2	3	2	36
	Alteração da qualidade da água	3	2	3	2	36
Geração de empregos	Melhoria nas condições de vida da população	1	1	3	1	3
Aquecimento causado pelas maquinas	Prejuízo à saúde dos funcionários	3	2	1	3	18
Consumo de Madeira	Contribuição para esgotamento do recurso natural	3	1	3	3	27
Consumo de energia elétrica	Acréscimo na demanda	3	1	3	3	27
Consumo de água	Acréscimo na demanda	3	1	3	2	18
Emissão de gases	Alteração da qualidade do ar	3	2	3	3	54
Ruídos dos equipamentos	Prejuízo à saúde dos funcionários	3	1	3	2	18
Trânsito de veículos para transporte de materiais e pessoas	Aumento no risco de acidentes	3	1	3	3	27
Recapagem dos pneus	Amento na vida útil do pneu	1	1	3	3	9
	Diminuição dos impactos	1	1	3	3	9
Armazenagem de pneus rejeitados	Aumento na proliferação de vetores	3	1	2	3	18

De acordo com a matriz, os aspectos mais significativos foram a geração de pó de borracha, a geração de cinzas e a emissões de gases. Desse modo, os impactos identificados serão explicados a seguir, junto às estratégias de mitigação.

Geração de pó de borracha

O resíduo de pó de borracha tem a mesma destinação que os pneus inservíveis, ou seja, é coletado e armazenado até ser encaminhado a uma empresa especializada no município de Curitiba, onde esse resíduo será coprocessado. O coprocessamento dos pneus substitui os combustíveis fósseis utilizados na fabricação de cimento. O forno de cimento elimina os resíduos transformando-os em cinzas

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

que é incorporado no processo de fabricação. Fioriti et al. (2007), realizou um estudo que avaliou a utilização de blocos de concretos para pavimentação intertravada com adição de resíduo de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. As propriedades avaliadas foram à resistência à compressão, absorção de água e resistência ao impacto. Os resultados do trabalho mostraram que ocorre queda da resistência à compressão e na absorção de água, não se afirmou que a propriedade é afetada de forma negativa. Os blocos demonstraram grande capacidade de absorção de energia. Assim, os resultados indicaram que é viável a utilização dos blocos com resíduos de borracha em pavimentações intertravada com solicitações leves.

O resíduo de pó de borracha pode ter várias utilizações como exemplo a incorporação desse material em blocos de concreto como citado no estudo de Fioriti et al. (2007), ou coprocessamento como é realizado na empresa em que este resíduo é encaminhado. Esta destinação faz com que o descarte inadequado seja cada vez menor, trazendo benefícios ao meio ambiente.

Geração de cinzas

A geração de cinzas provenientes da queima de biomassa utilizada na caldeira foi identificada como um dos aspectos ambientais mais significativos da empresa, principalmente devido ao volume gerado e da necessidade de destinação ambientalmente adequada. Embora esse resíduo seja frequentemente encaminhado para disposição final, estudos recentes demonstram que sua gestão inadequada pode ocasionar alterações nas características químicas do solo e representar um desperdício de materiais com potencial de reaproveitamento (ROLKA et al., 2023). Dessa forma, a adoção de estratégias de valorização desse resíduo torna-se uma importante medida para reduzir passivos ambientais e promover práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade.

A caracterização química das cinzas de biomassa realizada em diversos estudos evidencia a presença de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio e fósforo, elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal (ROUHANI; ; PIDLISNYUK; AL SOUKI., 2024). Nesse contexto, uma das alternativas propostas para a empresa consiste no encaminhamento das cinzas para empresas especializadas na produção de fertilizantes e condicionadores de solo. Segundo Rolka et al. (2023), a aplicação controlada desse resíduo pode contribuir para a correção da acidez do solo e para o aumento da disponibilidade de nutrientes, favorecendo a produtividade agrícola e reduzindo a dependência de fertilizantes minerais convencionais.

Entretanto, a utilização agrícola das cinzas deve ser realizada somente a partir de análises físico-químicas que garantam a ausência de concentrações elevadas de elementos potencialmente tóxicos. Baloch et al. (2024) destacam que a aplicação inadequada pode provocar desequilíbrios nutricionais e alterações nas propriedades biológicas do solo, evidenciando a necessidade de monitoramento e controle durante todo o processo de reaproveitamento. Dessa forma, o encaminhamento para empresas devidamente licenciadas representa uma alternativa mais segura e tecnicamente adequada para a gestão desse resíduo.

Além da aplicação agrícola, outra possibilidade consiste na utilização das cinzas como matéria-prima na indústria da construção civil. De acordo com Teker Ercan et al. (2023), esse material pode ser incorporado à produção de concretos e argamassas, contribuindo para a redução do consumo de recursos naturais e para a valorização de resíduos industriais. Assim, considerando os resultados

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

obtidos neste estudo, recomenda-se a implementação de parcerias com empresas especializadas no reaproveitamento de cinzas, permitindo que o resíduo deixe de representar um passivo ambiental e passe a integrar estratégias de economia circular e gestão ambiental empresarial.

Emissão de gases

A emissão de gases provenientes da combustão da biomassa utilizada na caldeira foi identificada como um dos aspectos ambientais mais significativos da empresa, devido ao potencial de degradação da qualidade do ar e aos impactos sobre a saúde humana e os ecossistemas. A poluição atmosférica está associada a diversos efeitos adversos, incluindo doenças respiratórias, redução da qualidade ambiental e alterações climáticas, podendo seus efeitos ocorrer em escala local, regional e global (PIRES, 2005). Durante a queima de biomassa são liberados poluentes como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado, compostos que contribuem para a deterioração da qualidade do ar e podem afetar a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas (SILVA et al., 2014; BORDIGNON, 2016).

Além dos impactos ambientais, as emissões atmosféricas provenientes de processos industriais têm sido cada vez mais associadas a riscos à saúde pública, especialmente em função da exposição ao material particulado fino (PM_{2.5}) e aos óxidos de nitrogênio. Estudos recentes apontam que a adoção de tecnologias de controle de emissões representa uma das estratégias mais eficazes para reduzir os impactos ambientais da combustão de biomassa e melhorar o desempenho ambiental das organizações (YANG et al., 2022). Dessa forma, a implementação de sistemas de tratamento de gases deve ser considerada uma prioridade na gestão ambiental da empresa.

Entre as alternativas disponíveis, destacam-se os lavadores de gases, ciclones e filtros de mangas. Os lavadores de gases do tipo Venturi apresentam elevada eficiência na remoção de partículas e gases provenientes da combustão de biomassa. Em estudo realizado por Silva et al. (2014), foram obtidas eficiências de remoção de 96,14% para CO, 92,12% para CO₂ e 94,37% para NO_x durante a queima de maravalha de pinus. Entretanto, esse sistema gera efluentes líquidos que necessitam de tratamento posterior. Os ciclones, por sua vez, apresentam boa eficiência na remoção de partículas mais grossas e costumam ser utilizados como pré-tratamento em sistemas de controle de poluição atmosférica.

Considerando as características da empresa estudada, recomenda-se a instalação de um filtro de mangas na saída da caldeira como medida prioritária de mitigação. Segundo Barbosa et al. (2013), essa tecnologia apresenta elevada eficiência na retenção de material particulado, baixa perda de carga operacional e não gera efluentes líquidos, tornando-se uma alternativa ambientalmente mais adequada para pequenas e médias indústrias. Além disso, estudos recentes indicam que filtros de mangas modernos podem atingir eficiências superiores a 99% na remoção de partículas finas provenientes de processos de combustão, contribuindo significativamente para a redução das emissões atmosféricas e para o atendimento às exigências ambientais (YANG et al., 2022). Assim, a adoção desse sistema representa uma importante oportunidade de melhoria da gestão ambiental da empresa, reduzindo seus impactos ambientais e promovendo maior conformidade com os princípios da sustentabilidade empresarial.

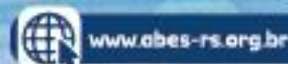
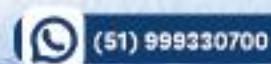
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



Plano de ação proposto

O Plano de ação 5W2H foi utilizado para detalhar a ação que será realizada para mitigar os impactos significativos levantados na matriz. Esse plano será utilizado para orientar as ações que deverão ser executadas e implementadas na organização, possibilitando o acompanhamento do desenvolvimento do projeto. Nos Quadros 6 e 7 os planos de ação para os resíduos de cinzas e emissão de gases, respectivamente. Destaca-se que não foi elaborado um plano de ação para o resíduo de pó de borracha, pois ele já é destinado de forma correta.

Quadro 6 - Plano de ação para os resíduos de cinzas

4Q1POC	5W2H	DETALHAMENTO DA AÇÃO
O QUÊ	WHAT	A organização pretende destinar as cinzas a uma empresa especializada em compostar as cinzas para transforma-las em fertilizantes agrícolas.
QUANDO	WHEN	A ação será efetuada no segundo semestre de 2027
POR QUÊ	WHY	A importância de se executar a ação é controlar a poluição do solo, da água, tornando um passivo ambiental em um produto.
ONDE	WHERE	A ação será desenvolvida na empresa responsável por tornar as cinzas em fertilizantes agrícolas.
COMO	HOW	As cinzas serão coletadas e destinadas a uma empresa responsável por compostar esse resíduo.
QUEM	WHO	Analista ambiental da empresa
QUANTO	HOW MUCH	Os custos envolvidos serão com a destinação e transporte do resíduo.

Fonte: Adaptado de Moraes (2015, p20)

Quadro 6 - Plano de ação para emissão de gases

4Q1POC	5W2H	DETALHAMENTO DA AÇÃO
O QUÊ	WHAT	A organização pretende instalar um filtro de manga
QUANDO	WHEN	No segundo semestre de 2027.
POR QUÊ	WHY	Importância de se executar esse projeto é controlar a poluição do ar.
ONDE	WHERE	Será instalado na Caldeira da organização.
COMO	HOW	A ação será executada na caldeira da organização, onde será instalada o equipamento, responsável por reduzir as emissões de gases na atmosfera.
QUEM	WHO	O responsável pela execução do projeto será o proprietário da empresa.
QUANTO	HOW MUCH	Custos com a compra do lavador de gases, com a instalação e manutenção.

Fonte: Adaptado de Moraes (2015, p20)

A implementação das ações propostas representa uma oportunidade para que a organização avance em direção a uma gestão ambiental mais eficiente e alinhada aos princípios da sustentabilidade empresarial. O reaproveitamento das cinzas e a adoção de tecnologias para controle das emissões

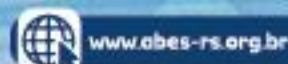
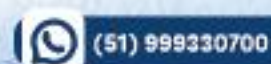
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



atmosféricas contribuem para a redução dos impactos ambientais associados ao processo produtivo, além de favorecerem o cumprimento da legislação ambiental vigente. Dessa forma, a empresa deixa de atuar apenas de forma corretiva e passa a incorporar práticas preventivas, promovendo a melhoria contínua de seu desempenho ambiental (BARBOSA et al., 2023).

Além dos benefícios ambientais, tais investimentos podem fortalecer a imagem institucional da organização perante clientes, fornecedores e demais partes interessadas, demonstrando compromisso com a responsabilidade socioambiental. Assim, a execução do plano de ação proposto permitirá compatibilizar as atividades de recapagem de pneus com os preceitos da sustentabilidade empresarial, agregando valor ao negócio e contribuindo para a perenidade da organização no mercado.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pneus sempre foram um problema para o meio ambiente, apesar da sua utilidade, quando esse produto passa a ser inservível sua disposição final inadequada pode acarretar problemas à saúde pública e ao meio ambiente. A recapagem de pneus é um processo que traz vantagens aos fornecedores, consumidores e ao meio ambiente, pois oferece economia ao consumidor, gera lucro as empresas que fornecem esse serviço e reduz o descarte deste resíduo, mas mesmo assim é uma atividade impactante ao meio ambiente se não houver um gerenciamento adequado do processo produtivo.

Os aspectos e impactos ambientais foram identificados durante a visita técnica e classificados pela matriz de impactos onde foi possível caracterizar os aspectos mais significativos, que estão relacionados a geração de pó de borracha, geração de cinzas e a emissão de gases. Com isso, foi possível criar um plano de ação para mitigar tais impactos e promover a adequação ambiental da empresa.

Para os resíduos de cinzas foi sugerido a destinação do resíduo a uma empresa especializada em transformar o resíduo de cinzas em fertilizantes agrícolas, onde um passivo ambiental seria transformado em um produto. Para a emissão de gases, houve a proposição da instalação de um filtro de manga para redução da emissão de poluentes para atmosfera. A vantagem deste equipamento é ter um custo benefício considerado baixo. Já o pó de borracha já havia uma destinação final adequada.

A empresa estudada ainda apresenta passivos ambientais em seu processo produtivo, assim, precisará fazer investimentos para se adequar ao plano de ação proposto. Desta forma, se tornará mais sustentável, trazendo benefícios ao meio ambiente, à saúde de seus funcionários e da população, além de melhorar sua imagem no mercado, aumentando sua competitividade.

Recomenda-se, para estudos futuros a implementação da certificação NBR ISO 14001:2015. A certificação ISO 14001 além de ser uma importante ferramenta para o sistema de gestão ambiental demonstra a preocupação das empresas com o meio ambiente e a sua preservação, além de trazer grandes benefícios para as empresas no quesito economia de recursos e corte de gastos desnecessários.

Realização



Apoio Institucional

REBOB
Rede Brasileira de
Reciclagem de Borracha

Correalizadores

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

PUCRS



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. S. et al. Integration of Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria: their impacts on corporate sustainability performance. **Humanities and Social Sciences Communications**, v. 10, n. 1, p. 410, 2023.

BARBOSA, M. G. et al. Eficiência de um filtro de mangas no tratamento de gases oriundos de caldeira de queima de biomassa sólida. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 9, n. 11, p. 293-308, 2013.

BALOGH, Sadia Babar et al. Wood ash application for crop production, amelioration of soil acidity and contaminated environments. **Chemosphere**, v. 357, p. 141865, 2024.

BORDIGNON, L. **Efeitos do aumento da concentração de CO₂ atmosférico e da elevação da temperatura em plantas e suas interações biológicas**. 2016. 134 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

FIORITI, C. F. et al. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes da recauchutagem de pneus. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 43-54, 2007.

FLORIANI, M. A.; FURLANETTO, V. C.; SEHNEM, S. Descarte sustentável de pneus inservíveis. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 37-51, 2016.

FRANKLIN, Y.; NUSS, L. F. **Ferramentas de gerenciamento**. Resende: AEDB, 2006.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade**. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2003.

MORAES, M. V. G. **Sistema de gestão: princípios e ferramentas**. São Paulo: Érica, 2015.

PIRES, D. O. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

ROUHANI, Abdulmannan; PIDLISNYUK, Valentina; AL SOUKI, Karim Suhail. Characterizations of ash derived from the crops' waste biomass for soil improvement and assisted phytoremediation. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 62, p. 103456, 2024.

ROLKA, E. et al. Wood Biomass Ash (WBA) from the Heat Production Process as a Mineral Amendment for Improving Selected Soil Properties. **Energies**, v. 16, n. 13, 2023.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. Oficina de textos, 2004.

SILVA, A. P. S. et al. Avaliação da eficiência do lavador de gases do tipo Venturi no controle das emissões de gases e particulados emitidos na combustão de maravalha de pinus. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA**, 20., 2014, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2014.

SUN, W. et al. Tire wear particles in aquatic environments: a systematic review of sources, detection, distribution, and toxicological impacts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 305, p. 119236, 2025.

TEKER ERCAN, E. E. et al. Wood Ash as Sustainable Alternative Raw Material for the Production of Concrete: A Review. **Materials**, v. 16, n. 7, 2023.

YANG, Dongdong et al. Changes in anthropogenic particulate matters and resulting global climate effects since the Industrial Revolution. **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 1, p. 315-330, 2022.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br