

**TEORIA DAS RESTRIÇÕES: utilização da ferramenta de árvore de realidade atual na identificação de melhorias em um equipamento**

*THEORY OF CONSTRAINTS: use the tool current reality tree for identify improvement in equipment*

Carolina Pantaleão Margonar – carolina.margonar@gmail.com

Carlos Roberto Regattieri – carlos.regattieri@fatectq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC) – SP – Brasil

**DOI: 10.31510/infa.v15i2.520**

### RESUMO

Em um mundo globalizado e competitivo, a eficiência dos processos e meios de produção, torna-se essencial e determina a sobrevivência das empresas. Por isso, a busca por metodologias e ferramentas que auxiliem a melhoria de processos é cada vez mais comum nas empresas. Partindo deste princípio, este artigo tem como objetivo explicar sobre a Teoria das Restrições e aprofundar-se na ferramenta de identificação de gargalos, árvore de realidade atual (ARA), verificando as etapas para sua aplicação e os benefícios da ferramenta quando aplicada em um equipamento (plataforma elevatória). A metodologia utilizada para esse estudo foi uma pesquisa bibliográfica em fontes como livros, artigos, monografias, sites da internet e um estudo de caso, que obteve como resultado a utilização da árvore de realidade atual em um equipamento utilizado no processo produtivo de uma indústria, que apresentava um alto índice de indisponibilidade. Permitindo assim concluir que a ferramenta usualmente aplicada para identificação de gargalos na linha de montagem também traz benefícios quando aplicada em um equipamento, sendo possível a identificação dos problemas raízes do equipamento, permitindo a definição de ações focadas na melhoria e elevação do índice de disponibilidade.

**Palavras-chave:** Árvore de Realidade Atual (ARA). Teoria das Restrições (TOC). Equipamento. Plataforma Elevatória.

### ABSTRACT

In a globalized and competitive world, an improvement of the processes and means of production, becomes essential and determines the survival of the companies. Therefore, a search for methodologies and tools that help process improvement is increasingly common in companies. This article aims to present the Theory of Constraints and tool Current Reality Tree (CRT), used for to identify the restrictions of production and benefits. This article aims to explain about the Theory of Constraints and tool, current reality tree (CRT), verifying the steps for its application and the benefits of the tool when applied in an equipment (lifting platform). The methodology used for this study was a bibliographical research in sources such

as books, articles, monographs, internet sites and a case study, which resulted in the use of the current reality tree in an equipment used in the productive process of an industry, which had a high rate of unavailability. This allows us to conclude that the tool usually applied to identify constraints on the assembly line also brings benefits when applied in an equipment, being possible to identify the root problems of the equipment, allowing the definition of actions focused on improving and increasing the availability index.

**Keywords:** Current Reality Tree (CRT). Theory of Constraints (TOC). Equipment. Lifting platform.

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado e competitivo, as organizações estão cada vez mais empenhadas em melhorar seus processos produtivos, afim de obter melhores resultados, minimizar seus custos e maximizar seus lucros. Neste cenário, segundo Silva, Genro e Kipper (2015), a Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*) é um método adequado para identificar e eliminar os gargalos. Já para Wanderley e Congan (2012), o uso da Teoria das Restrições pode ser considerado um diferencial competitivo, aliado na busca do aumento da produtividade.

A aplicação do método baseia na teoria de que todo sistema possui sua restrição, e esta por sua vez limita a sua produtividade (WANDERLEY; CONGAN, 2012).

Segundo Silva, Genro e Kipper (2015), a Teoria das Restrições pode ser considerada uma nova filosofia de pensamento gerencial, cuja ideia principal é gerenciar a partir das restrições do sistema, tendo como objetivo a maximização dos ganhos através da eliminação ou redução do inventário e despesas operacionais, e para atingir este objetivo, utiliza-se de ferramentas, como: Árvore da Realidade Atual (ARA), que busca evidenciar o que deve ser mudado, o Diagrama de Nuvem (DDN) e Árvore de Realidade Futura (ARF), que apresentada para onde mudar e finalmente a Árvore de Pré Requisitos (APR) e Árvore de Transição (AT), que indica como mudar.

A justificativa deste estudo tem como embasamento o conhecimento acerca da Teoria das Restrições e sua importância para garantir que a ideia de melhoria focada nos processos realmente aconteça e o objetivo de explanar sobre a Teoria das Restrições e aprofundar-se na ferramenta de identificação de gargalos, árvore de realidade atual (ARA), verificando as etapas para sua aplicação e os benefícios da ferramenta quando aplicada em um equipamento (plataforma elevatória).

## 2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

De acordo com Silva, Bavao e Santos (2013) a Teoria das Restrições foi criada pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt na década de 70, quando desenvolveu um software para planejamento de produção denominado OPT (*Optimized Production Technology*). Entretanto, foi somente na segunda metade dos anos 80, que Goldratt escreveu o livro “A Meta” em conjunto com Jeff Cox que a teoria tornou-se amplamente divulgada.

Por meio deste livro os princípios da Teoria das Restrições foram apresentados de forma prática, mostrando a dificuldade de um gerente de uma fábrica em administrar sua empresa, além de criticar os métodos de administração tradicionais, no decorrer do livro, o gerente vai descobrindo e aplicando os princípios da teoria proposta por Goldratt e a empresa recupera sua competitividade. (WANDERLEY; CONGAN, 2012).

Ainda segundo Wanderley e Congan (2012), apesar da evolução dos estudos nesta área, a TOC ainda é vista pela maioria das pessoas como apenas aplicável à produção, uma vez que o livro A Meta é baseado nos problemas de logística de produção. Entretanto sua aplicação não se limita á essas áreas, podendo ser aplicada em processos administrativos, serviços entre outros.

Para Goldratt (1993) a essência da TOC, é que todo sistema possui uma restrição e são essas restrições que impedem a organização de alcançar suas metas, que na maioria das organizações se traduz em resultado financeiro, ou seja, lucro. O autor ainda defende que uma vez que a organização não possuísse uma restrição, seu lucro seria infinito, alcançando com eficiência suas metas.

Segundo Wanderley e Congan (2012), partindo deste princípio, pode-se considerar dois tipos de restrições dentro das organizações, sendo a primeira restrição de recursos, que derivam em restrições de mercado, pessoas, materiais e máquinas. Já o segundo tipo é a restrição política, baseada em normas, procedimentos, práticas usuais e cotidianas.

De acordo com Votto e Fernandes (2014), a Teoria das Restrições, busca tratar estas restrições através de um processo de que responde as seguintes perguntas chaves: O que mudar? Mudar para o que? Como provocar a mudança?

Ainda segundo Votto e Fernandes (2014), apoiados nas perguntas acima, reconhecem que a performance da cadeia de valor de um sistema é baseada na sua principal restrição e o algoritmo resultante para maximizar a performance é baseados em cinco passos:

- 1- Identificar a restrição do sistema;

- 2- Explorar ao máximo a restrição do sistema;
- 3- Subordinar todo o resto a política de exploração da restrição;
- 4- Elevar a restrição do sistema;
- 5- Quando a restrição for quebrada, voltar ao primeiro passo.

Com base nos passos acima, pode-se perceber que a base de toda a TOC é que toda organização tem restrições que devem ser identificadas e geridas para aumentar o desempenho e por consequência, gerar um processo de melhoria continua.

## 2.1 Árvore de Realidade Atual (ARA)

A Árvore de Realidade Atual (ARA), é uma das ferramentas da teoria das restrições, utilizada no primeiro passo, descrito na seção anterior, ou seja, identificar as restrições do sistema. A ferramenta é utilizada para descrever a realidade vivenciada por uma organização. Por meio dela, pode-se obter um panorama amplo da situação atual, o que nos permite responder à pergunta “o que mudar?” (FACHINI; COSTA; ROZENFELD, 2010).

Para Silva, Bavao e Santos (2013), a árvore de realidade atual é utilizada para que se possa obter uma relação de causa-efeito que busca identificar quais Efeitos Indesejáveis (EIs) ocorrem, objetivando a localização da causa destes Efeitos Indesejáveis, o denominado problema-raiz.

Em complemento, Fachini, Costa e Rozenfeld (2010), definem os Efeitos Indesejáveis (EIs) também como problemas e acrescentam que o termo árvore é usado porque são criados relacionamentos do tipo pai e filho entre os EIs; realidade devido ao fato dos EIs serem a percepção das pessoas sobre a realidade; e atual pois é a percepção de uma determinada situação em um determinado período de tempo.

Segundo Wanderley e Cogan (2012), a árvore de realidade atual é um diagrama que através de conexões de causa e efeito, interliga todos os sintomas do sistema, permitindo encontrar a restrição.

A construção desse diagrama é simples, entretanto requer tempo e um raciocínio avançado para os pensamentos que estão pouco explícitos. Para sua construção é indicado o uso de alguns passos, conforme descrito por Dettmer em 2007 no livro *The Logical Thinking Process*.

De acordo com Wanderley e Cogan (2012), os passos para elaboração da ARA, podem ser descritos como:

Passo 1 - começa-se a análise com uma lista de cinco a dez evidências que são indesejáveis, ou seja, os sintomas negativos que são aparentes dentro do sistema, aqueles que seriam interessantes que fossem eliminados. Neste passo, pode-se utilizar uma espécie de *brainstorming* estruturado para identificar os efeitos indesejados (EIs), nesta etapa a experiência e o conhecimento do objeto de análise torna mais simples o processo;

Passo 2 - deve ser feito o teste de clareza de cada EI, em que é observado se o efeito indesejado é uma afirmação clara e concisa. É o chamado teste de ressalva de clareza. Utilizar flechas para ligar visualmente os EI que causam outros, assim as ligações entre os EIs começaram a surgir em sua mente. (GOLDRATT, 1993).

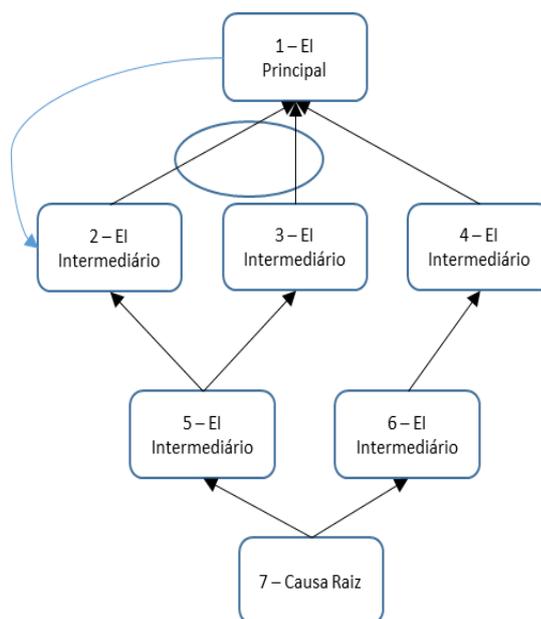
Passo 3 - seguindo o método socrático, deve ser procurada relação de causa e efeito entre os EIs, utilizando a lógica “se, então”, determinando os que são causa e os que são efeito. Simplificando, deve-se fazer a ligação dos EIs do passo anterior, utilizando “por quês”. Em alguns casos é possível ter mais de uma resposta para que um EI ocorra, este passo finaliza-se quando todos os EIs estiverem conectados;

Passo 4 – a árvore deve ser lida de baixo para cima, onde um outro exame detalhado deve ser feito novamente. Nesse momento, deve-se observar se a árvore reflete a intuição sobre a área objeto do estudo. Se necessário, a árvore deve ser expandida ou deve-se eliminar qualquer entidade desnecessária dessa árvore;

Passo 5 – a árvore de realidade atual, deve ser apresentada para alguém que tenha conhecimento do processo, isto garante que não exista erros de lógica na construção da árvore;

Passo 6 - Por fim, localizar a causa-raiz, que dá origem aos EIs, para a qual irá se procurar a solução. Se os passos da construção da árvore de realidade atual foram seguidos, a tarefa de encontrar o problema raiz será facilitada.

Normalmente a construção da árvore se inicia com os EIs e não pelo problema-raiz, apesar de muitas vezes este problema ser um “velho conhecido”, mas que talvez não fosse facilmente identificado apenas com a listagem de EIs.

**Ilustração 1: Exemplo de árvore de realidade atual**

**Fonte: adaptada de Fachini, Costa e Rozenfeld (2010)**

Segundo Fachini, Costa e Rozenfeld (2010), da figura: Ilustração 1, pode-se ver que uma maioria significativa de EIs são causados por outros EIs. Por isso, é essencial classificá-los a fim de alcançar uma melhor compreensão de qual EI é mais importante ser eliminado.

Para Wanderley e Cogan (2012), o pressuposto por trás da análise da árvore de realidade atual, é de há poucas causas comuns que explicam os muitos efeitos de um sistema e quando se aceita esse pressuposto, não se deve atacar os sintomas do sistema, mas sim as suas causas comuns.

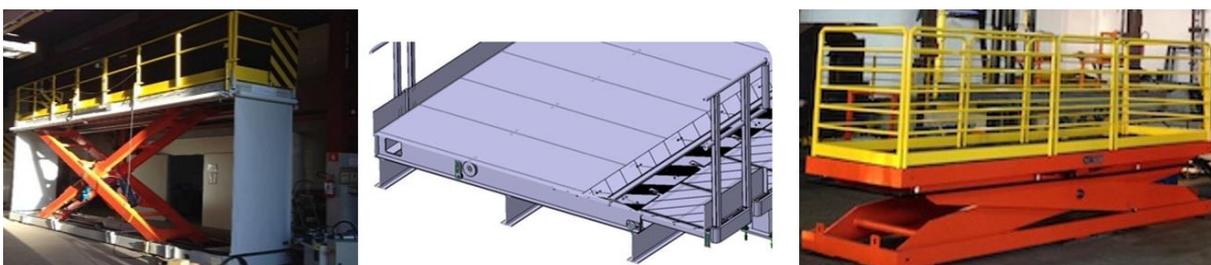
O EI que está no topo da árvore é chamado de efeito principal, porque ele não causa outro efeito, também estes são os EIs que as pessoas têm mais consciência ou são mais perceptíveis. Os EIs localizados no meio da árvore são chamados de efeitos intermediários, alguns desses efeitos provocam diversos outros efeitos, por isso, quando são identificados é importante fazer um esforço para buscar sua eliminação. Por último, na base da árvore, estão as causas raiz. Estes são os efeitos que originam todos os outros EIs e nem sempre são percebidas pelas pessoas como efeitos importantes (FACHINI; COSTA; ROZENFELD, 2010).

Embora exista uma classificação para os efeitos, é necessário destacar que todos os EIs são considerados como sintomas de problemas que causam impacto na execução do processo, ou seja, esses problemas estão refletindo diretamente sobre a eficiência e eficácia do processo.

### 3 APLICAÇÃO DE ARA EM UM EQUIPAMENTO DE ACESSIBILIDADE UTILIZADO NO PROCESSO PRODUTIVO

Tendo como base a literatura apresentada e descrita nas seções anteriores, este trabalho se propõe a aplicação da *Árvore de Realidade Atual*, em um equipamento de acessibilidade, designado como plataforma elevatória, que é utilizado durante todo o processo produtivo de um produto de grande porte em uma indústria. Esta aplicação se faz necessária, pois após uma análise inicial, constatou-se que o equipamento, demonstrado na Ilustração 2, é um recurso gargalo para montagem, com altos índices de indisponibilidade, gerando atrasos na entrega do produto onde o equipamento é utilizado, além de um custo elevado em manutenção corretiva.

**Ilustração 2: Exemplo de plataformas elevatórias com *slider***



**Fonte: Elaborada pelo autor (2018)**

Em síntese, o equipamento é utilizado para que o operador, durante a montagem, possa acessar toda a extensão do produto que está sendo manufaturado, cujas dimensões são de até 4,5m de altura e 18m de comprimento, que devido as dimensões são utilizadas seis plataformas elevatórias, sendo três fixadas no piso à frente do produto e três plataformas a trás. Durante a montagem, o operador aciona através de um controle a elevação da plataforma, que se eleva por meio de um pistão hidráulico até a altura desejada, o equipamento também possui um recurso para melhor aproximação do produto, denominado *slider*, conforme Ilustração 2, que é acionado manualmente pelo operador, com isso a plataforma ganha uma área extra de atuação, podendo em alguns casos até dobrar de largura. Por fim, ainda possui o recurso de remover os guarda corpos de todas as plataformas e posiciona-las a uma altura de 70cm do piso, para permitir o acesso de um outro equipamento ao produto, sem a necessidade de mover a plataforma de posição.

A aplicação do ARA neste equipamento, seguiu os passos descritos neste trabalho, portanto o primeiro passo foi realizar um *brainstorming*, com pessoas de diferentes áreas, como produção, manutenção, segurança e engenharia industrial, que possuem experiência com o equipamento, para levantar uma listagem com os principais EIs. Foram coletados ao todo, quarenta e seis EIs, que para melhor aplicação da ferramenta, a Tabela 1 demonstra os dez principais EIs, compilados e segregados em grupos.

**Tabela 1: Efeitos indesejáveis do equipamento**

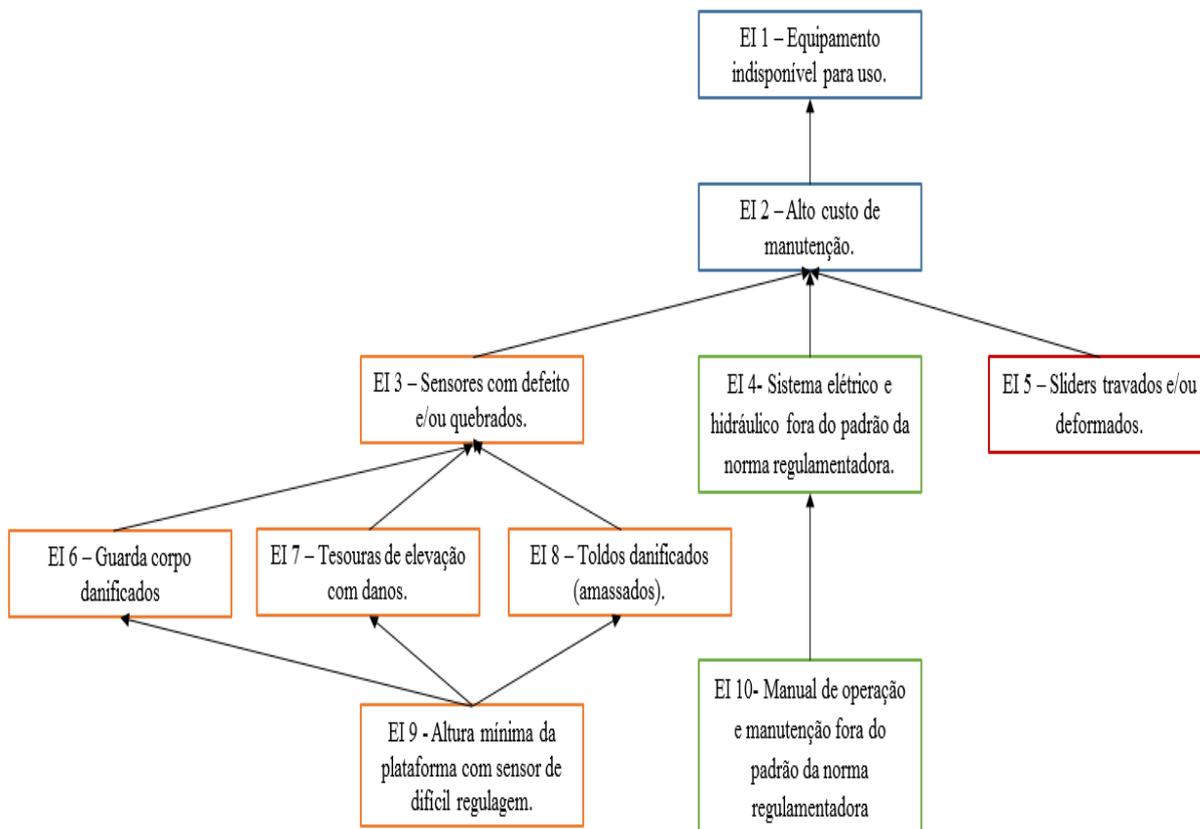
EI	Descrição do Efeito Indesejável (EI)
1	Equipamento indisponível para uso
2	Alto custo de manutenção
3	Sensores com defeito e/ou quebrados
4	Sistema elétrico e hidráulico fora do padrão da norma regulamentadora
5	Sliders travados e/ou deformados
6	Guarda corpo danificados
7	Tesouras de elevação com danos
8	Toldos danificados (amassados)
9	Altura mínima da plataforma com sensor de difícil regulagem
10	Manual de operação e manutenção fora do padrão da norma regulamentadora

**Fonte: Elaborada pelo autor (2018)**

Após o levantamento, analisou-se minuciosamente os principais EIs, visando identificar a conexão de causa e efeito entre eles, com o objetivo de mapear um ou mais efeitos, que são responsáveis por todos os outros, ou seja, identificar o EI que é a causa raiz.

Esta etapa da atividade foi realizada pela mesma equipe que elaborou a lista dos EIs, desta forma durante o processo de ligação entre os efeitos, foi possível validar e garantir a conexão entre eles, conforme sugerido pela literatura.

Ao término da correlação entre os efeitos, estava construída a árvore de realidade atual do equipamento, demonstrada na Ilustração 3, que poderá ser utilizada para responder à pergunta chave: o que mudar?

**Ilustração 3: Árvore de realidade atual aplicada no equipamento**

**Fonte: Elaborada pelo autor (2018)**

Para a leitura da árvore de realidade atual, utiliza-se o método “Se, Então”, descrito nas seções anteriores, iniciando a leitura de baixo para cima, ou seja, na base da árvore estão os efeitos indesejáveis que são a causa raiz dos demais efeitos. Através desta interpretação, pode-se concluir que o EI 9 é a causa raiz dos EIs 8, 7, 6, 3, portanto, se o EI9 for solucionado, os EIs correlacionados á ele também serão.

A princípio a constatação obtida pela Árvore de Realidade Atual, causou certa estranheza, pois o EI 9 controla um requisito para uso do equipamento, altura do piso até a base da plataforma de no máximo 70cm. Entretanto avaliando o efeito de forma detalhada, constatou-se nos registros de modificações e manutenção, que o requisito foi imposto ao equipamento após sua aquisição, e foram feitas adaptações como: inclusão de sensores para limitar a altura, ajustes físicos nas tesouras de elevação para evitar atritos, entre outros.

Os sensores incluídos para controlar a altura são de difícil regulagem, e com isso, podem permitir ajustes incorretos, fazendo com que a plataforma seja recolhida além da altura determinada, o que irá ocasionar atritos da tesoura de elevação com a base da plataforma,

amassamento dos toldos, e danos nos sensores, ou seja, constata-se que os EIs estão de fato relacionados entre si.

Porém, é possível perceber também que foram identificadas não apenas uma causa raiz para os efeitos indesejáveis, constatou-se que ao todo existem três efeitos, responsáveis pela ocorrência dos demais.

Com estas constatações e correlações, conclui-se que os EIs 5, 9 e 10, identificados como causa raiz, foram detalhados pela equipe que elaborou a árvore, afim de elaborar ações concretas que irão eliminar os EIs.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta pesquisa procurou demonstrar a abordagem da Teoria das Restrições e mais especificamente a ferramenta da árvore de realidade atual, utilizando-a para uma aplicação prática em um equipamento utilizado no processo produtivo de um produto, o que viabilizou a identificação dos efeitos ou problemas raízes do equipamento.

Entretanto, após a análise da ARA, a solução parece ser trivial, porém antes de efetivamente elaborar uma solução para o problema, se fez necessário responder perguntas como: porque essa medida ainda não foi posta em prática, existe algum impeditivo? Como será conduzido o planejamento e implementação desse novo procedimento? E como fazer para que a proposta de mudança seja aceita?

Pode-se concluir que a ferramenta de realidade atual, pode ser aplicada a diversas áreas, sejam elas processos produtivos, recursos e equipamento como o do estudo de caso, entre outras. A ferramenta se mostra eficiente para identificação de problemas raízes e responde claramente a pergunta, “o que mudar?”. Porém a aplicação da ferramenta de forma isolada não elimina o problema, se faz necessário o uso das demais ferramentas da teoria das restrições, ou a aplicação de outros métodos para validar as soluções propostas aos problemas identificados e desta forma eliminar os efeitos indesejáveis.

#### **REFERÊNCIAS**

FACHINI, Ramon Fagnello; COSTA, Janaina Mascarenhas Hornos; ROZENFELD, Henrique; Proposição de um Método de Diagnostico do Processo de Desenvolvimento de

Produtos: Uma Adaptação da Teoria das Restrições. **XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010.**

GOLDRATT, Eliyahu M. e COX, Jeff. **A Meta.** ed. ampliada. São Paulo: Claudiney Fullmann, 1993.

SILVA, Amanda Costa; BAVAO, Vanessa Winter; SANTOS, Rafael Paim Cunha; A Utilização da Ferramenta Árvore da Realidade Atual para a Identificação dos Problemas Presentes no Processo de Captação de Órgãos e Tecidos para Transplante. **XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 2013.**

SILVA, Flavia Luana; GENRO, Joici Paloma; KIPPER, Liane Mahlmann; A Teoria das Restrições e a Gestão de Processos: Uma Apreciação Crítica da Literatura; **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 2015.**

VOTTO, Rodrigo Goulart; FERNANDES, Flavio Cesar Faria; Produção Enxuta e Teoria das Restrições: Proposta de um Método para Implantação Conjunta na Industria de Bens de Capital Sob Encomenda; **Revista Gest. Prod.**, São Carlos, v. 21, n. 1, p. 45-63, 2014.

WANDERLEY, Carlos Nascimento; COGAN, Samuel; **Árvore da Realidade Atual, Diagrama de Dispersão de Nuvem e Árvores de Realidade Futura: Aplicação em uma Bateria de Escola de Samba.** Revista ConTexto, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 41-58, 1º semestre 2012.