

# **AVALIAÇÃO DE UMA OPERAÇÃO CRÍTICA, SOB A ÓTICA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO, UTILIZANDO A ÁRVORE DA REALIDADE ATUAL**

**DÉBORA OLIVEIRA DA SILVA (UNISINOS)**

deboraods@gmail.com

**RODRIGO COSTA DE SOUZA LIMA (UNISINOS)**

rodrigocslima@gmail.com

**GUILHERME LUÍS ROEHE VACCARO (UNISINOS)**

guilhermev@unisinis.br

**Resumo:** *O OBJETIVO DESTA TRABALHO É REALIZAR UMA ANÁLISE TÉCNICO-CIENTÍFICA DE UMA MELHORIA ERGONÔMICA E PRODUTIVA DE UM POSTO DE TRABALHO DE UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO, LOCALIZADA NA CIDADE DE GRAVATAÍ – RS. A ABORDAGEM DE PESQUISA UTILIZADA PARA ESTE ESTUDO FOI A PESQUISA-AÇÃO E O MÉTODO DE PESQUISA EFETUADO FOI O ESTUDO DE CASO. O ENFOQUE DADO É O DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, COM VIÉS EM ERGONOMIA. A EMPRESA FORMOU UM TIME PARA A AÇÃO DE MELHORIA NO POSTO DE TRABALHO, QUE CONTOU COM A PRESENÇA DE COLABORADORES QUE COMPÕEM AS PRINCIPAIS ATIVIDADES DE GESTÃO DAS OPERAÇÕES FABRIS E CHÃO-DE-FÁBRICA, ASSIM COMO COLABORADORES EXTERNOS. AS COLETAS DE DADOS FORAM REALIZADAS EM ENTREVISTAS COM OPERADORES, REUNIÕES E OBSERVAÇÃO DOS PROCESSOS. PARA A CONSTRUÇÃO DO ESTUDO, FORAM DEFINIDAS TRÊS ETAPAS PRINCIPAIS A SEREM SEGUIDAS: AVALIAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS PRODUTIVOS E ERGONÔMICOS ATUAIS DO POSTO DE TRABALHO; CONSTRUÇÃO E EVOLUÇÃO DE CENÁRIOS; DEFINIÇÃO DO CENÁRIO A SER ADOTADO. FOI REALIZADA UMA REAVALIAÇÃO DOS DADOS COLETADOS PARA COMPARAÇÃO DO ANTES E DEPOIS DA MELHORIA, TANTO REFERENTE À PRODUÇÃO QUANTO ERGONOMIA. COMO RESULTADOS, OBSERVOU-SE EVIDÊNCIAS DE GANHOS A PARTIR DE MELHORIAS PRODUTIVAS ALINHADAS COM O FOCO EM ERGONOMIA.*

**Palavras-chaves:** *PERDAS; SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO; ÁRVORE DA REALIDADE ATUAL; TEORIA DAS RESTRIÇÕES.*

# EVALUATION OF A CRITICAL OPERATION, FROM THE PERSPECTIVE OF THE TOYOTA PRODUCTION SYSTEM, USING THE CURRENT REALITY TREE

**Abstract:** *THE AIM OF THIS STUDY IS TO PERFORM A TECHNICAL-SCIENTIFIC ANALYSIS OF AN ERGONOMIC AND PRODUCTIVE IMPROVEMENT OF A WORKSTATION OF AN AUTOMOBILE MANUFACTURER, LOCATED AT GRAVATAI - RS. THE RESEARCH APPROACH USED FOR THIS STUDY WAS ACTION REESEARCH AND THE RESEARCH METHOD WAS PERFORMED AS CASE STUDY. THE APPROACH TAKEN IS THAT OF PRODUCTION ENGINEERING, FOCUSED IN ERGONOMICS. THE COMPANY FORMED A TEAM FOR ACTION TO IMPROVE THE JOB, WHICH WAS ATTENDED BY THE EMPLOYEES THAT MAKE UP THE MAIN ACTIVITIES OF MANAGEMENT OF MANUFACTURING OPERATIONS AND FACTORY-FLOOR, AS WELL AS EXTERNAL COLLABORATORS. DATA COLLECTION WAS MADE BY INTERVIEWS WITH OPERATORS, MEETINGS AND OBSERVATION OF PROCESSES. TO CONSTRUCT THE STUDY, THREE MAIN STEPS TO BE FOLLOWED WERE DEFINED: EVALUATION AND IDENTIFICATION OF PRODUCTION PROBLEMS AND ERGONOMIC CURRENT JOB; CONSTRUCTION AND EVOLUTION SCENARIOS, SCENARIO DEFINITION TO BE ADOPTED. THE STUDY PERFORMED A REASSESSMENT OF THE DATA COLLECTED TO COMPARE THE BEFORE AND AFTER THE IMPROVEMENT, BOTH ON PRODUCTION AS ERGONOMICS. AS RESULTS, THERE WAS EVIDENCE OF GAINS FROM IMPROVED PRODUCTION LINE WITH THE FOCUS ON ERGONOMICS.*

**Keyword:** *WASTES; TOYOTA PRODUCTION SYSTEM; CURRENT REALITY TREE; THEORY OF CONSTRAINTS.*

## 1. Introdução

A Ergonomia vem cada vez mais se fazendo presente não só nos produtos finais das empresas, mas também dentro delas mesmas, em cada processo produtivo ou empresarial. Nos últimos anos a preocupação com o trabalhador vem se introduzindo na cultura das empresas, a fim de melhorar a qualidade de vida de seus empregados. Um dos objetivos que se busca atingir com a Ergonomia é a diminuição de acidentes e afastamentos por doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho (DORT), não só pelo conforto de seus funcionários, mas também por custos que a empresa sofre e problemas sociais que um trabalhador afastado acarreta.

A mecanização fez com que as empresas adotassem mecanismos de produção tão rápidos que o homem muitas vezes não consegue acompanhar, lesando-o com o passar do tempo. Por outro lado, o mundo capitalista atual faz com que as empresas trabalhem cada vez mais rápido e enxutas, usando, na maioria das vezes, o Sistema Toyota de Produção como linha mestra de redução de perdas. Uma melhoria ergonômica muitas vezes retarda um processo de produção, ou na melhor das hipóteses iguala-se a este tempo, fazendo com que seja quase antagônica aos objetivos do Sistema Toyota de Produção.

Este trabalho apresenta um caso no qual os princípios do Sistema Toyota de Produção foram alinhados com os de uma ação em Ergonomia, fazendo com que a produção aumentasse, melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores envolvidos e trazendo ganhos de tempo. Ou seja, visa argumentar que o alinhamento do Sistema Toyota de Produção com a Ergonomia pode ser fonte de economia para uma organização.

## 2. Referencial teórico

A seguir serão apresentados os conceitos que guiaram a condução do presente trabalho. Inicia-se pela apresentação dos conceitos de perdas, sob a ótica do Sistema Toyota de Produção; seguido pelo processo de pensamento da Teoria das Restrições; e, por último, a Árvore da Realidade Atual.

### 2.1 Perdas produtivas

Para Shingo (2002), a produção é uma rede de processos e operações. Um processo é o fluxo de materiais visualizado no tempo e no espaço, onde acontece a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e então em produto acabado. Já as operações podem ser visualizadas como a realização do trabalho para a efetivação da transformação, ou seja, a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço. Um processo é a análise do fluxo de material ou produto; as operações são a análise do trabalho que o trabalhador ou máquina realiza com o produto. Um exemplo clássico é o corte de um eixo em um torno: o eixo é desbastado, furado, e recebe o acabamento final. Estas transformações são os processos. O torno desbasta, fura e dá acabamento final. Essa série de ações é a operação.

Embora o processo seja um somatório de uma série de operações, é um equívoco analisá-los de uma mesma ótica, pois isso reforça a hipótese errada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte. Shingo (2002) afirma que para se realizar melhorias que sejam significativas no processo de produção, deve-se distinguir o fluxo de operação (trabalho) do fluxo de processo (produto) e analisá-los separadamente. As melhorias feitas na operação para maximizar a

eficiência da produção devem ser profundamente estudadas antes de serem executadas, e deve-se considerar seu impacto no processo, caso contrário podem reduzir a eficiência global.

Para Shingo (2002), os processos podem ser melhorados de duas maneiras. A primeira, chamada de Engenharia de Valor, consiste em melhorar o produto em si. Já a segunda maneira consiste em melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção ou da tecnologia de fabricação. O primeiro estágio na melhoria do processo é a Engenharia de Valor, pois é esta que questiona: “Como esse produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e simultaneamente reduzir os custos de fabricação?”. No segundo estágio a questão é outra: “Como a fabricação deste pode ser melhorada?”.

Segundo Liker (2005), ao aplicar o Sistema Toyota de Produção, começa-se examinando o processo de produção a partir da perspectiva do cliente. Questiona-se: “O que o cliente quer com esse processo?”. Essa pergunta serve tanto para o cliente interno, dos próximos passos da linha de produção até o cliente final. Essa é a definição de valor. Observar um processo e os passos, dos que agregam valor dos que não agregam.

Baseado nos conceitos de trabalho e perdas inicialmente propostos por Ford (1927) e Taylor (1992), Ohno (1997) sugere uma divisão dos movimentos realizados pelos trabalhadores em três categorias: trabalho líquido; trabalho que não adiciona valor mas suporta o trabalho efetivo; e as perdas. O trabalho líquido ou efetivo é aquele em que são alocados custos, no entanto há agregação de valor ao produto. O trabalho que suporta o trabalho efetivo gera custos mas é indispensável para a realização do trabalho efetivo e consequente agregação de valor ao produto. Já as perdas são atividades que geram custos mas não agregam nenhum valor ao produto, devendo ser sumariamente eliminadas.

Ohno (1997) e Shingo (1996) propõem conjuntamente noções de sete perdas. Tais perdas estão diretamente relacionadas ao mecanismo da função produção. São elas:

- Perdas por superprodução: Considerada “a pior das perdas”, tende a esconder as demais, uma vez que é impossível atacá-la diretamente. Existem dois tipos de perdas por superprodução: quantitativa e por antecipação. A superprodução quantitativa ocorre quando é planejada uma produção maior que a demanda, prevendo perdas por refugo. Caso o refugo não ocorra, irá sobrar produto produzido. A superprodução por antecipação é atender a demanda antes do tempo estabelecido, gerando estoque;
- Perdas por transporte: Relacionam-se a todas as atividades de movimento que não agregam valor ao produto ou que elevam os custos do sistema produtivo. A perda pode ser grande (entres esperas) ou pequenas (espera-processamento);
- Perdas no processamento em si: São atividades de processamento que não são necessárias, que não adicionam qualidade ou valor ao produto ou serviço;
- Perdas devido à fabricação de produtos defeituosos: Consiste na fabricação de subconjuntos ou produtos que não atendem a especificação de qualidade requerida;
- Perdas no estoque: Grande estoques de matéria-prima, material em processo ou acabado, em que acarretam em elevados custos;
- Perdas no movimento: Qualquer movimento inútil que os funcionários têm que fazer durante o trabalho, tais como procurar, pegar ou empilhar peças, ferramentas, etc;
- Perdas por espera: Tempo no qual o trabalhador ou máquina não estão sendo utilizados produtivamente.

## 2.2 O processo de pesamento da TOC

Sob o ponto de vista da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC), a meta de uma empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro. O atingimento da meta está baseado em dois pilares: satisfazer os colaboradores hoje e no futuro; e satisfazer os clientes hoje e no futuro. Qualquer fator que impeça a empresa de atingir a sua meta é considerado uma restrição (Goldratt & Cox, 1994).

As restrições podem ser internas ou externas, podendo ser desde uma operação lenta que impeça a empresa de atender as demandas impostas pelo mercado, como o próprio mercado, quando a empresa possui oferta e não tem para quem destiná-la. Desde sua concepção, nos anos 70, a TOC era utilizada em ambientes fabris. A partir da década de 90, no entanto, passou a ser aplicada em outros ambientes, tanto dentro quanto fora da empresa. Atualmente existem diversos casos de abordagens da TOC aquém ao sistema de produção, como na área de custos, marketing, vendas, logística, etc. Além disso, outros ambientes passaram a fazer uso dessa metodologia, a exemplo da área da educação, logística, e até mesmo jurídica. (Goldratt & Cox, 1994)

Conforme Goldratt (1995) o Processo de Pensamento da TOC é composto por três questões centrais: (i) O que mudar?; (ii) Para o que mudar?; e (iii) Como causar a mudança?. Trata-se de um método estruturado de pensamento lógico que visa estabelecer relações sistêmicas de causa-efeito-causa com vistas à eliminação das restrições de um dado processo. As questões centrais são: identificar a restrição; propor soluções; e estabelecer um plano de ação para que as soluções propostas sejam de fato implementadas. Na lógica da TOC, a medida que se elimina uma restrição, outras irão surgir. Quando isso ocorrer deve-se retornar a primeira etapa do processo, estabelecendo assim um método de aprimoramento contínuo da empresa.

A primeira etapa do processo de pensamento da TOC visa identificação das causas raiz de um problema identificado, através da utilização da ferramenta Árvore da Realidade Atual (ARA). A segunda etapa visa identificar soluções para as causas raiz identificadas na etapa anterior, utilizando as ferramentas Evaporação das Nuvens (EN) e Árvore da Realidade Futura (ARF). A terceira e última etapa consiste em estabelecer um plano de ações necessárias para colocar em prática as soluções propostas na etapa 2. Goldratt (1994c) afirma que o método deve ser encarado de forma flexível, sempre se retornando a etapas anteriores caso necessário.

## 2.3 Árvore da realidade atual - ARA

Goldratt (1994c) afirma que um número restrito de causas é responsável pelo surgimento de todos os efeitos indesejáveis. Essas causas são chamadas de problemas centrais e são identificadas com a utilização da ARA. Todas as demais etapas do processo de pensamento da TOC baseiam-se nas causas principais identificadas pela ARA, portanto essa é uma etapa fundamental para o sucesso da aplicação de todo o método.

A estrutura da ARA é composta por uma rede de relações entre uma série de Efeitos Indesejados (EI). Inicialmente faz-se uma lista com efeitos indesejados de um dado problema. Em seguida, esses efeitos indesejados são conectados por meio de flechas, estabelecendo relações de efeito-causa-efeito entre eles. Caso um dado EI ocorra somente pela combinação de dois ou mais outros, deve-se conectar as flechas de ligação por meio de uma elipse. A leitura da ARA é feita da base para o topo, partindo-se das causas fundamentais, como apresenta a Figura 1.

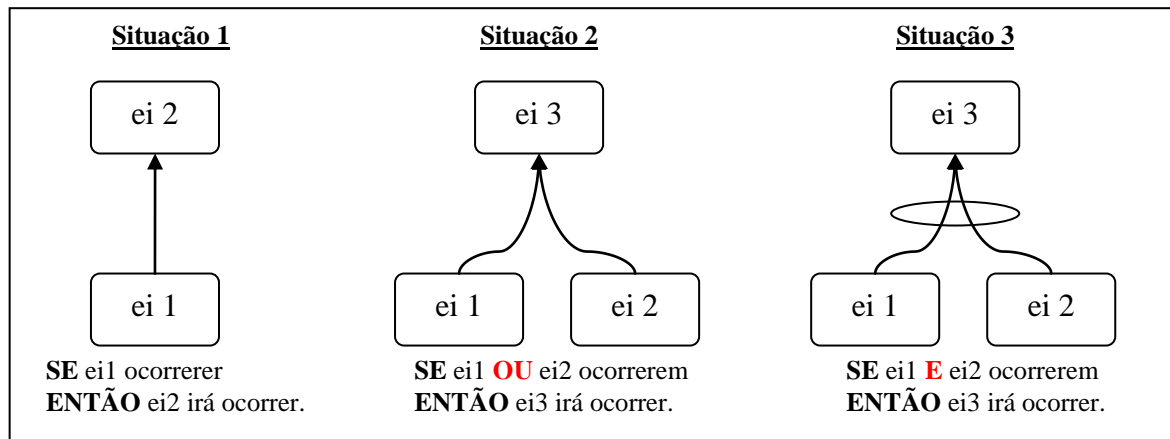


Figura1: Exemplos de leitura de uma ARA

As etapas para construção da ARA, conforme Goldratt *apud* Alvarez (1996) são as seguintes:

- Passo 1: listar em torno de 10 efeitos indesejáveis relacionados com o problema em questão;
- Passo 2: conectar por meio de flechas os efeitos indesejáveis que possuem relação de efeito-causa-efeito, criando grupos de EIs, examinando detalhadamente as relações;
- Passo 3: conectar todos os EIs restantes aos grupos formados no passo 2, avaliando detalhadamente as relações de causa-efeito-causa existentes;
- Passo 4: ler a ARA de baixo para cima, novamente avaliando as relações existentes e corrigindo o que for necessário;
- Passo 5: questionar se a ARA reflete a realidade do problema em análise;
- Passo 6: caso necessário, expandir a árvore com a inclusão de novos efeitos indesejáveis, visando melhor explicar a problemática;
- Passo 7: revisar todos os efeitos indesejáveis e verificar se algum deles é inerentemente negativo, ou seja, não possui causa aparente.
- Passo 8: eliminar da árvore as entidades identificadas no passo 7, ou seja, os efeitos indesejáveis que não são necessárias para conectar todos os EIs;
- Passo 9: apresentar a árvore para alguém que conheça a situação em análise de modo a questionar as relações estabelecidas entre os efeitos indesejáveis;
- Passo 10: avaliar todos os pontos de entrada da árvore, em busca das causas raiz, ou seja, a que explica o maior número de efeitos indesejáveis (em torno de 70% dos EIs). Caso não seja encontrada uma causa com alto poder de explicação, aprofundar a análise.

A verificação da ARA deve-se dar conforme sete critérios estabelecidos por Goldratt *apud* Alvarez (1996):

- Existência da entidade: verificar se os efeitos indesejáveis listados realmente existem;
- Existência da causalidade: verificar se existe realmente relações de causa-efeito nas conexões estabelecidas;
- Tautologia: verificar se há circularidade entre a causa e o efeito, onde o efeito explica a

causa ao mesmo tempo que a causa explica o efeito.

- Existência de efeito previsto: eliminar uma dada causa se um efeito previsto a partir dela não existir;
- Insuficiência de causa: acrescentar “causas” adicionais necessárias para explicação de um dado efeito, estabelecendo a lógica demonstrada na situação 3 da Figura 1;
- Causa extra: identificar demais causas que também sirvam de explicação para um dado efeito, conforme elucida a situação 2 da Figura 1;
- Claridade: verificar se há necessidade de detalhar alguma relação de causa-efeito, caso essa não se dê de forma direta.

Ressalta-se que o grande objetivo da construção da ARA é identificar as causas raiz, ou seja, uma ou poucas causas que explique quase a totalidade dos efeitos indesejados. Dessa forma, deve-se ser criterioso na montagem da ARA e na escolha das causas raiz que serão trabalhadas nas etapas seguintes do processo de pensamento da TOC, evitando desperdício de recursos em problemas que não são centrais na eliminação da restrição.

A idéia principal do Processo de Pensamento é eliminar as restrições do sistema de maneira contínua e sistemática. A medida que uma restrição é eliminada, outras certamente irão surgir. Dessa forma, ao final do terceiro passo do processo de pensamento, deve-se retornar ao primeiro e trabalhar as próximas restrições que forem identificadas.

### 3. Análise e discussão do trabalho realizado

#### 3.1 Caracterização da situação

O estudo ora apresentado transcorre em uma empresa multinacional do segmento de auto-peças. O caso em análise se deu em uma planta localizada dentro do *site* de uma montadora de veículos da região sul do país. O objeto de análise é a primeira operação de uma linha de montagem que produz o conjunto amortecedor/sistema de freios dianteiro, esquerdo e direito, para fornecimento à montadora.

A Figura 2 apresenta o macroleiaute da linha de montagem. Como pode ser observado, a Operação 60 é comum aos dois eixos da linha de montagem, ou seja, fornece itens tanto para a montagem do conjunto do lado esquerdo quanto para o lado direito. Dessa forma, para atender a demanda das duas linhas de montagem, essa operação necessitaria produzir duas peças a cada *takt time* da linha. No entanto, não é isso que acontece, sendo esse o problema chave a ser investigado.

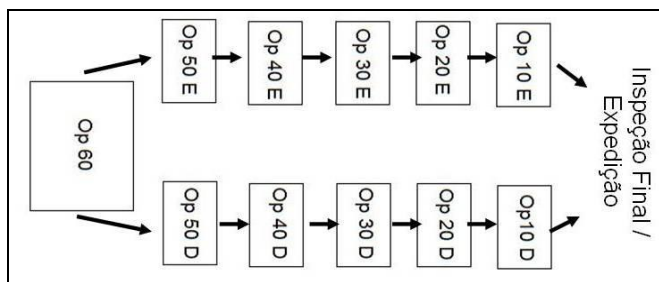


Figura 2: Linha de montagem

O posto de trabalho da Operação 60 é composto por: um rack, no qual são dispostas as peças que compoem o conjunto; um “carrossel”, onde ficam depositadas as molas e o amortecedor a gás do conjunto da suspensão; o Strut, máquina responsável pelo torque no

conjunto amortecedor; e o carrinho onde se deposita o conjunto montado em uma caixa, a qual forma o buffer de abastecimento.

A seqüência de operações executadas na Operação 60, de forma resumida, é a seguinte: (1) efetuar pré-montagem do conjunto, com os componentes que estão dispostos no carrossel e no rack; (2) posicionar conjunto no Strut; (3) retirar conjunto do Strut e conferir torque; (4) colocar conjunto pronto no carrinho. O leiaute do posto é disposto conforme apresenta a Figura 3.

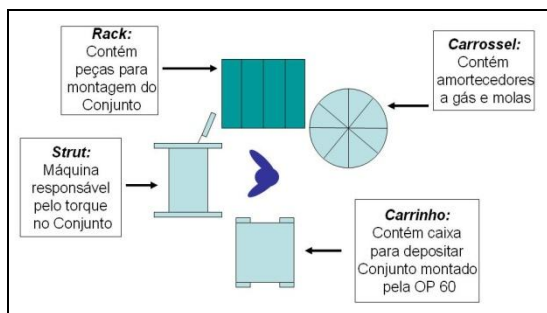


Figura 3 – layout da célula

A fábrica conseguia atender a demanda da montadora trabalhando somente um turno de oito horas. No entanto, Operação 60 necessitava trabalhar em dois turnos para suprir a demanda da linha de montagem. Isso se dá pois o *takt time* da Operação 60 é praticamente igual ao *takt time* da linha de montagem. Como a taxa de consumo da linha de produção é de dois subconjuntos da Operação 60 para um conjunto dianteiro completo (esquerdo e direito), a Operação 60 necessita trabalhar o dobro do tempo da linha de montagem para que a fábrica atenda a demanda da montadora. Dessa forma, visto que a Operação 60 não atende a demanda imposta pelo seu processo cliente (linha de montagem) é considerada a restrição da fábrica.

A Operação 60 é operada por somente um funcionário por turno de trabalho. Por questões de segurança, no turno extra, esse operador não pode permanecer sozinho na fábrica. Dessa forma, é necessário que mais um operador permaneça na fábrica, mesmo que sem necessidade de executar atividades produtivas.

Durante o turno extra a Operação 60 produz um pulmão de peças que começa a ser consumido logo no primeiro momento do turno diurno do dia seguinte. Entretanto, este pulmão que a Operação 60 produz durante a noite é consumido pelo resto da linha (direita e esquerda) em meio turno. Em outras palavras, a Operação 60 não pára, pois enquanto o pulmão produzido pelo turno noturno é consumido na primeira metade do turno diurno, a Operação 60 produz um pulmão para a segunda metade do turno diurno, de modo que no final do turno diurno, não sobram peças produzidas pela Operação 60.

### 3.2 Modelagem do problema pela ARA

O objetivo principal a ser atingido com a construção da ARA é identificar “O que mudar” no processo para que a Operação 60 atenda suas demandas em um único turno de trabalho. Para isso, foram seguidos os passos para construção da ARA, conforme especificado no capítulo anterior. Iniciou-se pela listagem dos efeitos indesejáveis. Foi realizado um *brainstorming* com uma equipe de pessoas que detinha conhecimento profundo sobre o processo, sendo eles: 1 operador da célula, 1 líder de turno, 1 engenheiro de processos, 1 técnico de segurança do trabalho. Após algumas discussões chegou-se a seguinte lista de efeitos indesejados:



- EI 1: operação 60 não atende a demanda especificada;
- EI 2: o tempo de ciclo do Strut é alto;
- EI 3: o tempo de ciclo do operador é alto;
- EI 4: falta de confiabilidade do Strut;
- EI 5: falta de seqüência lógica na disposição dos componentes no rack;
- EI 6: necessidade da Operação 60 trabalhar em turno extra em relação ao restante da fábrica (turno noturno);
- EI 7: dificuldade de posicionar conjunto pronto no carrinho;
- EI 8: carrinho é muito profundo;
- EI 9: grande movimentação do operador dentro da célula;
- EI 10: fadiga do operador;
- EI 11: diminuição considerável do ritmo de produção ao longo do turno;

A partir dos efeitos indesejáveis resultantes do *brainstorming*, foram estabelecidas as relações de causa-efeito-causa entre eles e montada a ARA. Alguns efeitos indesejáveis não incluídos na lista inicial foram adicionados para melhor representar a situação atual. A partir da ligação de todos os efeitos indesejáveis, obteve-se a ARA conforme a Figura 4. A ARA então foi apresentada a pessoas especialistas no processo, para que a mesma fosse criticada, inclusive o supervisor da linha e o gerente da fábrica, visando dar creditação à mesma.

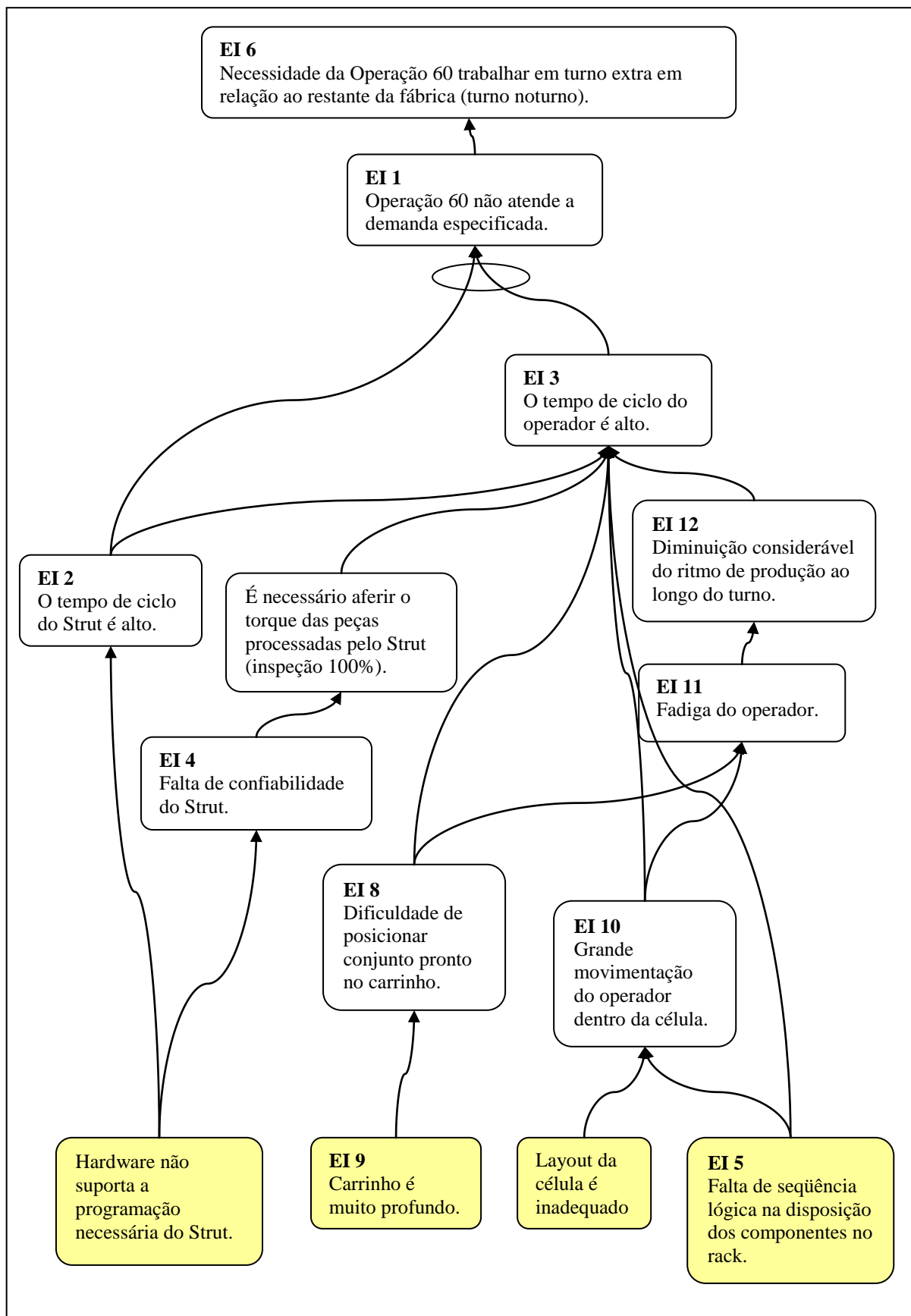


Figura 4: ARA

### 3.3 Análise da ARA

Após a construção da ARA foi possível identificar as causas raiz que levam a Operação 60 a trabalhar em um turno extra em relação ao restante da fábrica. O processo de construção da ARA gerou questionamentos sobre diversos aspectos do processo produtivo e da operação sob a ótica das perdas produtivas. Objetivou-se identificar quais das sete perdas estavam presentes no problema em análise. A partir dessa avaliação, os efeitos indesejáveis apresentados na ARA foram classificados segundo as perdas que representam

- superprodução: necessidade da Operação 60 trabalhar em turno extra em relação ao restante da fábrica (turno noturno);
- espera (tempo sem trabalho): o tempo de ciclo do Strut é alto;
- transporte movimentação interna de carga: necessidade da Operação 60 trabalhar em turno extra em relação ao restante da fábrica (turno noturno);
- processamento: aferir o torque das peças processadas pelo Strut (inspeção 100%), Hardware não suporta a programação necessária do Strut;
- excesso de estoque: necessidade da Operação 60 trabalhar em turno extra em relação ao restante da fábrica (turno noturno);
- movimento desnecessário: grande movimentação do operador dentro da célula, falta de seqüência lógica na disposição dos componentes no rack, carrinho é muito profundo, dificuldade de posicionar conjunto pronto no carrinho, diminuição considerável do ritmo de produção ao longo do turno, fadiga do operador, o tempo de ciclo do operador é alto, layout da célula é inadequado;
- defeitos: falta de confiabilidade do Strut

### 4 Considerações Finais

Com a ARA montada, foi possível identificar as causas raízes:

- Programação inadequada do CLP;
- Carrinho muito profundo;
- Layout inadequado;
- Falta de seqüência lógica na disposição dos componentes no *rack*.

A partir disso, pode-se fazer inferências nas causas raízes de maneira pontual, com melhorias, a fim de se obter um melhor aproveitamento do recurso problemático. Para a programação inadequada do CLP, sugere-se como melhoria um melhor estudo da máquina STRUT e sua programação. Entrando em contato com o fabricante do CLP, pode-se estudar uma melhor forma de aumentar a *performance* do equipamento. Esta melhoria pode impactar de maneira direta no desempenho do posto de trabalho em estudo. O carrinho muito profundo pode ser substituído por outro com profundidade adequada. Esta melhoria pode ter um impacto indireto no sistema produtivo, uma vez que pode ser o mesmo utilizado ao final da linha. Para o layout inadequado, sugere-se um planejamento de célula de manufatura, onde se pode ganhar tempo substancial no fluxo de material. O mesmo princípio de melhoria pode ser aplicado para o problema de falta de sequencia lógica na disposição dos componentes do rack.

### Referências

ALVAREZ, R.R.. *Desenvolvimento de uma Análise Comparativa de Métodos de Identificação, Análise e*

*Solução de Problemas*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. UFRGS. Porto Alegre, 1996.

Goldratt, Eliyahu M. & COX, Jeff. *A Meta* - Ed. Ampliada. São Paulo, Educador, 1994.

Goldratt, Eliyahu M.. *Introduction to the Theory of Constraints Through Application to Marketing and Sales*. Berkshire, England, Avraham Y. Goldratt Institute, 1993.

Goldratt, Eliyahu M.. *Mais que Sorte...Um Processo de Raciocínio*. São Paulo, Educator Editora, 1994.

KMITA, Silvério: *Análise da satisfação dos funcionários com as melhorias Ergonômicas implantadas na divisão de usinagem da John Deere Brasil*. Tese de Mestrado em Engenharia de Produção. UFRGS. Porto Alegre. 2003.

LIKER, Jeffrey K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005. 316 p

NAZARENO, Ricardo: *Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de um Sistema de Produção Enxuta*. Tese de Mestrado em Engenharia de Produção. USP-EESC. São Carlos. 2003.

OHNO, Taiichi. *O sistema toyota de produção : além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 149 p.

SHINGO, Shigeo. *O sistema Toyota de produção : do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996-2002. 291 p.