

## Eco eficiência na gestão de Processos

GETULIO K AKABANE

LUIZ CLAUDIO BEKESAS

JOSÉ ROBERTO CAMPANELLE  
INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO

### Introdução

A gradual globalização do mercado atual mostra as mudanças nos cenários das necessidades dos clientes, levando as empresas a focarem na redução de custos e rentabilidade. A fabricação com consciência ambiental (ECM) tem sido foco de atenção considerável nas últimas décadas, desenvolver e implementar tecnologicamente e economicamente, processos e sistemas viáveis para promover bem-estar e ganho financeiro. Para que se torne possível diminuir os custos do negócio é preciso focar em melhorias, produtividade, qualidade, recursos e espaço, e uma alternativa para conseguir tais resultados.

### Contexto Investigado

A organização de fabricação de redutores industriais é uma empresa de pequeno e médio porte (SME) especializada na fabricação de redutores sem-fim, redutores helicoidais e motoredutores. A caixa de câmbio industrial é um sistema fechado de engrenagens montadas, capaz de alterar sua velocidade, direção e torque, a fim de transmitir energia mecânica de um motor principal para um dispositivo de saída. Enquanto a caixa de engrenagens sem-fim consiste em uma roda sem-fim, eixo sem-fim e eixo da roda, a caixa de engrenagens helicoidal consiste em alojamento, engrenagem helicoidal.

### Diagnóstico da Situação-Problema

A organização de fabricação de redutores industriais é uma empresa de pequeno e médio porte (SME) especializada na fabricação de redutores sem-fim, redutores helicoidais e motoredutores. A caixa de câmbio industrial é um sistema fechado de engrenagens montadas, capaz de alterar sua velocidade, direção e torque, a fim de transmitir energia mecânica de um motor principal para um dispositivo de saída. Enquanto a caixa de engrenagens sem-fim consiste em uma roda sem-fim, eixo sem-fim e eixo da roda, a caixa de engrenagens helicoidal consiste em alojamento e engrenagem helicoidal.

### Intervenção Proposta

Para resolver o problema de geração de ruído, a manutenção preventiva adequada é necessária para obter um local de trabalho silencioso. Para bloquear o caminho de transmissão de ruído de uma seção para outra seção, cortina acústica pode ser usada. Paredes com isolamento acústico podem ser instaladas ao redor da fonte de geração de ruído para evitar poluição sonora. Outro exemplo de controle de ruído ao longo do caminho de transmissão pode ser uma estação de trabalho totalmente fechada com portas de núcleo completo e janelas de vidros duplos. O ruído pode ser reduzido com janela fechada.

### Resultados Obtidos

Tabela 8. Resultados esperados com relação à implementação das alternativas estratégicas.

### Contribuição Tecnológica-Social

A contribuição deste artigo é que ele descobre as causas raízes dos problemas ambientais durante a fabricação e descreve as soluções / alternativas estratégicas para a organização de manufatura de caixas de engrenagens industriais com os resultados esperados. A análise de layout inicial revelou que o layout inicial da empresa só pode cumprir 38% na lista de verificação de critérios de layout e 49% na lista de verificação de manuseio de materiais. Os resultados da pesquisa usando planejamento de layout sistemático podem aumentar a capacidade de produção em 37,5% e reduzir custos de manutenção.

### Palavras Chave

Gestão de Processos, Consciência ambiental, ecoeficiente

## **Título: Ecoeficiência na gestão de Processos**

### **RESUMO**

Para se manter competitiva no mercado as empresas precisam focar em melhorias contínuas em seus processos, e uma técnica muito utilizada é o re-layout. Este trabalho analisa gerenciamento de projetos de reestruturação de layout e fabricação com consciência ambiental (ECM) em uma empresa metalúrgica no segmento de redutores de velocidade, onde seu processo de produção baseia-se em usinagem de peças, tendo entrada de barras ou peças de aço e saindo peças usinadas. O aproveitamento inteligente do espaço físico e a utilização da consciência ambiental melhora o fluxo de produção trazendo melhorias no resultado da empresa, visto que, um layout otimizado foca em diminuir as distâncias percorridas entre as etapas de produção. Atualmente com a ISO 14.000, a fabricação com consciência ambiental (ECM) tornou-se um aspecto muito importante na maioria das indústrias no Brasil. Um projeto que alia o re-layout e a ECM não ajuda apenas o meio ambiente, mas também a reduzir os custos e obter vantagens competitivas. As indústrias de redutores de velocidade têm significativos impactos ambientais, pois envolvem vários processos que poluem o meio ambiente. Portanto este estudo realizou uma análise ambiental exploratória e de reestruturação de layout em uma indústria de redutores de velocidade. O objetivo do trabalho atual é propor um layout que melhor se adequa ao tipo de produção, identificar os problemas ambientais e indicadores de fabricação ambientalmente conscientes (ECMI), identificar as causas raízes destes problemas e oferecer soluções para resolver as causas raízes com base na literatura atual. Como ferramenta auxiliar foi utilizado a metodologia Planejamento Sistemático de Layout (SLP). Este trabalho de pesquisa não apenas analisa as técnicas de fabricação eficientes e ecológicas, mas também ajuda a organização a se tornar ecoeficiente, produzindo ecologicamente correto e ao mesmo tempo ganhando dinheiro. Primeiro os

ECMIs selecionados da revisão da literatura, são validados por meio de mapeamento de processos.

**Palavras-chave:** Gestão de Processos; Consciência ambiental; ecoeficiente; Lay out; manufatura

## **ABSTRACT**

To remain competitive in the market, companies need to focus on continuous improvements in their processes, and a widely used technique is re-layout. This work analyzes environmental conscious manufacturing and layout restructuring (ECM) project management in a metallurgical company in the speed reducer segment, where its production process is based on machining parts, having input bars or steel parts. and leaving machined parts. The intelligent use of physical space and the use of environmental awareness improves the production flow, bringing improvements in the company's results, since an optimized layout focuses on reducing the distances traveled between the production stages. Currently at ISO 14,000, environmentally conscious manufacturing (ECM) has become a very important aspect in most industries in Brazil. A project that combines re-layout and ECM not only helps the environment, but also reduces costs and obtains competitive advantages. The speed reducer industries have significant environmental impacts, as they involve several processes that pollute the environment. Therefore, this study performed an exploratory environmental analysis and layout restructuring in a speed reducer industry. The objective of the current work is to propose a layout that best suits the type of production, identify environmental problems and environmentally conscious manufacturing indicators (ECMI), identify the root causes of these problems and offer solutions to solve the root causes based on the literature current. As an auxiliary tool, a model of the Systematic Layout Planning (SLP) methodology was used. This research work not only analyzes efficient and green manufacturing techniques, but also helps the organization become eco-efficient, producing eco-friendly while earning money at the same time. First, selected ECMIs from the literature review are validated through process mapping.

**Keywords:** Process Management; Environmental awareness; eco-efficient; Lay out, manufacture

## 1. Introdução

A gradual globalização do mercado atual mostra as mudanças nos cenários das necessidades dos clientes, levando as empresas a focarem na redução de custos e rentabilidade.

A fabricação com consciência ambiental (ECM) tem sido foco de atenção considerável nas últimas décadas, desenvolver e implementar tecnologicamente e economicamente, processos e sistemas viáveis para promover bem-estar e ganho financeiro . Portanto, para que se torne possível diminuir os custos do negócio é preciso focar em melhorias, produtividade, qualidade, recursos e espaço, e uma alternativa para conseguir tais resultados é selecionar um bom layout

ECM pode também levar à prevenção do aquecimento global e das mudanças climáticas, pois reduzindo a emissão de carbono de uma população definida, sistema ou atividade, considerando todas as fontes e armazenamento relevantes dentro do limite espacial e temporal da população, sistema ou atividade de interesse . Pode haver uma série de boas razões para se envolver na tomada de medidas sobre este assunto do ponto de vista industrial, gostaria de reduzir custos com aumento da receita, minimizando os riscos associados a maiores custos de energia e eventos climáticos extremos afetando o fornecimento de bens ou clientes . Segundo Silva e outros, o layout ou arranjo físico do departamento de produção Sim Definido como "a localização e distribuição espacial dos recursos de produção, como máquinas, equipamentos, pessoal e instalações da oficina". Essa distribuição afeta diretamente o desempenho da empresa, pois segundo o autor, ajustes de layout podem eliminar atividades desnecessárias e aproveitar melhor as atividades necessárias, pois minimiza o custo de movimentação entre materiais e faz uso mais eficiente dos mesmos. Economiza espaço e mão de obra, evita movimentos desnecessários, facilita a comunicação, encurta o tempo de ciclo, facilita a entrada e saída de materiais e pessoal, e é mais fácil integrar medidas de qualidade e melhorar a macro-visualização das operações.

Leis ambientais globais e domésticas, regras e regulamentos estão forçando muitas organizações a produzir com consciência ambiental, considerando os

impactos ao meio ambiente de todas as funções, processos dos negócios e produtos

Embora vitais para a vida humana, a indústria e o meio ambiente sempre foram polêmicos, pois os meios de produção têm um grande impacto sobre os recursos naturais e, em última instância, afetam a flora e a fauna. As organizações de produção são obrigadas a instalar o equipamento de controle de poluição necessário de acordo com os padrões prescritos. Cetesb também está tomando iniciativas contra as indústrias poluentes que estão descarregando diretamente seus efluentes em rios e lagos, sem tratamento adequado. Programas ECM são executados em todo o Brasil para reduzir os danos ambientais e a eliminação rápida de recursos naturais. Fabricação de caixa de engrenagens industriais também estão considerando programas de ECM para tornar-se eco-eficientes

Com a consciência global de hoje dos riscos ambientais como bem as necessidades urgentes de competir pela eficiência, sistemas de fabricação, incluindo fabricação de caixa de engrenagens industriais estão evoluindo para um paradigma de consciência ambiental na fabricação para empregar várias estratégias favoráveis ao meio ambiente e técnicas para se tornar mais ecoeficiente. Indústrias de fabricação de engrenagens podem ser consideradas essenciais para a economia global, pois as engrenagens são usadas em quase todas as aplicações onde a transferência de energia é necessária, como automóveis, aviões, helicópteros, embarcações marítimas e equipamentos industriais. Fazendo uma caixa de engrenagens industrial usando menos recursos é uma boa estratégia para ganhar dinheiro reduzindo a agressão ambiental.

Programas de ECM para fabricação de caixas de engrenagens industriais as organizações consideram essencialmente a poluição do ar, da água e do ruído gerado em diferentes processos de fabricação de caixa de engrenagens.

ECM também considera o consumo de energia durante a fabricação de diferentes processos. Os fabricantes de caixas de engrenagens industriais têm foco em eliminar desperdícios durante o processo de fabricação para reduzir custos e proteger o meio ambiente. A demanda por produtos mais limpos, tecnologia de lubrificante mais ecológica também pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento da tecnologia de fabricação de caixa de engrenagens. Além do impacto ambiental durante a operação, fabricantes de

engrenagens também precisam considerar o impacto dos sistemas de geração de engrenagens no final do serviço, pois os clientes tendem a exigir maior reciclabilidade de sistemas de engrenagens e resíduos, incluindo lubrificantes usados e o uso de materiais recicláveis de engrenagens.

A fim de formular uma proposta de realocação claramente definida, estudos relacionados usaram SLP (System Layout Planning) propôs o planejamento do layout do sistema (por meio de tecnologia de priorização semelhante à solução ideal). SLP é um método de uso de custos de relacionamento interdepartamental para reduzir o trabalho em processo, o manuseio de materiais e o lead time do processo . O método passou por três macro etapas de análise, pesquisa e seleção. Na etapa de seleção, técnicas multi-standard serão inseridas no processo de tomada de decisão. Permite opções de layout aprimoradas. Do ponto de vista das considerações ambientais, os fabricantes de engrenagens devem prestar mais atenção à inovação, especialmente no processo de fabricação, a fim de manter a competitividade de custos no mercado global de engrenagens industriais . Portanto, o objetivo geral deste trabalho é usar um modelo do método SLP para definir as melhores recomendações de realocação para empresas da indústria de máquinas de metal. Porém, para atingir esse objetivo, é necessário coletar informações por meio da análise PQRST (produto, quantidade, rota, suporte e tempo), realizar a análise espacial do departamento, propor um novo modelo de layout e selecionar o melhor plano de layout entre os modelos sugeridos.

## **2. Metodologia de Pesquisa**

Nesta seção, uma estrutura integrada e holística é fornecida (onde retângulos indicam diferentes fases / etapas e ovais representam fontes / ferramentas / técnicas) como metodologia para o estudo de caso atual (consulte a Figura 1).

Esta metodologia de estudo consiste em quatro etapas da seguinte forma:

Fase 1: Identificação e validação de ECMIIs por meio Processo de mapeamento Inicialmente, os ECMIIs podem ser escolhidos a partir da revisão da literatura. Em seguida, eles são validados por meio de mapeamento de processos para compreender quais indicadores específicos devem ser considerados para produzir caixas de engrenagem sendo favorável ao meio ambiente. Observação

direta e opinião de especialistas são necessários para o mapeamento do processo.

Fase 2: Identificação de ECMI's usando hierarquia analítica processo (AHP). Após a validação dos ECMI's, eles são submetidos a análises processo de hierarquia (AHP) para aplicar a tomada de decisão do grupo evitando o preconceito entre os tomadores de decisão. AHP tem a capacidade de quantificar julgamentos objetivos e subjetivos para fazer uma troca para determinar os pesos de prioridade.

Isso ajudará a descobrir fatores ambientais críticos indicadores de manufatura (CECMI) com base na classificação dos ECMI's. As etapas para AHP a serem seguidas após a seleção os especialistas experientes são os seguintes :

Etapa 1: a comparação de pares é o primeiro estágio para AHP método para categorizar a visão dos especialistas de 1 (igual importância) a 9 (extrema desigualdade em importância). Nesta etapa, um indicador é comparado com outro indicador em relação ao objetivo de fabricação com consciência ambiental.

Etapa 2: Cálculo de vetores prioritários locais, incluindo verificar a consistência é a segunda etapa do AHP, que pode ser obtido usando a seguinte equação;

$Z_m \frac{1}{k_{max}m}$  sendo a matriz de pares e valores de comparação, vetor de prioridade ou principal autovetor e autovalor máximo ou principal da matriz Z.

A razão de consistência é usada para verificar se os julgamentos dos tomadores de decisão seguem a lógica ou apenas colocando alguns Números aleatórios. A razão de consistência (CR) é dada pela seguinte equação onde CI, RI em sendo a consistência índice, índice aleatório e tamanho da matriz A, respectivamente.

$$CR \frac{1}{4} \frac{CI}{RI} \quad \text{com} \quad CI \frac{1}{4} \frac{k_{max} - n}{n - 1}$$

Uma proporção de consistência inferior a 0,10 ou 10% pode ser aceitável, caso contrário, em caso de CR maior, os tomadores de decisão têm que consultar novamente para modificar seu julgamento. Os valores para RI podem ser obtidos na tabela a seguir (ver Tabela 1).

Fase 3: Identificação das causas raízes dos CECMI's Depois de identificar os CECMI's, as fontes ou causas raízes devem ser identificados para compreender

cada área de problema. Esse pode ser determinado usando a análise envoltória de dados (DEA) ou observação direta da base de dados. DEA é um método não paramétrico originalmente desenvolvido por Chares, Cooper e Rhodes com base na programação linear (LP) usado para calcular a eficiência técnica relativa para um conjunto de alternativas (fontes), onde cada alternativa (fonte) é conhecido como unidade de tomada de decisão (DMU). Um DMU é definido como o ativo tangível ou intangível responsável por transformar um conjunto de entradas em saídas, cujo desempenho deve ser avaliado. O número de DMUs não deve depender do número de entradas e saídas combinadas para aplicar o modelo DEA, porque DEA é usado como uma ferramenta de benchmarking com foco no desempenho de DMU individual. No modelo DEA, se é desejado que o indicador tenha um valor maior (ou seja, quanto maior, melhor), pode ser considerado como uma saída e se um indicador for desejado ter um valor menor (ou seja, quanto menor é melhor), pode ser considerado como uma entrada. Os dois tipos mais populares de modelos DEA são constantes retorno à escala ou modelo CRS (ou CCR) e variando retorno à escala (ou BCC) ou modelo VRS que são descritos abaixo.

O modelo CRS considera que não há suposição de que existem qualquer economia de escala positivas ou negativas. A eficiência relativa para o modelo CRS pode ser expresso da seguinte forma :

$E_{ks}$  = Soma ponderada das saídas / Soma ponderada das entradas

$$E_{ks} = \frac{\sum_y O_{sy} v_{ky}}{\sum_x I_{sx} u_{kx}}$$

onde  $E_{ks}$  é a eficiência da fonte  $s$ , usando os pesos de Fonte de “ teste ”  $k$ , onde o EP de teste é a unidade cuja eficiência deve ser avaliado;  $O_{sy}$  é o valor da saída  $y$  para a fonte  $s$ ;  $v_{ky}$  é o peso atribuído à fonte  $k$  para a saída  $y$ ;  $I_{sx}$  é o valor para entrada  $x$  da fonte  $s$ ; e  $u_{kx}$  é o peso atribuído a fonte  $k$  para a entrada  $x$ .

De acordo com o modelo de envelope, o objetivo é maximizar o valor de eficiência de uma fonte de teste  $k$ , a partir de uma referência conjunto de fontes  $s$ , selecionando os pesos ideais associados com as medidas de entrada e saída e podem ser expressas como segue:

$$\text{Maximize } E_{kk} = \frac{\sum_y O_{ky} v_{ky}}{\sum_x I_{kx} u_{kx}} \text{ subject to: } E_{ks} \leq 1 \forall \text{ source } s$$

$$u_{kx}, v_{ky} \geq 0$$

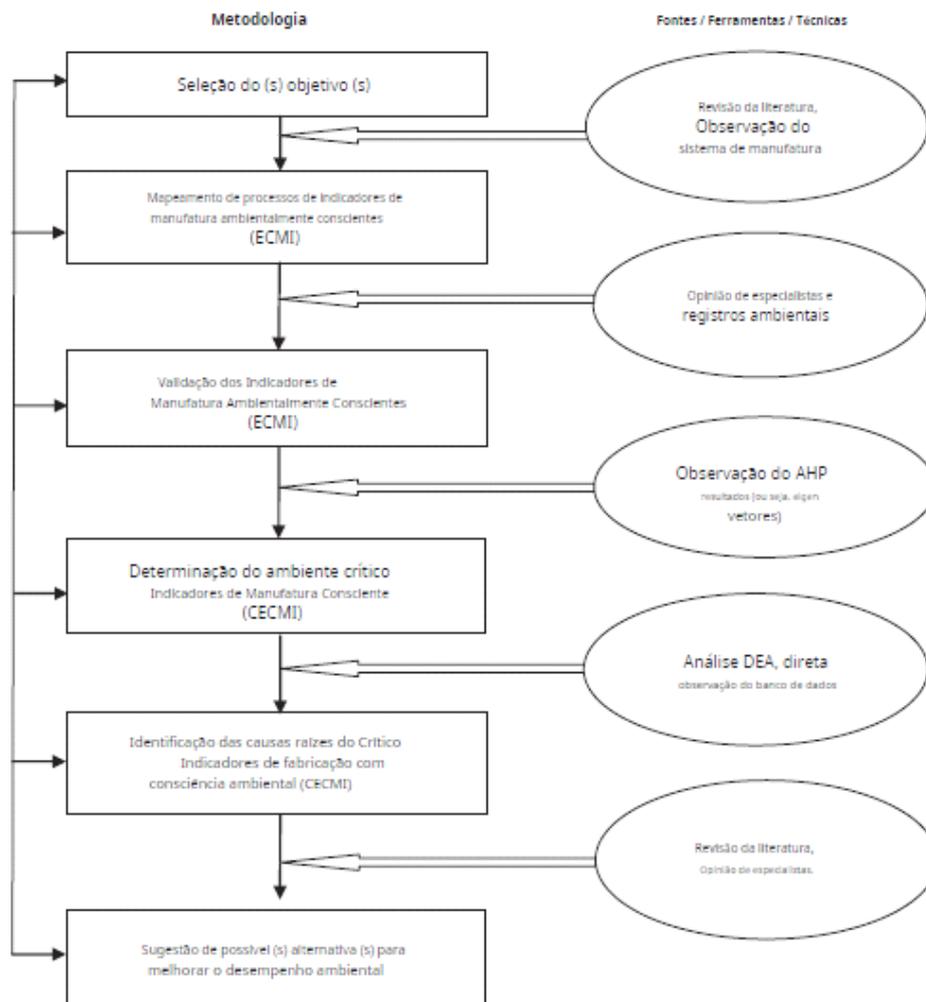


Figura 1. Estrutura metodológica para estudo ambiental exploratório de uma organização de manufatura de caixas de engrenagens industriais.

Tabela 1. Valores para índice de consistência aleatória (RI).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,12	1,26	1,36	1,41	1,46	1,49

O procedimento para retransmitir o chão de fábrica consiste em três etapas, como analisar o layout existente, projetar o layout da planta com base no SLP e a avaliação e seleção de layouts alternativos usando o programa de simulação, Promodel . Programa de simulação usado como ferramenta analítica para ajudar

a projetar sistematicamente o layout e apoiar a tomada de decisão apropriada para eliminar alguns dos problemas .

As etapas do relayout e a explicação podem ser vistas aqui:

- a. Analisando o layout da planta existente para identificar o problema de fluxo de material e operação.
- b. Projetar o layout da planta com base na abordagem SLP para aumentar a capacidade de produção e reduzir o custo de manuseio de materiais.
- c. Avaliação e seleção de alternativas utilizando o modelo Simulation Pro com base em dois tipos de critérios; custo de manuseio de materiais e tempo de produção.

## **2.1 Layout Existente de Avaliação**

O layout inicial da planta foi analisado usando três métodos:

### 1. Lista de verificação do layout da planta

O objetivo da Lista de verificação do layout da fábrica é identificar a causa da movimentação do material desnecessário, o que pode aumentar o tempo de produção e o custo de manuseio de materiais.

### 2. Lista de verificação de manuseio de materiais

O objetivo da lista de verificação de manuseio de materiais é analisar a utilização do equipamento de manuseio de materiais e outros critérios.

### 3. Folha de Avaliação de Manuseio de Materiais

O layout inicial da Fábrica analisada usando folha de avaliação de manuseio de materiais. Os resultados obtidos com o MHES são o custo total de manuseio de materiais e, a seguir, utilizados como insumos em um planejamento de layout sistemático. Os dados necessários no cálculo do MHES são:

Transferência de material, a distância entre o Departamento, a frequência da transferência, equipamento de manuseio de materiais utilizado e o custo da transferência.

## **2.2 Planejamento de Layout Sistemático**

O planejamento sistemático de layout (SLP) é um procedimento utilizado para definir o layout de local de trabalho em uma fábrica para que as relações lógicas entre locais de trabalho com alta frequência sejam colocadas próximos uns dos outros. Técnica SLP aplicada para otimizar o layout existente. Espera-se que a aplicação faça o fluxo de material mais rápido com o menor custo e menor

quantidade de manuseio de material O planejamento sistemático do layout consiste em quatro etapas, como segue:

Estágio I: Determine o local onde a instalação será construída.

Estágio II: Faça o projeto geral da instalação

Estágio III: Determinar o projeto do layout da instalação em detalhes (a ser feito neste artigo)

Estágio IV: Preparação e instalação dos resultados do projeto

Os dados de entrada exigidos pelo Planejamento de Layout Sistemático são divididos em cinco categorias:

P (Produto): O tipo de produto (mercadoria / serviço) produzido.

Q (quantidade)

R (rota)

S (serviço)

T (tempo)

: Volume de cada tipo de bem / componentes produzidos.

: A ordem de operação de cada produto

: Serviço de apoio, como vestiários, estações de monitoramento, etc.

: Em que horas o tipo de componente do produto foi produzido, qual máquina é usada para produzi-lo naquela época.

É um procedimento de planejamento passo a passo que permite aos usuários identificar, visualizar e classificar as várias atividades, relacionamentos e alternativas envolvidas em um projeto de layout com base em dados de entrada, fluxo de materiais, atividade de relacionamentos e diagramas de relacionamento. Vários pesquisadores consideram a poluição da água, geração de resíduos, poluição sonora e consumo de energia para abordar os problemas ambientais para fabricantes de caixa de engrenagens industrial. Programas de ECM podem ajudar as organizações de manufatura de caixas de engrenagens industriais a minimizar essas poluições. Melhorar o desempenho ambiental não protege apenas o ambiente natural, mas também evita a rápida abundância de recursos naturais. A fabricação de caixa de engrenagens ambientalmente consciente pode ajudar a melhorar o desempenho econômico e obter vantagem competitiva com maior satisfação do cliente Águas residuais descartadas por uma organização de manufatura de caixa de engrenagens contribuem significativamente para poluir a água, pois podem envolver alta demanda

biológica de oxigênio (DBO) e produtos químicos demanda de oxigênio (COD). BOD é a quantidade de oxigênio dissolvido necessários para os organismos biológicos aeróbicos em um corpo de esgoto para quebrar o material orgânico presente em um determinado amostra de águas residuais a certa temperatura ao longo de um tempo específico. COD determina a quantidade de poluentes orgânicos encontrado em águas residuais. Águas residuais ou efluentes devem ser tratados antes de serem descarregados em corpos d'água. Qualidade de descarregado à água deve ser monitorada de forma adequada e frequente.

A estrutura do SLP é mostrada na Figura 2

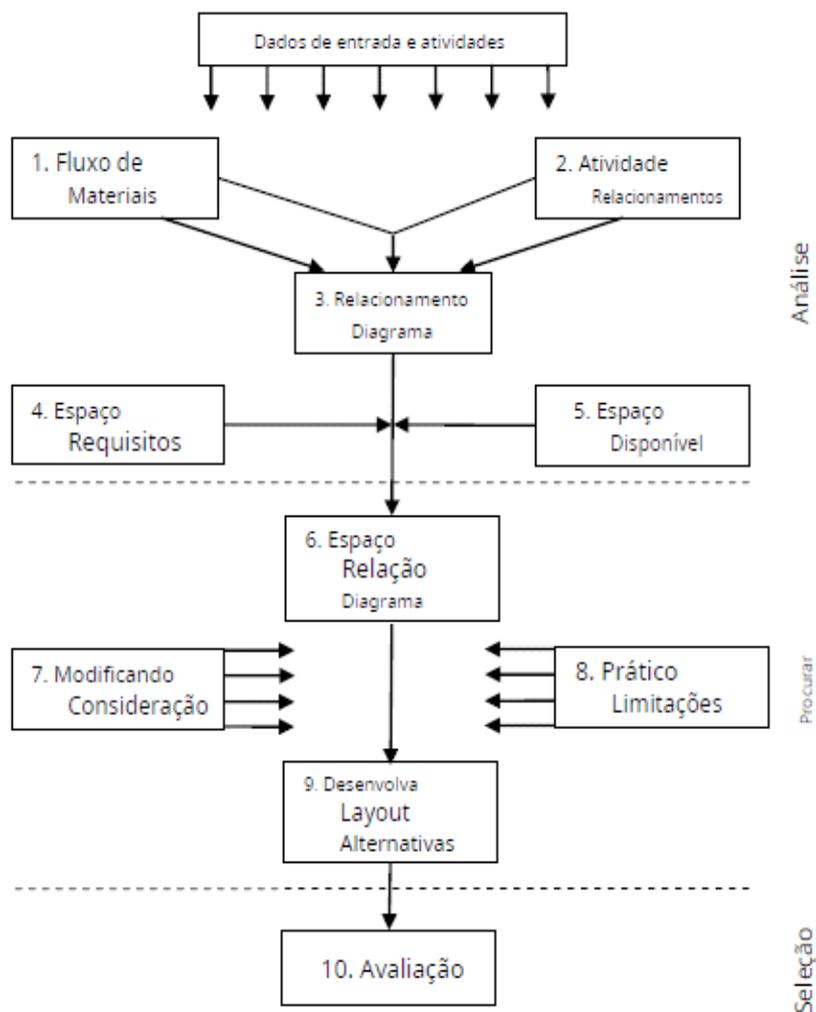


Figura 2. Procedimento de planejamento de layout sistemático

A segregação dos fluxos de águas residuais pode ajudar na redução do desperdício de volume e resistência da água . Em relação aos resíduos sólidos, também técnicas de descarte adequadas podem ser necessárias. Reciclagem (conversão de resíduos em novos materiais de menor qualidade ou

funcionalidade em comparação com o material virgem) são focados pelos pesquisadores e profissionais para usar o sólido de forma eficiente

Em caso de poluição sonora, fabricação de caixas de engrenagens industriais pode gerar alto nível de ruído, causando problemas para os trabalhadores. A poluição sonora deve ser tomada com cuidado de uma vez que pode causar perda auditiva temporária e permanente.

Embora vários pesquisadores e profissionais discutam sobre a fabricação de caixas de engrenagens com consciência ambiental, no entanto priorização da fabricação com consciência ambiental indicadores (ECMI) não são focalizados pelos pesquisadores.

As fontes ou causas raízes dos CECMIs também precisam ser identificadas. Caso contrário, em vez de ter literatura de ponta a organização de manufatura de caixa de engrenagens industrial não ser capaz de implementar as técnicas mais avançadas.

### **3. Estudo de caso**

Um estudo de caso de uma organização de fabricação de caixa de engrenagens industrial é ilustrado nesta seção para permitir a fabricação com consciência ambiental. Esta seção é dividida em seis subseções, que são descritas a seguir:

#### **3.1. Perfil de companhia**

A organização de fabricação de redutores industriais é uma empresa de pequeno e médio porte (SME) especializada na fabricação de redutores sem-fim, redutores helicoidais e motoredutores. A caixa de câmbio industrial é um sistema fechado de engrenagens montadas, capaz de alterar sua velocidade, direção e torque, a fim de transmitir energia mecânica de um motor principal para um dispositivo de saída.

Enquanto a caixa de engrenagens sem-fim consiste em uma roda sem-fim, eixo sem-fim e eixo da roda, a caixa de engrenagens helicoidal consiste em alojamento, engrenagem helicoidal ou engrenagem de dentes retos e eixos de pinhão. No caso de Motoredutor, a caixa de engrenagens do eixo coaxial sem conjunto do eixo de entrada é instalada com motor elétrico na posição coaxial ou off-set com um ou dois Invólucros de caixa de engrenagens, a fim de fornecer unidades compactas de power pack sem qualquer outro membro rotativo, como acoplamento. Motoredutores, com potência de saída de 0,12 a 40 HP, são

fabricados para gerar uma velocidade de 0,16 a 780 rpm. A empresa fabrica conjuntos de engrenagens de qualquer taxa de redução para a fabricação interna de cortadores de chapa. A operação de fabricação da organização é realizada por uma equipe profissionalmente competente e outros profissionais que também são responsáveis por produzir respeitando o meio ambiente.

### **3.2. Processo básico de manufatura**

O processo de fabricação de uma caixa de engrenagens industrial envolve uma série de estágios, como usinagem (torneamento, fresamento ou corte de rosca, ranhura, fresagem ou corte de engrenagem etc.), tratamento térmico (cementação, endurecimento e têmpera), moagem e montagem (onde retângulos indicam etapas de fabricação e ovais representam peças / produtos) (ver Figura 3) As matérias-primas básicas utilizadas para o processo de fabricação são (i) barra sem disco, (ii) disco e barra forjados e usinados à prova, e (iii) carcaça. Esta fábrica é composta por quatro oficinas, nomeadamente oficina de máquinas, oficina de tratamento térmico, oficina de usinagem e oficina de montagem.

O processo de usinagem lida com o processo de remoção de material controlado, enquanto o tratamento térmico (envolve cementação, endurecimento e têmpera) é usado para alterar as propriedades físicas e químicas do material a fim de alcançar alta resistência, tenacidade e resistência ao choque. A oficina de tratamento térmico produz uma quantidade considerável de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono, metanol, vapor de acetona, etc. A retificação é uma operação de acabamento de superfície realizada com uma roda abrasiva rotativa para produzir alta qualidade de superfície com precisão de forma e dimensão. A usinagem também produz uma quantidade significativa de GEEs para o uso de fluidos de corte.

Para fins de usinagem e retificação, a organização usa máquinas convencionais e também máquinas de controle numérico computadorizado (CNC).

### **3.3. Processo de mapeamento**

A partir da revisão da literatura, é preliminarmente observado que as características de emissão da pilha (I1), características do ar fugitivo (I2), características das águas residuais (I3), nível de geração de resíduos sólidos (I4), nível de intensidade de ruído (I5) e consumo de energia (I6) podem ser

considerados ECMIIs para a fabricação de caixas de engrenagens industriais. Para validação, esses indicadores são mapeados no que diz respeito às etapas de fabricação (ver Tabelas 3-5; juntamente com a ajuda dos especialistas interessados) para entender se esses indicadores são realmente consideráveis para a atual organização de manufatura de caixas de engrenagens industriais.

### **3.4 Avaliação e seleção**

Avaliação do layout com base em dois critérios, a saber, custo de manuseio de materiais e tempo de produção. Para avaliar o total de custos de manuseio de materiais usando a Folha de Avaliação de Manuseio de Materiais e o tempo de processamento da produção, use simulação usando o “ProModel versão 6”. O tempo de produção é o tempo usado para fabricar produtos, incluindo o tempo de transferência do material. Após avaliação do resultado do fonoaudiólogo, a etapa de seleção pode ser feita utilizando a melhor pontuação de cada critério.

### **3.5. Identificação dos CECMIIs usando o processo de hierarquia analítica (AHP)**

Para habilitar o AHP, os três primeiros tomadores de decisão experientes (gerente ambiental, gerente de produção e gerente de energia) que têm mais de 15 anos de experiência são solicitados a fazer comparação aos pares em uma escala de 1–9 pontos em relação ao objetivo. O AHP foi escolhido para o estudo de caso atual devido à sua simplicidade, flexibilidade e consistência lógica. Os valores para comparação entre pares são selecionados por entendimento mútuo dos tomadores de decisão. O valor de CR também é calculado e encontrado menor que 0,1, confirmando a consistência do julgamento dos tomadores de decisão. Tabela 5 reflete que o nível de geração de resíduos sólidos (peso 0,393) é o CECMI principal para a atual organização de fabricação de caixa de engrenagens industrial, seguido pelas características de emissão da pilha (peso 0,262), características do ar fugitivo (peso 0,174) e nível de intensidade de ruído (peso 0,081). O consumo de energia (peso 0,053) e as características da água residual (peso 0,036) não são críticos para a fabricação com consciência ambiental para a atual organização de manufatura de caixas de engrenagens industriais.

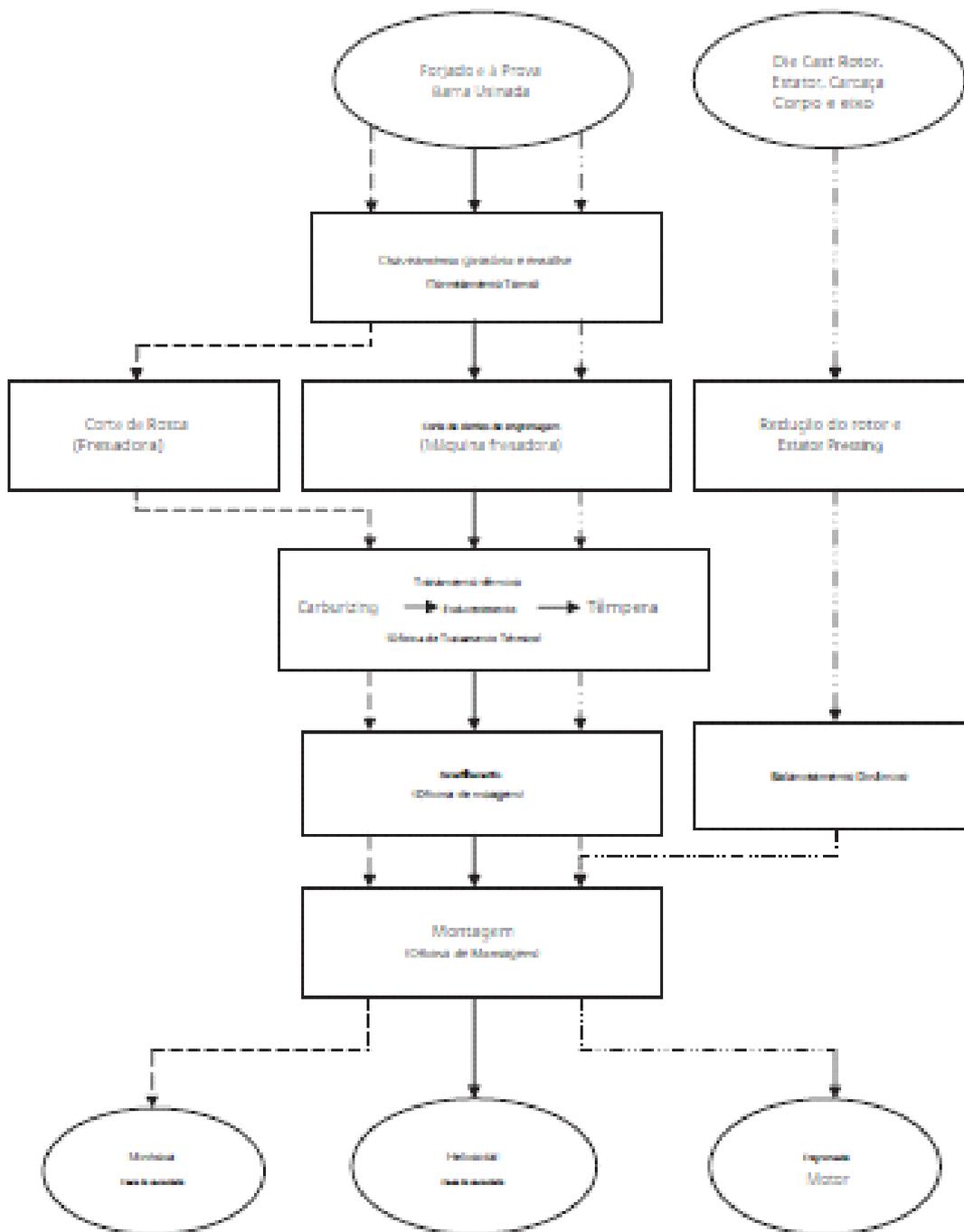


Figura 3. Processo básico de fabricação de redutor industrial e motoredutor.

Tabela 2. Mapeamento de processos para fabricação de caixa de engrenagens sem-fim.

Operações	I1	I2	I3	I4	I5	I6
Girando	NS	NS	NS	S	NS	S
Corte de linha	NS	NS	NS	S	NS	S
Tratamento térmico	S	S	S	NS	NS	S
Esmerilhamento	NS	S	S	S	S	S
Montagem	NS	NS	NS	NS	S	NS

Tabela 3. Mapeamento de processos para fabricação de caixas de engrenagens helicoidais.

Operações	I1	I2	I3	I4	I5	I6
Girando	NS	NS	NS	S	NS	S
Corte de dentes	NS	NS	NS	S	NS	S
Tratamento térmico	S	S	S	NS	NS	S
Esmerilhamento	NS	S	S	S	S	S
Montagem	NS	NS	NS	NS	S	NS

Tabela 4. Mapeamento de processos para fabricação de motoredutor\*.

Operações	I1	I2	I3	I4	I5	I6
Encolhendo	NS	NS	NS	NS	NS	S
Pressionando	NS	NS	NS	NS	S	S
Montagem	NS	NS	NS	NS	S	NS

\* Etapas comuns são evitadas.

S e NS representam "significativo" e "não significativo", respectivamente.

Tabela 5. Matriz de comparação de pares para ordenação de prioridade dos EPIs.

Com relação ao objetivo	I1	I2	I3	I4	I5	I6	Autovetores
I1	1	2	6	1/2	4	5	0,262
I2		1	5	1/3	3	4	0,174
I3			1	1/7	1/3	1/2	0,036
I4				1	5	6	0,393
I5					1	2	0,081
I6						1	0,053

CI = 0,033 e CR = 0,026 < 0,1.

Tabela 6. Nível de geração de resíduos sólidos da planta.

Parâmetros / indicadores	Ano atual (2012) (em MT)	Ano anterior (2011) (em MT)	Média dos últimos cinco anos (em MT)
Resíduos de usinagem	22,12	20,70	21,40
Pó de moagem e outros	40,00	38,50	39,22
Resíduos sólidos totais	62,12	59,20	60,62

## 4. Resultado e discussão

### 4.1 Avaliação do Layout Existente

O resultado do uso de checklist de critérios de layout de planta para layout inicial de 38% responderam "Sim". Isso significa que 62% dos critérios não são atendidos e a lista de verificação dos critérios de manuseio de material produz 49% de resposta "Sim" e o custo necessário para manuseio de materiais no layout inicial R\$ 11.346,590,68

## **4.2. Projetar o layout da planta com base no planejamento de layout sistemático**

### **4.2.1. Calcule a quantidade de máquinas usadas Folha de Roteamento**

A capacidade usada para reformular o layout é a maior do ano de 2020, ou seja, a solicitação em janeiro. o número de máquinas precisa ser calculado para produzir a capacidade do produto usando a folha de roteamento. Após obtido o número de máquinas necessárias, em comparação com o número de máquinas que já existem no chão de fábrica.

### **4.4.1. Causas raízes de CECMIs**

A geração de resíduos sólidos pode ser considerada como o problema ambiental mais importante para a organização, conforme encontrado na análise do AHP. A causa raiz é que a cada ano uma quantidade significativa de resíduos sólidos é produzida pela organização devido à produção de cavacos contínuos ou descontínuos ou cavacos durante as operações de usinagem e retificação (ver Tabela 6). Atualmente os resíduos sólidos são primeiro despejados e depois enviados para o lixo sem os devidos cuidados. Para despejar os cavacos, o espaço é consumido e eles podem criar problemas de segurança devido à nitidez e podem atuar como estilhaços profundos para penetrar na pele dos trabalhadores.

Também pode afetar a pele devido à contaminação de fluido de corte ou óleo residual, se não for manuseado de maneira adequada, causando risco ocupacional e à saúde.

O nível de intensidade de ruído é outro CECMI para a atual organização de fabricação de caixas de engrenagens industriais. As seções de corte de engrenagens, engenharia pesada e retificação também são consideradas áreas barulhentas da planta (ver Tabela 7)

Tabela 7. Nível de intensidade de ruído da planta.

<b>Locais / área</b>	<b>Tempo de amostragem</b>	<b>Som equivalente nível de intensidade dB (A)</b>
Eng. Pesado seção	às 12 horas	78,53
Sala de geração de energia	às 12 horas	89,57
Seção de corte de engrenagem	às 12 horas	79,30
Portão principal	às 12 horas	66,25

O ruído também pode ser gerado a partir do sistema de extração de poeira e equipamentos de manuseio de materiais. Se as máquinas-ferramenta não estiverem presas corretamente, pode haver ruído, afetando a vida útil da máquina-ferramenta e prejudicando o silêncio do local de trabalho.

#### 4.5. Sugestão de possível (s) alternativa (s) para melhorar o desempenho ambiental

Como a prevenção de muitos tipos de poluição com o uso de tecnologias mais limpas é a pedra angular para implementar uma política ambiental de sucesso, nesta seção, algumas soluções alternativas possíveis / alternativas estratégicas são propostas contra as causas raízes com a ajuda do estado da arte literatura (que pode ser considerada viável para a organização atual). Essas técnicas de ponta são avaliadas criticamente para compreender seu potencial para a organização atual

##### 4.5.1. Soluções / alternativas estratégicas para geração de resíduos sólidos

O nível de geração de resíduos sólidos, sendo o CECMI mais importante e o problema ambiental significativo, pode ser atendido por meio de remanufatura ou reciclagem. Se houver qualquer orifício de sopro no aro de bronze fosforoso (PB) no momento da fabricação da caixa de engrenagem helicoidal, ele pode ser derretido para remanufatura. A fim de tornar possível a reciclagem, é necessário um sistema de gerenciamento de chip eficiente, que pode ser realizado por meio das seguintes etapas (ver Figura 4):

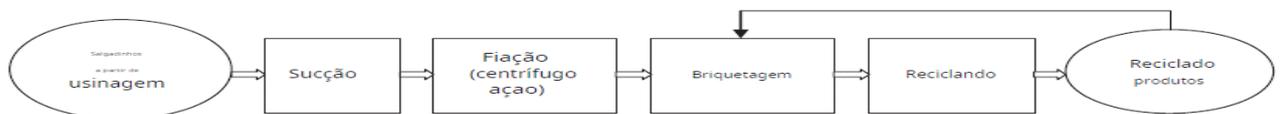


Figura 4. Gestão de resíduos sólidos.

Etapa 1: é necessário um sistema de sucção adequado para coletar os cavacos. A extensão ou retração automática pode economizar tempo. O instrumento de sucção ou aspirador de pó deve ser compatível com a estação de troca de ferramentas e sensor de precisão sem gerar ruído.

Etapa 2: Fluido de corte ou aparas de metal contaminadas com óleo residual deve ser feito um óleo / fluido livre com a ajuda de uma centrífuga acionada por um motor elétrico enquanto coloca um objeto em rotação em torno de um eixo fixo, aplicando uma força perpendicular ao eixo. O peso dos chips pode ser feito de até 25% de fluidos aderindo às superfícies, portanto, os fluidos de corte precisam ser recuperados a fim de reduzir a quantidade de agentes de resfriamento necessários. Os chips ganham um preço de sucata mais alto quando convertidos na forma de briquetes.

Etapa 3: Uma vez que cavacos contínuos são produzidos durante a usinagem para fabricar caixa de engrenagens industrial, pode adquirir um espaço enorme e frequentemente encher demais o recipiente de cavacos. Por esse motivo, o quebra-cavaco é usado para quebrar os cavacos, convertendo-os em resíduos mais gerenciáveis e exigindo menos espaço. No entanto, no caso da operação de retificação, o quebra-cavacos não é necessário, pois a retificação produz cavacos descontínuos na forma de pó.

Etapa 4: agora, os chips quebrados na forma de briquetes podem ser reciclados para produzir vários tipos de produtos usados para finalidades diferentes, dependendo do material e da qualidade do chip. Diferentes materiais precisam ser separados para que não se misturem.

Com relação à segurança, sistemas automatizados de manuseio de chips podem ser empregados, minimizando alguns dos problemas de segurança envolvidos no manuseio de chips; no entanto, requer alto investimento inicial. O sistema de manuseio automatizado de chips é melhor do que o manuseio manual de chips. No entanto, se o manuseio for feito manualmente, ele deve ser feito com luvas grossas passando acima do pulso. Com relação à prevenção da ferrugem, óleos de corte solúveis em água, como os semissintéticos, podem ser usados, deixando uma camada protetora nos cavacos para atuar como inibidores de ferrugem.

No caso de limalhas / cavacos de moagem, pode conter lodo de moagem (componentes metálicos), refrigerante (à base de óleo ou à base de água) e uma pequena quantidade de pó de moagem. Aplicando a tecnologia típica de briquete econômica desenvolvida originalmente por Nakamura, o refrigerante pode ser separado do chip e os componentes metálicos são solidificados em briquetes,

tornando ambos os refrigerante e componentes metálicos prontos para uso novamente (ver Figura 5)

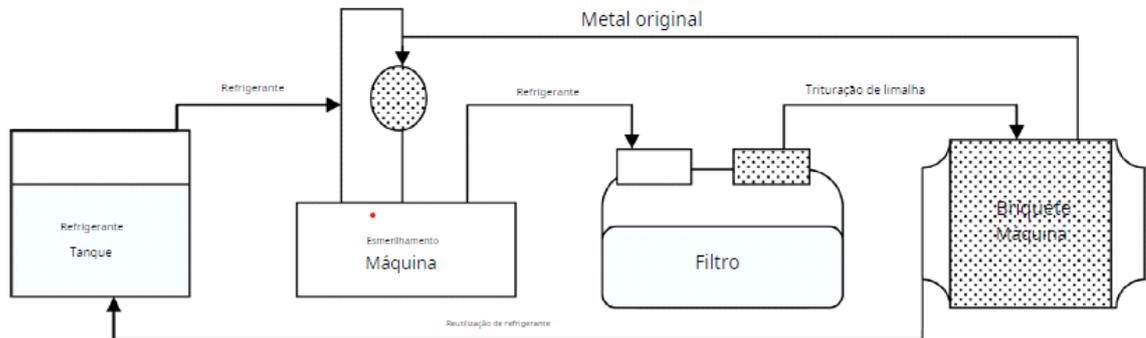


Figura 5. Tratamento proposto de lamas de moagem

### 3.2.2 Analisar o movimento do material usado do gráfico (FTC)

From To Chart (FTC) é o mapa que é usado para analisar a movimentação de material que ocorre no chão de fábrica. Neste estudo, os tipos FTC usados são a distância FTC e o custo FTC. A distância FTC é o gráfico que mostra a distância entre as máquinas ou departamentos no chão de fábrica. Dados de alcance recuperados de uma distância usando a fórmula de cálculo de retilíneo. Os custos FTC são o resultado da frequência multiplicada pelos custos / metro com a distância entre os departamentos. Frequências obtidas no MHES. O custo de transferência para manuseio manual é R\$ 156,25 / metros e o custo para manuseio com carrinho é R\$1736,11 / metro.

### 3.2.3 Diagrama de Relacionamento de Atividades

Os dados obtidos no FTC processados posteriormente pelo cálculo do coeficiente de entrada e saída (quantitativo) são então convertidos em uma forma qualitativa chamada de gráfico de relacionamento de atividades (ARC). O ARC foi alterado para listar a proximidade do relacionamento para ver uma prioridade na elaboração do layout usando o algoritmo de Diagrama de Relacionamento

### **3.2.4 Requisito de Espaço**

O requisito de espaço para cada área de trabalho é o resultado do espaço necessário em comparação com o espaço disponível. Se houver discrepância, ele utilizará a área maior da área de trabalho para o cálculo da área do AAD, devido ao abono inclusivo.

### **4.5.4. Soluções / alternativas estratégicas para geração de ruído**

Para resolver o problema de geração de ruído, a manutenção preventiva adequada é necessária para obter um local de trabalho silencioso. Para bloquear o caminho de transmissão de ruído de uma seção para outra seção, cortina acústica pode ser usada. Paredes com isolamento acústico podem ser instaladas ao redor da fonte de geração de ruído para evitar poluição sonora.

Outro exemplo de controle de ruído ao longo do caminho de transmissão pode ser uma estação de trabalho totalmente fechada com portas de núcleo completo e janelas de vidros duplos. O ruído pode ser reduzido significativamente com o uso de painéis de vidro de duas espessuras, um painel mais grosso por fora e outro mais fino por dentro, com um vão de vácuo. As estações de trabalho ou seções podem ser reorganizadas por baias especiais feitas de chapa de aço maciça no lado de fora, cobertas com chapa de aço perfurada por dentro podem ser construídas onde toda soldagem, esmerilhamento e martelamento acontecem. Para fornecer um ambiente adequado para a papelada da oficina, os escritórios podem ser totalmente cobertos com painéis de vidro laminado para reduzir o nível de ruído significativamente dentro do escritório com todas as janelas fechadas. Os extratores de poeira podem ser montados em almofadas. Motores antigos podem ser substituídos e acessórios soltos devem ser apertados. O ruído de engenharia pode ser controlado na fonte por um sistema de fixação adequado e monitoramento do maquinário de produção. As retificadoras podem ser montadas com suportes de borracha.

Os resultados esperados com relação à implementação das soluções / alternativas estratégicas estão listados em Tabela 8.

Tabela 8. Resultados esperados com relação à implementação das alternativas estratégicas.

De Meio Ambiente desafios	Fontes principais	Impacto / riscos avaliação	Estratégico alternativas	Esperado resultados
Lixo sólido Geração	Chips / swarf Gerado a partir de usinagem	De Meio Ambiente dano (Poluição da terra basicamente) Ocupacional risco devido à falta de segurança	Gestão de resíduos sólidos reciclando com manuseio adequado de cavacos / aparas	Fazendo dinheiro Melhor saúde e segurança ocupacional Menor consumo de espaço para armazenamento
	Pó de moagem / lama	De Meio Ambiente dano afetando a terra e água	Tratamento de lodo de moagem (tecnologia de briquete)	Recuperação de metal componente Recuperar refrigerante Menor nível de descarga de poluentes
Poluição do ar (emissão da pilha características e ar fugitivo características)	Tratamento térmico base aquecida	Emissão de GEE devido à cementação e extinção (bento de sal) Risco ocupacional devido fumar	Carburização de plasma	Emissão reduzida de GEE Eliminação de resíduos de óleo Redução do tempo de produção Menos alterações dimensionais e distorções Melhor local de trabalho Menor consumo de energia Menor emissão de GEE Melhor local de trabalho
	Alta capacidade centrífugo fornos			Emissão reduzida de GEE Melhor local de trabalho
Poluição sonora	Usinagem, esmerilhamento, martelando e gerador de diesel	Falta de comunicação, estresse, ansiedade e perda de audição	Manutenção preventiva de máquinas	Uma quantidade significativa de redução de som / ruído pode ser alcançada
			Bloqueio de ruído transmissão canais Uso de almofadas de borracha para montagem Fixação adequada	
	Extrator de poeira	Falha de comunicação	Uso de almofadas de borracha para montagem  Substituindo os rolamentos de fã Apertando acessórios soltos	Redução de som geral pode ser possível quase 15-18 db (A) (de acordo com a visão do especialista)

#### 4. Conclusões

Neste artigo, foi feita uma tentativa de compreender as complexidades ambientais envolvidas na fabricação de caixas de engrenagens industriais e a mudança de Layout para otimizar a produção. A contribuição deste artigo é que ele descobre as causas raízes dos problemas ambientais durante a fabricação e descreve as soluções / alternativas estratégicas para a organização de manufatura de caixas de engrenagens industriais com os resultados esperados. A análise de layout inicial revelou que o layout inicial da empresa só pode cumprir 38% na lista de verificação de critérios de layout e 49% na lista de verificação de manuseio de materiais. Os resultados da pesquisa usando planejamento de layout sistemático podem aumentar a capacidade de produção em 37,5% e pode

reduzir os custos de manuseio de material em 10,98% em comparação com o layout inicial. O tempo de produção do resultado da simulação é de 142,53 horas. O tempo de produção pode ser cumprido pela empresa em até um mês, pois o tempo disponível é de 192 horas. Este layout proposto deve ser aprimorado usando outro método de melhoria, como o método de troca de pares.

Ele também discute criticamente a literatura disponível sobre soluções ambientais para a fabricação de caixas de engrenagens industriais. Para descobrir as causas raízes, o presente trabalho de pesquisa utiliza ferramentas de análise de decisão multicritério. Conclui-se da análise que a poluição do ar e a poluição sonora são os principais fatores a serem considerados para a presente organização. Este trabalho de pesquisa pode ajudar a organização a desenvolver ou mudar sua estratégia de manufatura atual a fim de produzir produtos amigáveis ao meio ambiente. Os resultados esperados podem ser verificados se a organização de fabricação de caixas de engrenagens industriais implementa as alternativas / soluções sugeridas explicadas neste artigo.

## **5. Referências**

ALLEN, D. T.; SHONNARD, D. R. Sustainability in chemical engineering education: Identifying a core body of knowledge. **AIChE Journal**, v. 58, n. 8, ago. 2012.

ALMAMLOOK, R. et al. A Simulation Model to Improve Productivity in the Pipe Manufacturing Industry. **Journal of Southwest Jiaotong University**, v. 55, n. 2, 2020.

ALMEIDA, J. F. DE. **Adoção de Manufatura Aditiva (MA) para metais em empresas: identificação de barreiras e proposta de roteiro para implementação**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 11 maio 2021.

ALMEIDA, S. R. G. DE; PASQUALETTO, A. ANÁLISE DE ATENDIMENTO DE DEMANDA COM O SOFTWARE PROMODEL. **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 4, n. 2, 7 fev. 2019.

BILYK, C. **INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO-LACTEC**. [s.l: s.n.].

BINTANG BAGASKARA, K.; GOZALI, L.; WIDODO, L. Redesign Layout Planning of Raw Material Area and Production Area Using Systematic Layout

Planning (SLP) Methods (Case Study of CV Oto Boga Jaya). **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 852, p. 012122, 2020.

CHERRAFI, A. et al. Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. **International Journal of Production Economics**, v. 206, dez. 2018.

COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, v. 44, abr. 2014.

DOS SANTOS, P. H. et al. The analytic hierarchy process supporting decision making for sustainable development: An overview of applications. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, mar. 2019.

DOYLE, J.; GREEN, R. Efficiency and Cross-efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses. **Journal of the Operational Research Society**, v. 45, n. 5, 20 maio 1994.

GAUSSIN, M. et al. Assessing the environmental footprint of manufactured products: A survey of current literature. **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 2, dez. 2013.

HUYNH, B. H.; AKHTAR, H.; LI, W. **Discrete Event Simulation for Manufacturing Performance Management and Optimization: A Case Study for Model Factory**. 2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM). **Anais...IEEE**, fev. 2020.

JAMES A. TOMPKINS et al. **Facilities Planning**. fourth ed. California: John Wiley & Sons, 2010, 2010.

JAYAL, A. D. et al. Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 2, n. 3, jan. 2010.

JOHNSTONE, L. A systematic analysis of environmental management systems in SMEs: Possible research directions from a management accounting and control stance. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, jan. 2020.

KOVÁCS, G.; KOT, S. Facility layout redesign for efficiency improvement and cost reduction. **Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics**, v. 16, n. 1, mar. 2017.

MOATARI KAZEROUNI, A.; CHINNIAH, Y.; AGARD, B. A proposed occupational health and safety risk estimation tool for manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, v. 53, p. 1–17, 7 ago. 2014.

MORAWSKA, L. et al. Applications of low-cost sensing technologies for air quality monitoring and exposure assessment: How far have they gone? **Environment International**, v. 116, jul. 2018.

PEI, H. et al. Influence of biodegradable lubricant on the ecology, lubrication, and machining process in minimum quantity lubrication. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 113, n. 5–6, 8 mar. 2021.

QATTAWI, A.; CHALIL MADATHIL, S. Assembly line design using a hybrid approach of lean manufacturing and balancing models. **Production & Manufacturing Research**, v. 7, n. 1, 1 jan. 2019.

RAWLINGS, J. et al. Do smart grids offer a new incentive for SME carbon reduction? **Sustainable Cities and Society**, v. 10, fev. 2014.

SARKIS, J. Manufacturing strategy and environmental consciousness. **Technovation**, v. 15, n. 2, mar. 1995.

SARKIS, J. A methodological framework for evaluating environmentally conscious manufacturing programs. **Computers & Industrial Engineering**, v. 36, n. 4, p. 793–810, 1999.

SEDDON, N. et al. Getting the message right on nature-based solutions to climate change. **Global Change Biology**, v. 27, n. 8, abr. 2021.

SILVA, A. L. DA; RENTES, A. F. Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, 2012.

SUHARDINI, D.; SEPTIANI, W.; FAUZIAH, S. Design and Simulation Plant Layout Using Systematic Layout Planning. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 277, p. 012051, 2017.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. **Production**, v. 18, n. 3, dez. 2008.

•