

# **CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA: REUSO E REAPROVEITAMENTO**

**Emerson Batagini, Eduardo Bacci, Vinícius Ragazzi**

**Robert Bosch, Divisão Chassis Systems Control**

## **RESUMO**

Diversas ações estão sendo desenvolvidas e aplicadas na indústria automotiva para mitigar impactos ambientais causados pela ação humana. A sociedade moderna demanda o comprometimento das grandes organizações na busca por investimentos verdadeiramente voltados para tecnologias e atividades que foquem em critérios de sustentabilidade, incluindo estratégias financeiras duradouras. Seja via produtos, serviços ou melhorias na cadeia produtiva, a Robert Bosch instiga seus colaboradores e parceiros a ter um engajamento ativo para mitigar impactos ambientais. Tomando por base o uso racional de matéria prima, a divisão Chassis System Control da empresa Robert Bosch determinou objetivos ambientais para a cadeia produtiva, demandando métricas de reuso de óleo solúvel e de reaproveitamento do alumínio, antes descartados como detritos, afetando os indicadores de sustentabilidade. Os resultados obtidos com o reuso e reaproveitamento superou as expectativas do time, atingindo números expressivos próximos a 100%, gerando inclusive contribuições sociais com a contratação de novos colaboradores.

## **Aplicabilidade**

O estudo foi direcionado para a cadeia produtiva da empresa Robert Bosch Campinas responsável pela usinagem de blocos de alumínio, como projeto piloto num objetivo maior de expansão para outras áreas da empresa, dotados de processo similar com alto grau de sinergia.

## **Objetivo**

Analisar a eficiência do reuso do óleo solúvel utilizado nas estações de usinagem e do reaproveitamento dos resíduos de alumínio durante a fabricação de produtos.

Contribuir para a não extração de matéria prima de fontes não renováveis (meio ambiente), do descarte reduzido de detritos e da rogativa socioeconômica na geração de emprego e oportunidades de crescimento da sustentabilidade empresarial.

## 1. Introdução

Atualmente são grandes os esforços mundiais para minimizar os impactos do aquecimento global, em específico a diminuição de emissão de gases de efeito estufa. Esforço também são tomados para descarte de resíduos industriais de forma adequada bem como o uso consciente dos recursos naturais. O meio ambiente está em constante transformação devido a ação do homem. Durante anos foi submetido a condutas incorretas, recebendo substâncias tóxicas de várias empresas, sofrendo modificações físico-químicas, por vezes irreversíveis. Desastres ambientais estão cada vez mais frequentes, incluindo alteração da temperatura dos mares. Este passivo ambiental é resultado de décadas de produção industrial, apresentando grande poder contaminante e trazendo risco à saúde pública, onde a população também é afetada por doenças devido a contaminação da água, ar e solo.

Hoje é preocupação das organizações a correta destinação dos resíduos, devido aos custos inerentes as fiscalizações e a consolidação das legislações – como multas oriundas do incorreto processo de descarte – reforçando uma ampliação de atividades no quadro jurídico e modificações drásticas nas interações com o meio ambiente. Poder evitar o descarte e reaproveitar os detritos da indústria é tarefa árdua que num primeiro momento aparenta acarretar mais ônus financeiros do que benefícios sustentáveis. Porém, a correta aplicação de metodologias, tem trazido resultados muito satisfatórios reforçando necessidade de constante pesquisa e desenvolvimento.

Dentro do ramo metalúrgico, processos de conformação mecânica geram detritos (resíduos) de diferentes tipos e classes. Este artigo tem como finalidade exemplificar um caso de sucesso no reuso e reaproveitamento de resíduos provenientes do processo de usinagem do alumínio.

## 2. Resíduos industriais

Existem inúmeras abordagens ecológicas e econômicas que trazem o tópico para as páginas dos jornais e revistas, identificando erros e inflamando disputas entre estado e seguimentos privados, gerando descontentamento e indignações da população.

Desde a revolução industrial, demandas da humanidade alavancaram a cultura do consumo. Processos produtivos dizimaram florestas, rios, e extinguiram recursos naturais. Os resíduos destes processos são oriundos de indústrias dos ramos metalúrgico, químico, alimentício, entre outros.

O descarte de resíduos é uma atividade que é regida pela legislação que determina critérios austeros para evitar a poluição e deterioração do ar, do solo e da água, salvaguardando a saúde e preservação de flora e fauna [2].

Há conforme normativa – ABNT NBR10004 – uma classificação dos resíduos, referente ao seu impacto, sendo [3]:

- Classe 1 – Resíduos perigosos – resíduos que são contaminantes e/ou tóxicos por suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas por poderem apresentar risco à saúde
- Classe 2 – Resíduos não inertes – são resíduos que são possivelmente contaminantes
- Classe 3 – Resíduos inertes – aqueles resíduos que não são contaminantes

Dentre os resíduos industriais, os sólidos são originários principalmente da indústria metalúrgica [4] e são representados por metais, escórias, cerâmicas, cinzas e óleos, por exemplo. Quando classificados como Classe 2 ou Classe 3 merecem uma atenção operacional pois a mistura destes com durante armazenamento, tratamento e destinação juntos ao de Classe 1 podem ser danosos.

Antes de se descartar o resíduo industrial, o detrito deve ser analisado físico quimicamente para uma correta destinação.

### 3. O processo de usinagem

A usinagem é um processo mecânico de remoção da matéria prima gerando uma peça de formato pré-definido. O detrito gerado por este processo é denominado cavaco.



Figura 1- Detrito de usinagem (cavaco)

Este processo remonta a períodos pré-históricos, mas somente séculos atrás os primeiros equipamentos e máquinas foram projetadas para produzir peças por rotação e remoção de cavaco. Podemos citar os tornos e máquinas operativas capazes de criar por usinagem peças complexas.



Figura 2 – Centro de usinagem moderno

Hoje equipamentos e centros de usinagem são capazes de executar operações complexas que englobam:

- 1) Torneamento – uma ferramenta exerce movimento de translação enquanto a peça efetua movimento de rotação;
- 2) Aplainamento – uma ferramenta gera um corte plano na superfície da peça que se move de forma linear;
- 3) Fresagem – uma ferramenta faz um movimento de rotação enquanto a peça sofre corte;
- 4) Furação – uma ferramenta (broca) em movimento de rotação gera uma cavidade cilíndrica na peça;
- 5) Retífica – uma ferramenta efetua um fino acabamento na peça gerando um acabamento superior.

Durante a transformação da matéria prima através de usinagem, depara-se com dificuldades inerentes ao processo, como por exemplo a geração de calor devido ao atrito entre peça e ferramentas de corte. Para sanar esta dificuldade são utilizados artifícios para lubrificação e

refrigeração destas operações, com objetivo final de reduzir desgastes e quebras indesejáveis de ferramentas ou peças. O refrigerante mais utilizado é o óleo solúvel.

Dentro de máquinas operatrizes, eles são contaminados por resíduos do processo, como cavacos metálicos oriundos do processo de conformação e por outros detritos, como óleos e graxas dos elementos de máquina [5].



Figura 3 – Óleo solúvel contaminado

#### 4. Reaproveitamento de resíduo de alumínio

O cavaco gerado pela usinagem representa grande porcentagem da matéria prima bruta. Estas lascas de metal base são desperdícios do processo e podem ser classificadas:

- Cavaco contínuo: gerado quando o material usinado conta com poucas zonas de ruptura. É um cavaco que ocupa muito espaço na máquina;
- Cavaco lamelar: gerado a partir de um material mais maleável e mais favorável ao armazenamento;
- Cavaco arrancado ou cisalhado: gerado de materiais frágeis com baixo grau de deformação.

Na usinagem do modulo hidráulico do controle eletrônico de estabilidade veicular (do inglês Electronic Stability Program (ESP®), o detrito gerado pelo processo representa cerca de 30 %. Um estudo para correto descarte de detritos (incluindo transporte para destinos controlados) trouxe uma significativa redução nos custos do processo produtivo e nos impactos ambientais, além de abrir possibilidades de internalização de operações gerando demanda de mão de obra.

A Bosch utiliza o processo denominado briquetagem para transformar o cavaco em briquetes – um bloco denso e compacto feito a partir de resíduos de usinagem. Sua correta utilização otimiza o armazenamento dos detritos, melhora o transporte e permite o reuso do óleo solúvel utilizado para resfriamento do processo de usinagem.

Os briquetes podem ser reaproveitados (acima de 96%), isto é, fundidos diretamente no processo usual de fusão do alumínio, com menor formação de escoria e queima indevida, gerando um alto índice de reaproveitamento [6].

Como citado anteriormente, o processo de usinagem de alumínio utiliza óleo solúvel como refrigerante. O resíduo gerado deste processo é um cavaco ‘molhado’, ou seja, contaminado com o óleo solúvel. Este cavaco molhado é armazenado em caçambas próprias. A caçamba é transportada para uma a máquina de briquetagem de cavacos. Esta máquina possui um processo simples e robusto:

- 1) Triturar o cavaco molhado de alumínio;
- 2) Através de um processo de centrifugação, separar as partes sólidas das partes líquidas. Tem-se como fim o cavaco de alumínio ‘seco’, e temos o óleo solúvel que estava retido neste cavaco;
- 3) Compactar o cavaco de alumínio triturado em briquetes.



Figura 4 – Cavaco de alumínio briquetado

Algumas vantagens da adoção do processo de briquetagem de cavaco foi a redução do volume de sucata (pela compactação e conseqüente redução no número de fretes necessários para descarte) e o fato desse processo também ser de extração do fluido de corte. Quanto ao óleo que é retirado durante o processo de briquetagem, ele é encaminhado para um sistema robusto de filtragem – será citado na próxima sessão.

O investimento na internalização do processo demandou estudos de viabilidade financeira, que provou sua escolha como solução e gerou outras possibilidades. Adicionalmente ao processo em uso pela empresa, discussões estão sendo conduzidas para que o destino do detrito sólido, os briquetes de alumínio, sejam direcionados para a empresa que fornece a matéria prima (bloco de alumínio), gerando assim o que se pode chamar de economia circular, onde o fornecedor da matéria prima reaproveita o resíduo do processo de usinagem, ao contrário do que acontece no processo tradicional, em que os resíduos sólidos são descartados. Quando avaliado na perspectiva da sustentabilidade ambiental, a economia circular se destaca com uma função importante na redução poluição, na mitigação de impactos ambientais e na preservação dos recursos naturais. Em questão ao foco econômico, é uma grande possibilidade de fomento para as empresas, visto que o processo completo compreende a transformação e reintegração da matéria-prima ao processo produtivo.

## 5. Reuso de óleo solúvel

Os óleos são composições químicas complexas, constituídos de agentes variados, formulados e prescritos para cada tipo de operação de conformação mecânica. Sua correta escolha influencia na qualidade do acabamento das peças, na produtividade e no custo operacional.

Reutilizar estes óleos do processo metalúrgico é um desafio para a indústria. O manuseio incorreto pode ocasionar problemas maiores, encarecendo seu descarte, gerando gases nocivos e contaminando solo e água. Porém o seu reuso contaminado pode acarretar a perda de sua função refrigerante, aumento no uso da sua quantidade, quebras de ferramentas, falhas em peças, gerando ônus ao processo.

Na usinagem do módulo hidráulico do ESP<sup>®</sup>, o detrito gerado pelo processo é um cavaco contaminado com o óleo solúvel. A Bosch utiliza o processo de briquetagem para transformar o cavaco em briquetes e para retirar o óleo solúvel usado durante o resfriamento do processo de usinagem. Este óleo é encaminhado para um sistema de filtragem

Durante os estudos de viabilidade se optou pela construção de uma estação provisória de tratamento e filtragem do líquido refrigerante.

Após o óleo solúvel ser separado em uma centrífuga no processo de briquetagem (citado no item anterior), ele é encaminhado para reservatórios escalonados (a), passando por uma série de filtros (b), com diferentes micagens, com o objetivo principal de retirar impurezas e particulados de

alumínio remanescentes (c). Este produto final (óleo solúvel filtrado) é encaminhado para recipientes próprios para reuso nos centros de usinagem (d). A Figura 5 apresenta algumas ilustrações do processo provisório.

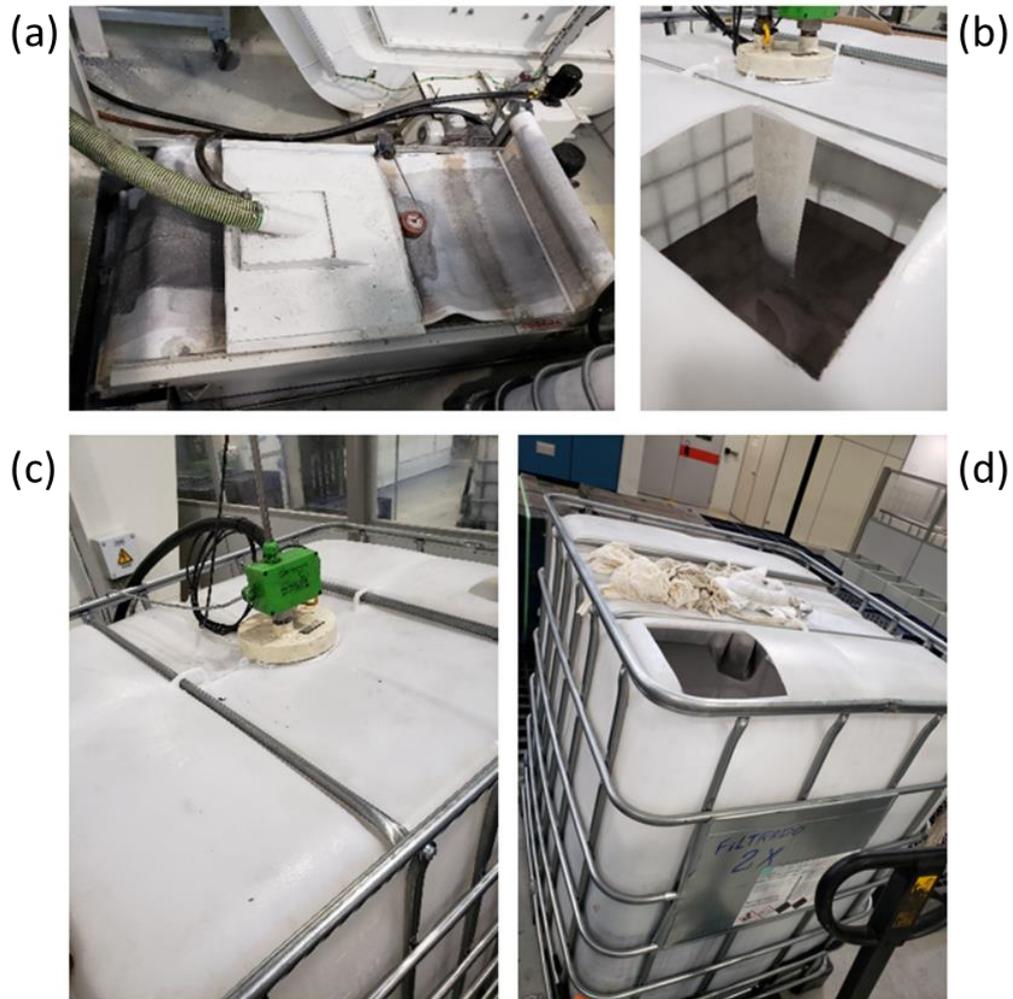


Figura 5 – Estação provisória de tratamento e filtragem

Após comprovação da eficácia do processo de filtragem e tratamento do óleo solúvel, foi realizada a construção de uma estação definitiva.

Esta estação teve o objetivo de efetivar de forma robusta o reuso do óleo solúvel dentro da linha de usinagem. Foi introduzido no processo um sistema semiautomático de distribuição do óleo solúvel, através da introdução de uma tubulação aérea. O sistema de filtragem foi aprimorado, onde outros aspectos da qualidade do óleo também foram controlados, como pH, dureza e concentração da solução. A Figura 6 apresenta algumas ilustrações do processo definitivo.



Figura 6 – Estação definitiva de tratamento e filtragem de óleo solúvel

## 6. Impactos ambientais mitigados

Com o sistema implementado atingiu-se redução do consumo de óleo solúvel e seu reuso, reaproveitamento do cavaco gerado pela usinagem de blocos de alumínio, redução de descarte de detritos (incluindo transporte para destinos controlados). Estas contribuições trouxeram uma significativa redução nos custos do processo produtivo e nos impactos ambientais, além de abrir possibilidades de internalização de operações gerando demanda de mão de obra.

Vale salientar a grandeza dos números envolvidos no estudo.

- Matéria prima – a produção anual do produto demanda uma aquisição de aproximadamente 990 toneladas de alumínio (dados de 2021).
- Líquido refrigerante – a produção anual do produto demanda uma aquisição de aproximadamente 10.000 litros de óleo solúvel (dados de 2021).
- Detritos – antes da introdução do processo de reuso e reaproveitamento, eram descartadas cerca de 330 toneladas de cavaco de alumínio e 8.000 litros de óleo solúvel.

Em dados estimados e comparados antes e após a implementação do estudo, os detritos gerados no processo de usinagem são os mesmos, porém sua destinação foi alterada. Existe praticamente o reuso total do óleo solúvel – o descarte está em torno de 3% (frente os 80% anteriores). O reaproveitamento de resíduo de alumínio está em torno de 100% através do processo de briquetagem. Desta forma, podemos exemplificar graficamente:

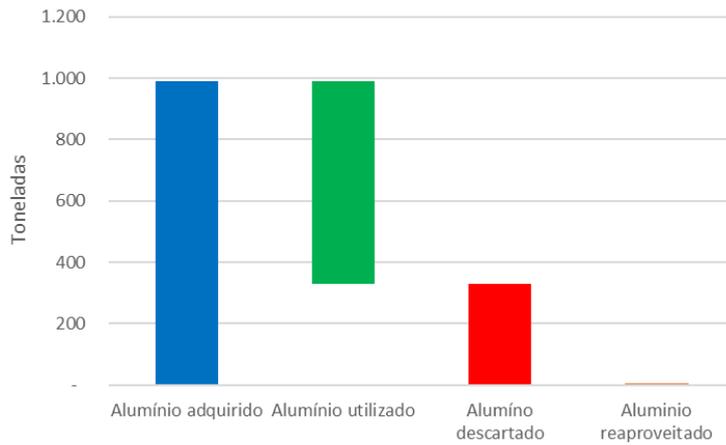


Gráfico 1 – Reaproveitamento do cavaco de alumínio – antes

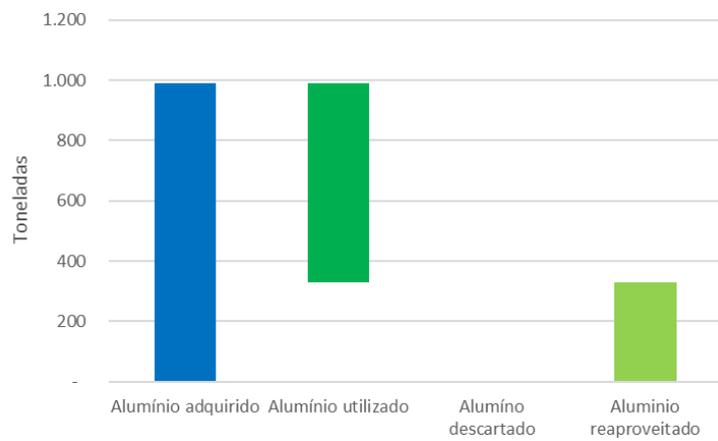


Gráfico 2 – Reaproveitamento do cavaco de alumínio – após

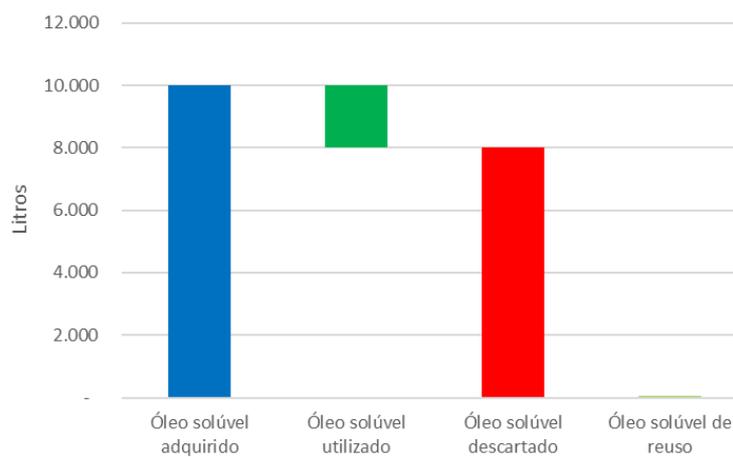


Gráfico 3 – Reuso do óleo solúvel - antes

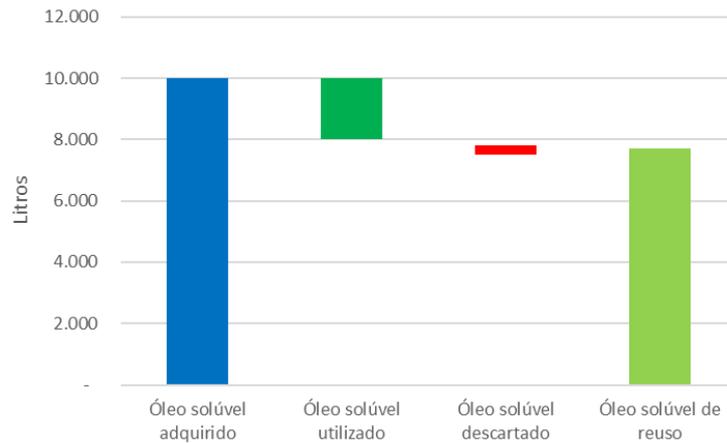


Gráfico 4 – Reuso do óleo solúvel - após

Num enfoque ambiental, a extração de alumínio é feita a partir do mineral bauxita, pelo processo de mineração, purificação (ou refinamento) e oxido redução. Os danos ambientais são enormes visto a poluição do ar (CO<sub>2</sub>), a poluição da água (hidróxido de sódio) e do solo (lama vermelha - solução altamente cáustica). Na metodologia empregada pela empresa, obteve-se uma redução de 33% na extração da matéria prima, reduzindo seus impactos ambientais equivalentes, adicional ao não descarte de resíduos ao meio ambiente. Quando se aborda o reuso do óleo de corte, produto altamente nocivo feito basicamente a partir do petróleo, geralmente contendo diversos tipos de aditivos, seus impactos gerados desde sua produção até seu descarte são danosos ao meio ambiente. Reusar quase sua totalidade é fruto de uma consciência ecológica.

## 7. Consciência socioeconômica e expansão da aplicação do estudo

Práticas ambientais são capazes de minimizar os impactos provocados pela ineficiente utilização de recursos naturais, que geram a degradação do planeta bem como problemas de saúde da população, desastres ambientais como chuvas e secas intensificadas, destruições e extinção de espécies da flora e fauna.

A tratativa aplicada pela empresa optou por aderir a causa ambiental de forma plena, isto é, utilizar de artifícios técnicos para romper barreiras ou práticas usuais. Com essa mentalidade, uma nova cadeia de atividades foi criada. Gerenciar o tratamento e destinação de resíduos de usinagem demandou a criação de equipamentos e postos de trabalho, relacionando desta forma, circunstâncias que afetam a ordem social e econômica da comunidade local.

Dentro da empresa, outras áreas que possuem processo de usinagem similar estão sendo convidadas a participar de reuniões e workshops coletivos trazendo para uma discussão aberta e direcionada o tema meio ambiente. Lições aprendidas no processo aplicado estão sendo divulgadas e o interesse de outros departamentos vem aumentando gradativamente. Comprovações financeiras são alavancas que demonstram que o cuidado com o descarte de detritos do processo produtivo não é demérito ou custo, mas sim, investimento. A empresa incorpora os melhores desempenhos de várias divisões e departamentos, aperfeiçoando seus próprios métodos, gerando dividendos.

O volume de alumínio reaproveitado pela empresa tende a quadruplicar no próximo biênio com a adoção do processo citados neste artigo. A compra de óleo solúvel reverteu-se numa meta de apenas 5% do volume antes adquirido.

## Conclusão

Os recursos naturais são elementos essenciais à existência do ser humano e à manutenção da vida. Recorre-se ao meio ambiente e ao que ele nos fornece para que a vida humana seja mantida e o bem-estar seja gerado através da tecnologia e do desenvolvimento.

Ficou evidente que há grande vontade da empresa em implementar boas condutas e contribuir com processos que foquem no desenvolvimento sustentável. Muitas vezes este desenvolvimento é confundido com crescimento econômico, que consome energia e recursos naturais. Esse tipo de desenvolvimento tende a ser insustentável. Atividades econômicas focadas em processos de conformação mecânica, como o de usinagem, podem ser promovidas sem perda da base de recursos naturais. Recursos estes que, não só a existência humana e a diversidade biológica, como o próprio crescimento econômico são dependentes. O desenvolvimento sustentável foca em qualidade em detrimento a quantidade, com a redução do uso de matérias-primas e produtos e o aumento da reuso e reaproveitamento.

Promover desenvolvimento econômico e a conservação ambiental é o objetivo da empresa, em linha com a definição estipulada pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente da ONU que cita como desenvolvimento sustentável aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações.

## Referências

- [1] SANTOS, Vanessa. A relação entre impactos ambientais e o surgimento de doenças. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/a-relacao-entre-impactos-ambientais-surgimento-doencas.htm> . Acesso em 16 de fevereiro de 2023
- [2] VR. Descarte de resíduos industriais. Disponível em: <https://www.vrgestaoresiduos.com.br/descarte-residuos-industriais>. Acesso em 16 de fevereiro de 2023.
- [3] AMBIPAR. Caracterização e Classificação de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.verdeghaia.com.br/blog-caracterizacao-e-classificacao-dos-residuos-solidos/> . Acesso em 16 de fevereiro de 2023.
- [4] NAUMOFF, Alexandre Feraz; PERES, Clarita Schvartz. Reciclagem de matéria orgânica. Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.
- [5] NEDERMAN. O que são cavacos no processo de usinagem. Disponível em: <https://www.nederman.com/pt-br/knowledge-center/o-que-sao-cavacos-no-processo-de-usinagem>. Acesso em 20 de fevereiro de 2023.
- [6] TECNOBRIQ. Conceito de Reciclagem. Disponível em: <https://www.tecnobriq.com/reciclando>. Acesso em 20 de fevereiro de 2023.