

UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

**CLÉBER ALMIR LÁZARO
DANILO DA SILVA FERNANDES
DIVONEI DE CAMPOS PAULO
KATIA KAZUE SATO
MARCUS VINICIUS DA COSTA
RAFAEL DOS SANTOS TIBURCIO
RODRIGO JÚLES MARQUES**

**Aplicação de soluções sustentáveis através da implementação de separadores
de resíduos na indústria automotiva**

Vídeo do Projeto Integrador

<https://vimeo.com/568495542>

Salto - SP
2021

UNIVERSIDADE VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Aplicação de soluções sustentáveis através da implementação de separadores de resíduos na indústria automotiva

Relatório Técnico - Científico apresentado na disciplina de Projeto Integrador para o curso de Engenharia de Produção da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP).

DA COSTA, Marcus Vinicius da Costa; DOS SANTOS, Rafael Tiburcio; SATO, Katia Kazue; LÁZARO, Cleber Almir; MARQUES, Rodrigo Jules; FERNANDES, Danilo da Silva; DE CAMPOS, Divonei Paulo. **Aplicação de soluções sustentáveis através da implementação de separadores de resíduos na indústria automotiva.** 00f. Relatório Técnico-Científico. o (Bacharelado em Engenharia de Produção) – **Universidade Virtual do Estado de São Paulo.** Tutor: Eduardo Palhares Junior. Polo Salto 2021.

RESUMO

A indústria automotiva é uma das principais indústrias do país, sendo que o processo produtivo da indústria automotiva gera resíduos que devem ser tratados. Uma gestão eficaz desses resíduos contribui para a preservação ambiental, aumentos do lucro e produtividade da empresa.

A gestão de resíduos da indústria automotiva nada mais é que a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação adequada dos resíduos. A decisão de como implantar a gestão de resíduos é determinado pela própria empresa, desde que ela siga as instruções normativas impostas pela lei 12.305/2010.

PALAVRAS-CHAVE: Industria 4.0; Resíduo; Separadores; Revolução industrial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO.....	2
2.1 OBJETIVOS.....	2
2.1.1 <i>Objetivo Geral.....</i>	2
2.1.2 <i>Objetivo Específico.....</i>	2
2.2 JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	3
2.3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.3.1 <i>O Tripé da Sustentabilidade.....</i>	3
2.3.2 <i>A Industria Automotiva é uma Grande Consumidora de Materiais.....</i>	4
2.4 A APLICAÇÃO DAS DISPLINAS ESTUDADAS NO PROJETIO INTEGRADOR	5
2.5 METODOLOGIA	6
3. RESULTADOS	7
3.1 AVALIAÇÃO INICIAL	7
3.1.1 <i>Plástico.....</i>	7
3.1.3 <i>Vidro.....</i>	8
3.1.3 <i>Borracha.....</i>	8
3.1.4 <i>Metal.....</i>	9
3.2 SOLUÇÃO FINAL	10
3.2.1 <i>Plástico.....</i>	10
3.2.3 <i>Vidro.....</i>	10
3.2.3 <i>Borracha.....</i>	11
3.2.4 <i>Metal.....</i>	12
4. RESULTADOS	14
REFERÊNCIAS.....	15

1. INTRODUÇÃO

A Quarta Revolução Industrial trouxe à tona novas tecnologias e inovações, de uma maneira muito mais rápida e ampla do que as encontradas nas revoluções anteriores. A revolução da Indústria 4.0 é caracterizada pelo uso intenso de tecnologia digitais buscando aprimorar a fabricação de novos produtos, com uma maior eficiência em um menor espaço de tempo. Isso permite uma maior agilidade de reação nas demandas e uma otimização em tempo real da produção e da cadeia de suprimentos.

Diversas empresas surgiram com essa revolução industrial, fenômenos como Uber, Airbnb e Facebook eram praticamente desconhecidos ou nem existiam até poucos anos atrás. A inteligência artificial (IA) mudou completamente a maneira com que o ser humano se relaciona com o mundo e com as tecnologias, com o surgimento de carros autônomos, drones, assistentes virtuais etc. A velocidade e a intensidade desta revolução merecem estudos mais aprofundados, uma vez que suas propostas são tão ambiciosas que podem representar inovações ainda mais impactantes do que as alcançadas pelas revoluções anteriores (SCHWAB, 2017).

Dentro do contexto de desenvolvimento sustentável, a abrangência dos aspectos positivos mencionados sobre a Quarta Revolução Industrial, também abrem espaço para consequências com potencial negativo, principalmente no que diz respeito aos pilares sociais e ambientais. Segundo Martine (2015), “várias fronteiras ecológicas globais estão sendo ultrapassadas, abrindo a possibilidade de transformações bruscas e incontroláveis na esfera planetária se não houver mudanças significativas e urgentes”. As novas tecnologias e seus impactos marcam o surgimento de novos modelos de negócios, reformulam sistemas de produção, consumo, transporte e lazer. Logo, é preciso pensar sobre como a Indústria 4.0 pode ser direcionada para geração de uma sociedade mais desenvolvida, inclusiva e, principalmente, sustentável.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivos

2.1.1 - Objetivo Geral

Realizar um estudo sobre sustentabilidade dentro da indústria automotiva, especificamente analisando a gestão de resíduos dentro do processo produtivo de uma indústria automotiva no interior de São Paulo.

2.1.2 - Objetivo Específico

- Verificar como a empresa atualmente realiza a sua gestão de resíduos;
- Analisar maneiras e técnicas que podem melhorar na gestão de resíduos;
- Apresentar sugestões para melhorar a separação de resíduos e sua gestão, com foco na sustentabilidade.

2.2 Justificativa e delimitação do problema

Com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS ficou estabelecido que as empresas geradoras de resíduos são responsáveis pela destinação final ambientalmente correta. A indústria deve praticar hábitos de consumo sustentável e propor um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos.

Conforme já explicado, a gestão de resíduos da indústria automotiva engloba a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação adequada dos resíduos. A empresa deve determinar como será implementado a sua gestão de resíduos, seguindo as instruções normativas que estabelecem a lei 12.305/2010.

Dentro dessa perspectiva, a organização pode, por exemplo, criar um setor interno responsável pelo gerenciamento dos resíduos ou contratar uma empresa terceirizada para realizar esse serviço. Porém, deve se enfatizar que a contratação não exime a geradora da responsabilidade pela destinação correta dos seus resíduos.

A gestão de resíduos na indústria automotiva pode inclusive aumentar a produtividade da empresa, uma vez que uma boa gestão de resíduos mantém internamente os recursos da empresa pelo maior tempo possível, extraindo o valor máximo deles durante o uso. Com uma gestão eficaz é possível recuperar uma grande quantidade de matérias que podem ser reutilizados. Além disso, reduz a necessidade de processo prejudicial ao meio ambiente, como refinar minério de ferro usando carvão para criar aço.

Uma indústria automotiva pode gerar dois tipos de resíduos, que são classificados em duas classes:

- Classe I: São os resíduos perigosos e devem ter destinação adequada: combustíveis, óleos lubrificantes, fluidos do radiador e freios, baterias e lâmpadas com vapor de mercúrio.
- Classe II: São os componentes recicláveis e podem ser reaproveitados (sucata): chapas de aço, plásticos, bancos, tecidos, fios elétricos, vidros e os pneus de borracha.

Com isso em mente, é possível perceber que a indústria automotiva pode ter diversos problemas com a separação e gestão destes resíduos, principalmente quando se pensa em sustentabilidade.

Este trabalho busca explorar o processo de separação e gestão destes resíduos dentro de uma empresa do ramo automotivo, buscando explorar as dificuldades e técnicas que são utilizadas ou que podem ser implantadas por essa empresa.

2.3 Fundamentação teórica

2.3.1 - O Tripé da Sustentabilidade

Triple bottom line (TBL) é uma construção relacionada à sustentabilidade que foi cunhada por Elkington em 1997. A origem do termo sustentabilidade é antiga, sendo que ela foi evoluindo ao longo dos anos, o construto ganhou popularidade significativa com o surgimento do termo "desenvolvimento sustentável" do Relatório Brundtland em 1987. O relatório definiu o termo como o "desenvolvimento que atende a necessidades das gerações presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades" conforme explica Brundtland (1987). Impulsionada pela sustentabilidade, o "*Triple Bottom Line*" fornece uma estrutura para medir o desempenho dos negócios e o sucesso da organização em três linhas: econômica, social e ambiental (Goel, 2010). Dentro dessa essência, o "*Triple Bottom Line*" expressa a expansão da agenda ambiental de forma que integre as linhas econômicas e o social (Elkington, 1997).

O "*Triple Bottom Line*" (TBL) é um método usado na contabilidade empresarial para expandir ainda mais o conhecimento da empresa e suas partes interessadas. Vai além dos aspectos financeiro tradicionais, e revela o impacto da empresa no mundo ao seu redor. Existem três focos principais do TBL: pessoas, planeta e lucro, segundo o Relatório Global Initiative de 2006. É um "esforço concentrado para incorporar considerações econômicas, ambientais e sociais nos processos de avaliação e tomada de decisão de uma empresa" (Wang & Lin, 2007). Este tipo de

relatório estabelece os princípios pelos quais uma empresa deve operar para se concentrar no efeito total de suas ações (positivas e negativas).

Sustentabilidade tem sido a palavra da moda há mais de uma década. Os fatores mais frequentemente vistos usados na medição de desempenho são: econômica, ambiental e social ("Global Reporting Initiative," 2006; Wang & Lin, 2007).

Na literatura, não há consenso real quanto às dimensões exatas usadas para as medidas de desempenho. Com isso outras dimensões podem ser utilizadas: a melhoria da comunidade, meio ambiente, empreendedorismo e educação (Sher & Sher, 1994) e engajamento das partes interessadas, integridade organizacional e ativismo das partes interessadas (Painter-Morland, 2006).

Em todos os casos, o desempenho é medido com base no impacto das empresas na sociedade como um todo, agora e no futuro.

Uma vez que o TBL envolve relatórios adicionais, as empresas precisam incorporar essas informações nos relatórios fornecidos, de forma a melhor comunicação com as partes interessadas. As informações específicas relatadas devem ser reavaliadas periodicamente para garantir que as expectativas traçadas nos relatórios estão sendo atendidas. Quando uma restrição é relatada e causa resultados menos que satisfatórios, é importante para a empresa descobrir os processos ou procedimentos que estão dando resultados insustentáveis e corrigi-los. Dessa forma, eles continuam a operar no sentido de atender aos seus objetivos sustentáveis.

Em linhas gerais, o TBL, ou também conhecido como tripé da sustentabilidade, busca trazer para as empresas um viés focado em sustentabilidade, uma vez que essas empresas agem impactando a sociedade, tanto no presente quanto no futuro.

2.3.2 - A indústria automobilística é uma grande consumidora de materiais.

Atualmente há uma grande circulação de veículos, pois é extremamente popular na sociedade brasileira e sua demanda de mercado é altíssima uma vez que os veículos estão no nosso principal modal de transporte, pensando em uso coletivo, individual ou de carga. A produção de automóveis resulta na geração de resíduos; esses materiais residuais são reciclados por muitos fabricantes, pois ajuda a resolver a escassez de suprimentos durante o processo de fabricação (SHARMA, Preeti et al., 2016).

A gestão de resíduos automotivos envolve a reutilização e reciclagem de materiais residuais, como metal, solventes, baterias, plástico e vidro. A reciclagem desses materiais ajuda a lidar com as preocupações ambientais e permite que abordem a questão do esgotamento de recursos. Atualmente, cerca de 75% do peso total do veículo é reciclado. Os veículos em fim de

vida tentam empurrar o processo de reciclagem ainda mais: com o percentual de reciclabilidade (85%) e recuperabilidade (95%). Os 25% restantes vão para aterro, e é conhecido como Resíduo de Trituração Automática (ASR). ASR é composto principalmente de espumas e penugem (40-52%), plásticos (20-27%), borrachas (18-22%) e metais (4-15%) e atualmente não há tecnologia com custo-benefício de reciclagem de plásticos e espumas (SHARMA, Preeti et al., 2016).

Conforme explica Sharma et al. (2016), muitos especialistas em reciclagem de automóveis modernos propõem uma série de procedimentos a fim de alcançar um melhor desempenho na reciclagem de veículos em fim de vida (ELVs), pois é muito útil essa recuperação, afinal valiosos recursos e materiais de veículos podem ser aproveitados.

Diversas iniciativas em diversos lugares do mundo têm sido propostas e são utilizadas para a gestão de resíduos sólidos. Especialistas iniciaram e ofereceram estratégias para reduzir o volume de geração de resíduos. Redução, prevenção, recuperação, reembalagem, compostagem, reciclagem, reutilização, aterro, incineração etc. são apenas algumas das principais formas atualmente usadas para gerenciar resíduos em geral, conforme explicado por Sharma et al. (2016).

Reutilizar e reciclar geralmente são usados de maneira intercambiáveis quando se fala de gerenciamento de resíduos. A reciclagem pode ajudar a eliminar e, assim, minimizar os resíduos. É possível minimizar o desperdício por meio da fabricação de máquinas a partir de metais descartados usados das indústrias e mercados de sucata de metal, conforme é bem exposto por Sharma et al. (2016). O problema dos resíduos gerados pelos automóveis ainda não chama a atenção, embora o número de veículos terem aumentado consideravelmente na última década. Ainda não há regras bem estabelecidas quanto à reciclabilidade e descarte de ELV e não há infraestrutura, sistema organizado de coleta, desmontagem, trituração e processamento de sucata de automóveis. Atualmente, veículos sucateados são cortados e vendidos em baixa unidades de tecnologia levando a baixas recuperações e poluição ambiental.

Ou seja, conforme é possível observar a indústria automobilística ainda sofre em relação a sustentabilidade de seu processo de fabricação. Com problemas relacionados a reciclagem e reutilização dos resíduos que são gerados em seu processo de produção.

2.4 Aplicação das disciplinas estudadas no Projeto Integrador

Através deste projeto integrador foi possível aplicar diferentes disciplinas, com destaque para as seguintes:

Introdução à Engenharia – onde foi utilizado os conceitos onde se avalia o todo, buscando soluções para que se possa resolver os problemas identificados na avaliação realizada. Buscou-se

a avaliação do problema, coleta de informações, procura de soluções plausíveis para o projeto e maneiras de adotar as soluções encontradas.

Metodologia Científica – aplicou-se os conceitos desta disciplina ao longo de todo o projeto, onde foi necessário realizar uma pesquisa científica que deu o embase necessário ao projeto.

Inglês – uma vez que parte do material adotado como referência bibliográfica estava na língua inglesa, sendo necessário então conhecimentos da língua para que pudesse identificar nos trabalhos selecionados o conteúdo adequado ao projeto.

2.5 Metodologia

Este trabalho buscou investigar os conceitos do tripé da sustentabilidade, e ainda foi realizado um estudo de caso de uma empresa da indústria automobilística onde foi analisado o processo de separação de resíduos e seus impactos para o meio ambiente, com foco em desenvolver um processo voltado a sustentabilidade.

Artigos, livros, revistas e entrevistas nortearam a fundamentação teórica deste estudo.

De acordo com esses conceitos, o trabalho foi desenvolvido da seguinte maneira:

- 1) Foi realizado um brainstorming entre os membros do grupo para discussão do projeto e qual seria o melhor caminho para seguir com ele;
- 2) Buscou-se estudar o tema central, buscando referências bibliográficas que serviriam para embasar o trabalho. Este estudo está composto na Fundamentação Teórica, e através dela o leitor entenderá melhor os conceitos do tripé da sustentabilidade, o processo industrial do setor automobilístico, os resíduos que são gerados nesse processo industrial, e formas de gerir e separar estes resíduos com foco na sustentabilidade.
- 3) Será detalhado então uma proposta para a solução do problema levantado, que seria a separação de resíduos do processo industrial do setor automobilístico.
- 4) Ao final será feita as considerações finais, demonstrando o que foi aprendido com o trabalho, as dificuldades e limitações dele, e quais seriam os próximos passos caso ele fosse continuado.

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação Inicial

Conforme destacado na fundamentação teórica, a indústria automotiva ainda encontra dificuldades para incluir processos mais sustentáveis dentro do seu processo de separação e gerenciamento de resíduos. Diante disso, o grupo buscou fazer uma entrevista com o responsável pelo processo de produção de uma empresa montadora de veículos para entender melhor o processo de montagem e quais os principais resíduos que são gerados desse processo. Além disso, o grupo buscou identificar possíveis formas de melhorar o processo com foco na separação de resíduos, buscando uma maior sustentabilidade do seu processo.

Conforme conversado com o representante da empresa, há sim alguns processos que envolvem a separação de resíduos. O foco do trabalho então será apresentar diversas soluções com foco nos seguintes resíduos: plástico, vidro, borracha e metal.

3.1.1 - Plástico:

Plásticos são materiais baratos, leves e duráveis, que podem ser prontamente moldados em uma variedade de produtos que podem ser usados em uma ampla gama de aplicações. Como consequência, a produção de plásticos e a porcentagem de plásticos usados no veículo tem aumentado consideravelmente nos últimos anos.

No entanto, os níveis atuais de seu uso e descarte geram vários problemas ambientais. Por volta de 4 por cento da produção mundial de petróleo e gás é usado como matéria-prima para plásticos e mais 3 a 4 por cento é utilizado para fornecer energia para sua fabricação. Além disso, devido à estabilidade dos polímeros envolvidos, quantidades substanciais de plástico descartado no fim de vida se acumulam como destroços em aterros e habitats ao redor do mundo.

A indústria de plásticos se desenvolveu consideravelmente desde a invenção de várias rotas para sua produção de fontes petroquímicas. Os plásticos têm benefícios substanciais em termos de baixo peso, durabilidade e custo mais baixo em relação a muitos outros tipos de materiais.

A seleção das peças só pode ser feita manualmente, pelo menos no estágio primário, mas deve haver algum tipo de treinamento para as pessoas classificá-los da maneira certa. O plástico é amplamente utilizado na indústria automotiva.

3.1.2 - Vidro:

Já o vidro é um material de alta tecnologia vital para ser usado na construção, transporte e aplicações automotivas. O conteúdo médio de vidro em um veículo é de 3% em massa. Os veículos motorizados contêm dois tipos diferentes de vidro de segurança: temperado e as peças são compostas de vidro juntamente com materiais funcionais, como vidro interno de plástico, tintas cerâmicas, conectores elétricos de impressão de prata, materiais de encapsulamento, cliques de fixação e outros de acordo com os requisitos do fabricante do veículo para módulos de vidros.

O vidro automotivo é mais fino do que o vidro plano de construção e, portanto, intrinsecamente mais frágil, embora seja temperado para melhorar a durabilidade e a segurança. Embora a segurança seja a principal razão para o uso de vidros mais finos, o seu objetivo principal é para minimizar o peso de seus veículos. Todos os materiais e componentes devem contribuir para isso. Além disso, o vidro automotivo está sujeito a um exame minucioso. No veículo, os ocupantes sentam-se muito próximos da vidraça por um longo período, portanto, quaisquer defeitos serão muito mais aparentes. Mesmo defeitos óticos muito pequenos podem resultar em fraquezas estruturais e, portanto, falha prematura.

Em aplicações automotivas, surge o desperdício durante a produção de vidros laterais moldados e para-brisas. Esse desperdício é aparado e reciclado. Muito pouco trabalho é realizado até o momento na recuperação desses fluxos de resíduos.

3.1.3 - Borracha:

A borracha pode ser de dois tipos: borracha natural e borracha sintética. Borracha sintética pode ser feita de polimerização de monômeros como estireno, cloropreno, isobuteno e 1,3-butadieno. Borracha sintética é muitas vezes preferida à borracha natural porque a borracha sintética tem maior estabilidade térmica e compatibilidade com produtos à base de petróleo. Além disso, a borracha sintética pode ser modificada usando várias combinações de monômeros. Ao contrário da borracha natural, a borracha sintética não contém vestígios de contaminantes, permitindo a adição de outros materiais a fim de alterar suas propriedades.

Normalmente, aditivos como negros de fumo ou zinco podem ser usados para alterar as propriedades mecânicas do produto. Como resultado, a borracha sintética é frequentemente usada para produzir produtos mais duráveis, como mangueiras, correias e pneus.

Por exemplo, alterar as porcentagens de enxofre ou aditivos irá produzir diferentes tipos de pneus adequados várias aplicações.

A crescente demanda por automóveis gerou grande quantidade de resíduos de pneus e sua destinação final de forma economicamente viável e de maneira favorável ao meio ambiente tornou-

se um desafio para muitos governos em todo o mundo. O aumento contínuo no custo de gerenciamento de resíduos de pneus levou a despejo e armazenamento ilegal. Eles são descartados, principalmente, em aterros sanitários ou de alguma forma inadequada, como despejo ilegal. Desperdício e minimização incluem reciclagem, reutilização e desenvolvimento de novos processos de redução de toxicidade. A hierarquia de gestão de resíduos inclui redução, reutilização, reciclagem, aterro e recuperação de resíduos por processo físico, biológico e químico.

3.1.4. - Metal:

Os metais são especificamente resíduos sólidos provenientes de resíduos industriais sólidos (por exemplo, reequipamento industrial, equipamento quebrado ou aterrado etc.) resíduos de construção, sucata de automóvel, sucata de escritório, rejeitada peças etc. A maioria das máquinas, equipamentos e ferramentas são feitas de metais, que constituem o material principal usado para produzir a infraestrutura mundial. As partes metálicas consistem em mais de 70% do valor total de componentes encontrados no veículo, sendo os materiais, aço e alumínio, dominantes nas aplicações estruturais.

Aço de vários graus é usado como um componente principal para a estrutura, chassi e partes da carroceria do veículo. O alumínio é usado também na carroceria, partes do chassi e motor, peças internas, airbags etc. O resto dos metais e outros materiais são encontrados em quantidades menores e são usados para produzir as peças auxiliares do carro. Por exemplo, cabos, radiadores, conectores etc. são feitos do cobre. Chumbo e zinco também são materiais usados nos automóveis. A principal aplicação para chumbo é a bateria do veículo, mas também é usado como elemento de liga em aço e alumínio para propriedades de usinagem. O zinco, por outro lado, entre outras finalidades, também é usado como revestimento de aço para prevenção de corrosão.

Após a fase de utilização, o veículo torna-se resíduo como qualquer outro produto. Mais de 90% dos veículos em fim de vida são recolhidos e tratados, conforme as recentes medidas regulamentares impõem. Uma série de processos seguem para extrair peças e materiais reutilizáveis e recicláveis e também reduzir o volume do desperdício. Um veículo hoje é reutilizado e reciclado a uma taxa média de 80% do peso. Cerca de 65% a 70% desta taxa corresponde aos seus componentes metálicos enquanto os restantes 10% a 15% correspondem às partes que são desmontados e reutilizados ou reciclados.

3.2 Solução Final

Com base nos problemas apresentados, pensou-se nos seguintes processos que poderiam auxiliar no processo da indústria automotiva, com base em cada um dos resíduos apresentados anteriormente.

3.2.1 - Plástico:

Uma primeira etapa dos automóveis é controlar a quantidade de peças importadas para o país e, em vez disso, reutilizar as peças antigas dos veículos em fim de vida (ELVs). Muitos revendedores de veículos importam peças como para-choques, luzes, painel de exibição etc. com o intuito de fazer lucro, mas não consideram cuidadosamente como essas peças serão descartadas ou gerenciadas depois de servir a propósitos úteis.

A reciclagem é uma das ações mais importantes hoje disponíveis para reduzir esses impactos e exibe uma das áreas mais dinâmicas na indústria de plástico. Reciclar prove oportunidades de reduzir o uso de petróleo, as emissões de dióxido de carbono e as quantidades de resíduos que precisam ser descartados.

A reciclagem pode ser feita pela diminuição do uso de material por meio de *downgrade* ou reutilização do produto, o uso de materiais biodegradáveis alternativos e a recuperação de energia como combustível. Os recursos naturais são preservados quando os resíduos são fundidos, triturados ou moldados em novas formas. Este fenômeno possui um longo caminho para beneficiar toda a indústria, já que os gases não conhecem fronteiras e o petróleo globalmente pode ser reservado para o futuro se o pouco extraído for reutilizado ou reciclado repetidamente em novos produtos.

3.2.2 - Vidro:

O vidro é um material compatível com o meio ambiente que pode ser fundido novamente e usado como um material secundário após tratamento adequado. Assim, é possível desmontar o vidro do ELV, coletar e transportar o vidro para unidades de tratamento, purificar o vidro e obter uma matéria-prima de vidro limpa e reutilizável chamada *cullet*. *Cullet* pode ser reaproveitado na fabricação de produtos de vidro, e é um substituto em outros mercados de matérias-primas. A indústria de produção de vidro usa o *cullet* com duas vantagens: em primeiro lugar, é relativamente mais barato que a matéria-prima (sílica) e consome menos energia elétrica nos fornos de fusão. Em segundo lugar, ele economiza toneladas de recursos naturais que são explorados, transportados, tratados e consumidos para fazer produtos de vidro. Assim, o reaproveitamento do

cullet contribui positivamente de várias maneiras para o meio ambiente. Os principais métodos envolvidos na reciclagem de vidro ELV são: Desmontagem, Processamento de Cullet e Trituração.

Desmontagem: O vidro deve ser retirado do veículo e classificado por tipo de acordo com a proposta para uso final, ou seja, vidros traseiros laminados, impressos em prata etc. O tempo médio para esta operação é de cerca de cinco minutos por veículo.

Processamento de Cullet: O processador de Cullet seleciona a partir da gama de resíduos de vidro que estão disponíveis para serem fatores desta conta, como nível de contaminação, continuidade do fornecimento e fatores financeiros, por exemplo custos e preços de venda.

Trituração: nesta operação, todos os vidros do veículo são triturados em pedaços, que são separados em fluxos de produtos. O vidro deixado no veículo passa para um fluxo de agregado misto consistindo em pedra e tijolo etc.

3.2.3 - Borracha:

Os métodos atuais de disposição de resíduos de pneus incluem aterro, fragmentação, desvulcanização, remoldagem, incineração, combustível derivado de pneus e recuperação de energia por pirólise.

Aterro: A trituração dos resíduos de pneus antes do descarte foi feita para reduzir o tamanho antes do descarte. Atualmente, cerca de 50% dos resíduos de pneus de automóveis são usados para aterros sanitários em todos os países. Pneus enterrados em aterros sanitários causam riscos de incêndio em vários locais. Esses incêndios levam à pirólise descontrolada de pneus que produz uma mistura complexa de produtos químicos. Mais conhecimento sobre a lixiviação de longo prazo de produtos químicos orgânicos nos aterros é bastante limitada no momento.

Crumbing: É outro método de descarte. Neste método, os pneus são cortados em vários estágios até que a borracha atinja a forma de migalhas que podem ser utilizadas em diversas aplicações. Embora haja mercado para o farelo do pneu, apenas cerca de 25% estão sendo usados atualmente. Ele potencialmente fornece a solução mais eficaz para a reciclagem sem causar qualquer outro problema de poluição direta.

Desvulcanização: desvulcanização significa reverter a borracha de seu estado termoendurecível e elástico de volta a um plástico, estado moldável. Isso é possível separando as ligações de enxofre na estrutura molecular. Com o método de desvulcanização adequado, uma porcentagem muito maior de pneus velhos de borracha fragmentada pode ser usada como composição.

Remoldagem: É um processo caro para o fabricante, tanto em termos de economia quanto de trabalho físico. Além disso, apenas alguns projetos, cerca de 20% dos pneus são adequados para remodelação, o que pode aumentar em 5% no futuro.

Incineração: energia elétrica pode ser gerada pela incineração de resíduos de pneus. No entanto, este método requer altos custos de investimento e ainda causa muita poluição. Recuperação térmica em fornos de cimento e usinas de energia são uma rota importante para o descarte de pneus incinerável, portanto, os legisladores podem insistir na renovação de sistemas de emissão de certos usuários.

Combustível derivado de pneus: uma vez que resíduos de pneus são originados da borracha, que é uma matéria orgânica e tem alta concentração de energia, o pneu pode ser usado para gerar calor e energia elétrica. A substância utilizável obtida do pneu para esta finalidade é referida como Combustível Derivado de Pneu (TDF). TDF é usado principalmente para aquecimento uso em fornos de cimento.

Pirólise: a pirólise de pneus é um processo de conversão de resíduos de plástico e pneus em óleo de pirólise, carbono gás preto e hidrocarboneto. A pirólise é um processo de degradação molecular onde as moléculas maiores são divididas em moléculas menores. Calor e catalisador são necessários para a reação. Os pneus decompostos transformados em gás de petróleo. Por pirólise de resíduos de polímero, é possível recuperar valor de resíduos na forma de óleo de pirólise, gás de hidrocarboneto e carvão vegetal.

3.2.4 – Metal:

As etapas seguidas nas instalações de tratamento em fim de vida em ordem consecutiva são: pré-tratamento, desmontagem, trituração e tratamento de resíduos do triturador.

Pré-tratamento: durante o pré-tratamento, os componentes do veículo que contêm substâncias perigosas e tóxicas são removidos. Exemplos de tais componentes são os fluidos operacionais, como diferentes óleos e combustíveis, a bateria, os filtros de óleo, componentes que contêm mercúrio e dispositivos como os airbags que contêm substâncias explosivas. A maioria das peças removidas nesta fase são recicladas ou posteriormente tratadas e descartadas de acordo com o regulamento.

Desmontagem: A próxima etapa é a desmontagem, onde o veículo é desmontado em seus principais componentes e as peças individuais que podem ser recicladas ou reutilizadas diretamente são removidas. Peças que têm um aspecto econômico valor como o motor ou outras partes do corpo podem ser recuperados diretamente e reutilizados após alguns processos de reparação. Além disso, conforme o veículo é desmontado, diferentes partes são divididas em

diferentes frações de materiais e componentes e, em seguida, ocorre a reciclagem. Exemplos dos mais comumente encontrados os componentes desta fração incluem pneus, peças de vidro, conversores catalíticos etc.

Trituração: O objetivo da trituração é reduzir o volume dos resíduos restantes e ao mesmo tempo separar os materiais em frações mais homogêneas para facilitar sua reciclagem. O veículo as peças são fragmentadas em pedaços menores e, em seguida, processos mecânicos e físicos, como processos magnéticos separação, correias parasitas e métodos de flutuação em afundamento são usados para separar ainda mais os diferentes materiais de acordo com seu tipo e propriedades. Após esses processos, os materiais são divididos em três categorias gerais: metais ferrosos (ferro, aço), metais não ferrosos (alumínio, cobre) e triturador resíduos. Os materiais ferrosos e não ferrosos são reciclados diretamente como sucata.

Tratamento de resíduos do triturador: os resíduos do triturador (SR) constituem os 25% restantes em peso do veículo que não é reciclado. Os materiais da fração SR são mais difíceis de serem extraídos, pois é uma mistura de substâncias com propriedades diferentes. A extração e reciclagem dessas substâncias é possível, mas na maioria das vezes não é economicamente viável. A maioria da fração SR acaba em aterros sanitários após algum último processo de tratamento. Processos de pós-trituração com o objetivo de alcançar maior separação e os níveis de reciclagem, extraindo os metais restantes e outras peças como plásticos e minerais do SR. Novamente, métodos de separação mecânica e física são usados.

Os resíduos restantes são altamente consistentes de polímeros são descartados em aterros sanitários na maioria dos países do mundo. Levando em conta o fato de que a concentração de plásticos e compósitos em veículos novos está aumentando, o tratamento pelo SR se tornaria muito mais ineficiente. Aumentando as possibilidades de utilização de SR e maior recuperação as taxas estão, portanto, se tornando urgentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta estratégias emergentes para a reciclagem de resíduos automotivos para minimizar seus impactos negativos no meio ambiente, atualizando as tecnologias e, assim, desenvolvendo uma vida saudável e ambiente próspero. A ideia do trabalho foi abordar estratégia que seriam interessantes de serem aplicadas em uma empresa industrial automotiva, como aquela que foi usada como referência.

Através do presente trabalho fica claro que regulamentações rígidas devem ser feitas para resolver o problema de descarte de antigos veículos sem utilidade. O uso da hierarquia de resíduos, como reciclagem, reutilização e redução, fornece um quadro de gerenciamento dos resíduos. A adequação e os benefícios desses métodos dependem da natureza, do tempo necessário e custo da operação. Mono-materiais que economizam carbono e que podem ser eventualmente recuperados para reutilização no final da vida útil deve ser usado para combater o problema de gestão de resíduos automotivos enfrentado por todo o mundo.

O grupo buscou então, através de uma fundamentação teórica robusta, soluções para esses problemas, sendo que em um primeiro momento foi realizado um contato com um representante de uma empresa do ramo para entender melhor os processos e depois foi pensando em ideias que pudessem auxiliar no problema dos resíduos.

REFERÊNCIAS

AZAPAGIC, A.; PERDAN, S. Indicators of sustainable development for industry: a general framework. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 78, n. 4, p. 243-261, 2000.

GOMES, D. “Estudo sobre a reciclagem de materiais automotivos “, R.T. CETEM (a ser registrado na biblioteca), Maio 2001

MEDINA, H., NAVEIRO R., “Materiais Avançados: Novos Produtos e Novos processos na Indústria Automobilística”, *Revista Produção*, Julho 98.

MEDINA, H., “Reciclagem de Materiais Automotivos: O Automóvel em busca da Sustentabilidade para o próximo século”, *WebSite www.cimm.com.br*, Mar.1999.

MEDINA, H., GOMES, D., “Gestão Ambiental na Indústria Automobilística”, *Artigo enviado ao ENEGEP 2001*, Maio 2001.

SINDICATO DOS METALURGICOS DO ABC, *Renovação e Reciclagem da Frota de Veículos, As Propostas dos Metalúrgicos Do ABC*, Nov. 1998.

SILTORI, Patricia Fernanda da Silva et al. *Análise dos impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial*. 2020.

VENTURINI, Lauren Dal Bem. *O modelo triple Bottom Line e a sustentabilidade na Administração Pública: pequenas práticas que fazem a diferença*. 2015.

LIMA, Meline Melegario et al. *A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL SOB O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE*. *Semioses*, v. 13, n. 3, p. 76-86, 2019.

COUTINHO, Grazielle A.; WIEMES, Leandro. *Inovações Tecnológicas e Ações de Sustentabilidade na Indústria Automotiva*. 2011.

CASTRO, Alessandra Frediani Dias de. *Reaproveitamento dos resíduos de usinagem: estudo de caso na indústria automotiva*. 2010.

MACIEL, Liliane Oliveira de Campos. *Práticas de sustentabilidade: um estudo de múltiplos casos na indústria automotiva*. 2013. 90 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário da Fei, São Bernardo do Campo, 2013 Disponível em: . Acesso em: 22 maio 2014.*

SILVA, Michele Ávila da. *Reestruturação de um sistema de gestão de resíduos sólidos em uma indústria automotiva*. 2013.

SCHWAB, Klaus. *The fourth industrial revolution*. Currency, 2017.

ELKINGTON, J. (1997). *Cannibals with forks – Triple bottom line of 21st century business*. Stoney Creek, CT: New Society Publishers

BRUNDTLAND, G. (1987). *Our common future: The world commission on environment and development*. Oxford, England: Oxford University Press.

SHARMA, Preeti et al. *Automobile waste and its management*. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2016.