

# Teoria das Restrições (TOC) através da Corrente Crítica (CCPM) em Projetos e Construção de Máquinas

Luiz Bruno Wurthmann Junior<sup>1</sup>  
Kátia Cristina Almeida Manocchi<sup>2</sup>

---

## RESUMO

Este artigo procura aplicar, simular e analisar a Teoria das Restrições (TOC) através da Corrente Crítica (CCPM) e técnicas do PMBOK no projeto e construção de uma máquina dentro da indústria de máquinas para descobrir as restrições e mitigá-las e consequentemente resolver problemas de atraso nas entregas de máquinas. Esta análise será feita desde o recebimento da ordem de fabricação da máquina até a embalagem final. Este artigo não visa analisar a aplicação da CCPM em ambientes de multiprojetos. Este artigo caracteriza-se como um estudo de caso, pois se utiliza de dados de um fabricante de máquinas do setor de controle de qualidade. E como coleta de dados utilizou-se a pesquisa de documentos, consultas com profissionais da área e observação. A aplicação do estudo constituiu-se na decomposição das etapas de projeto e construção da máquina em que as restrições do sistema podem ser detectadas nestas etapas do processo.

**Palavras-chave:** Corrente Crítica (CCPM). Máquinas. PMBOK. Teoria das Restrições (TOC).

---

<sup>1</sup>Tecnólogo em Mecânica – Modalidade Projetos pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Mais de 20 anos de experiência em construção de máquinas e atualmente Micro Empreendedor.

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Elétrica e pós graduada em Gestão de Projetos pela Universidade Cruzeiro do Sul. Atualmente é mestranda em Tecnologia Nuclear (IPEN) e professora tutora e orientadora da Universidade Cruzeiro do Sul.

## **ABSTRACT**

This article seeks to implement, simulate and analyze the Theory of Constraints (TOC) by Critical Chain (CCPM) and PMBOK techniques in the design and construction of a machine within the machinery industry to discover the constraints and mitigate them and thus solve problems delay in deliveries of machines. This analysis will be done from the receipt of the machine manufacturing order until the final packaging. This article is not intended to review the implementation of CCPM in multi-project environments. This article is characterized as a case study because it uses data from a quality control industry machine manufacturer. And as data collection used the research papers, consultations with professionals and observation. The application of the study consisted in the decomposition of the design stages and construction machine in which the system constraints can be detected in these process steps.

**Key words:** Critical Chain (CCPM). Machines. PMBOK. Theory of Constraints (TOC).

## 1 INTRODUÇÃO

É fato que muitos projetos ultrapassam os prazos inicialmente previstos, e normalmente as providências se resumem em analisar cada ponto problemático e sugerir maneiras de evitar estes pontos nos projetos seguintes. O resultado não tem sido a obtenção de melhoramentos significativos.

Um projeto é considerado bem-sucedido quando atinge seus objetivos em três parâmetros básicos: seu prazo de finalização, seu orçamento e seu escopo (ou seja, suas especificações funcionais e de qualidade). Todavia, as estatísticas mostram que a grande maioria dos projetos falha em pelo menos um desses aspectos, quando não em todos.

Por outro lado, pode-se afirmar que a dificuldade de se atender ao prazo é em geral, a origem dos problemas de custos e de atendimento de escopo. Os projetos por demais longos acabam exigindo mais recursos por mais tempo e, quando o prazo final está para ser ultrapassado, tentativas de cumprimento do prazo "de qualquer forma" podem resultar em soluções não de acordo a expectativa do cliente ou não suficientemente avaliadas: o perigo de perda de qualidade é grande, devido as possíveis alterações do escopo, sempre para menos, além de consumir recursos extras com conseqüente aumento de custos do projeto.

As causas que são comumente mencionadas pelos gerentes de projetos e pelos membros de times de projetos para as dificuldades com prazos de projetos são muitas e de muitas origens e dentre elas podemos citar:

- a) Problemas com fornecedores;
- b) Mudanças de escopo do projeto pelo cliente;
- c) Falta de disponibilidade de recursos adequados quando necessários;
- d) Mudanças constantes de prioridades;
- e) Planejamento com prazos não realistas.

O ponto é que todas as razões de falhas apontadas deixam de questionar um ponto básico: o sistema de gerenciamento do projeto é adequado? Está sendo utilizada uma forma racional de administrar as variabilidades que estarão presentes no projeto de maneira a obter, em qualquer circunstância, uma confiabilidade adequada no resultado final?

Na SuplaEND o cenário não é diferente disso. Nenhum dos projetos foi concluído no prazo. A maioria dos projetos atrasaram por falta de recursos humanos, restrições políticas, estimativas de custos para formação do preço de venda da máquina abaixo do realizado e tempos estimados para execução do projeto abaixo do esperado (sempre por imposição da diretoria), resultando grande estresse com a equipe dos diversos setores da empresa e seus níveis hierárquicos. É neste contexto turbulento, vejo a oportunidade de aplicar a Teoria das Restrições (TOC) por intermédio da Corrente Crítica (CCPM) e as técnicas de gerenciamento de projetos descritas pelo Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK), 4ª edição (2012), no projeto e construção de uma máquina de Ensaio não Destrutivo (END) por partículas magnéticas.

Segundo Andreucci (2006), Ensaio não Destrutivo (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los. O ensaio por partículas magnéticas é utilizado na localização de descontinuidades superficiais e sub-superficiais em materiais ferromagnéticos. Pode ser aplicado tanto em peças acabadas e semiacabadas e durante as etapas de fabricação.

A Teoria das Restrições (TOC) foi introduzida por Eliyahu M. Goldratt e Jeff Cox, em 1984, no livro *A Meta*, mostrando uma aplicação num ambiente de fábrica. Hoje também é aplicada em logística, marketing, vendas, contabilidade, gerenciamento de projetos, TI, software, saúde, educação, vida pessoal, etc.

A Corrente Crítica, ou CCPM (Critical Chain Project Management), é a aplicação da TOC lançada por Eliyahu Goldratt, em 1997, no livro *Corrente Crítica* ao ambiente de projeto e sua aplicação pode ser definida como uma filosofia de gerenciamento que sugere uma significativa melhora no desempenho de projetos, buscando resolver seus conflitos principais. A CCPM busca obter essa melhora, desafiando diversas premissas existentes hoje na maneira tradicional de planejamento e controle de tempos e prazos. A CCPM não procura resolver cada problema individualmente, mas sim buscar uma solução global para em seguida sugerir maneiras de conseguir cumprir os prazos.

## **2 A NATUREZA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES – TOC**

A Teoria das Restrições (TOC) é uma filosofia de gerenciamento sistêmico, baseada na aplicação de princípios e métodos das ciências exatas às organizações humanas. A TOC consiste em ferramentas para resolução de problemas, gestão e

tomada de decisão, chamadas de Processos de Raciocínio (TP - *Thinking Processes*). É aplicada para responder lógica e sistematicamente às três perguntas essenciais para qualquer processo de melhoria contínua:

- a) "O que mudar?";
- b) "Para o que mudar?";
- c) "Como causar a mudança?".

A TOC assume que a meta da organização é fazer (mais) dinheiro. Ela descreve três caminhos para atingir esta meta:

- a) Aumentar o Ganho (*Throughput*);
- b) Reduzir o Inventário/Investimento;
- c) Reduzir a Despesa Operacional.

## **2.1 Processos de otimização da TOC**

Segundo Goltratt (1984), a restrição de um sistema é nada mais do que qualquer coisa que impeça o sistema de atingir um desempenho maior em relação a sua meta. "As restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou falta de matéria-prima, embora elas possam também estar relacionadas às condutas administrativas como procedimentos, política e normas." (Cox III & Spencer, apud INPG – BUSINESS SCHOOL, 2013, p.30).

Uma das grandes contribuições da TOC é o seu processo de otimização contínua, a qual muitos autores o classificam como ciclo PDCA. É uma técnica que permite compreender o ambiente ou o sistema, com o intuito de identificar a causa principal do problema e traçar estratégias para melhoria do desempenho. As cinco etapas do processo de otimização utilizadas pela TOC são (GOLDRATT, 1984):

- a) Etapa 1: identificar a restrição do sistema;
- b) Etapa 2: explorar a restrição identificada da melhor maneira;
- c) Etapa 3: subordinar todos os demais componentes do sistema à restrição;
- d) Etapa 4: elevar o desempenho da restrição do sistema;

- e) Etapa 5: se em um dos passos anteriores uma restrição for quebrada, voltar à etapa 1.

O conjunto das cinco etapas citadas acima é chamado de processo de enfocar segundo a Teoria das Restrições, utilizada em atividades de operações seriadas ou de projetos. Através destas cinco etapas, pode-se avaliar e resolver os problemas de um sistema, tornando-o cada vez mais otimizado.

### **3 MÉTODO DA CORRENTE CRÍTICA – CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT (CCPM)**

O Método da Corrente Crítica é a aplicação da Teoria das Restrições (TOC) em ambientes de projetos. É um método para planejamento, execução e gerenciamento de projeto único ou multiprojetos.

O método da corrente crítica, segundo o Guia PMBOK, 4ª edição (2012): “é uma técnica de análise de rede do cronograma que modifica o cronograma do projeto para que se leve em conta a limitação de recursos. [...]. O caminho crítico restrito por recursos é conhecido como corrente crítica.” Mas o Guia PMBOK reconhece outra utilidade para o método da corrente crítica, não somente na fase de planejamento, mas também durante a execução do projeto:

O método da cadeia crítica adiciona buffers de duração que são atividades sem trabalho do cronograma para gerenciar as incertezas. [...] ao invés de gerenciar a folga total dos caminhos da rede, o método da corrente crítica foca no gerenciamento das durações restantes dos buffers contra as durações das cadeias de tarefas.

A definição original do método do caminho crítico incluía a dependência tanto cronológica das tarefas quanto dos recursos necessários para executá-las, mas ao longo do tempo a dependência de recursos foi negligenciada, ficando quase esquecida. A premissa para isso é que os recursos poderiam ser disponibilizados sempre que necessário, mas infelizmente isso não é possível na grande maioria dos casos.

### **3.1 Abordagens para criação de um diagrama de rede utilizando a Corrente Crítica – CCPM**

O **primeiro passo** do método do caminho crítico é a criação do diagrama de rede de precedências e identificar o caminho crítico que é a restrição do sistema. O caminho crítico determina a duração do projeto.

O **segundo passo** é explorar a restrição do sistema da melhor maneira possível, ou seja, o tempo do caminho crítico, e que este tempo não seja desperdiçado. Por exemplo, não permitir que determinado recurso contido na restrição permaneça ocioso, pois isto estará atrasando a finalização do projeto e, portanto, impedindo o sistema de atingir a sua meta.

O **terceiro passo** consiste em proteger a restrição, ou seja, a corrente crítica, das perdas ocorridas em outros lugares: os caminhos não críticos. Em outras palavras, é não permitir que nenhum ramo secundário atrase o caminho crítico sob nenhuma hipótese.

O **quarto passo** do processo consiste em elevar a restrição do sistema encurtando o caminho crítico ou aplicar mais recursos sobre ele, o que permitirá reduzir o prazo de entrega. Este caminho crítico “*turbinado*” por recursos e tempos encurtados é chamado de corrente crítica.

O **quinto passo** é identificar a próxima restrição do sistema, em caso de a corrente crítica identificada deixar de ser crítica. Isso significa que o ramo inicialmente identificado como corrente crítica deixa de ser o caminho crítico mais longo, sendo necessário identificar outra corrente crítica.

### **3.2 Pulmão (buffer) no gerenciamento de projetos**

O projeto na forma tradicional é normalmente gerenciado de acordo com o trabalho ou o investimento realizado em relação ao montante a ser desenvolvido, portanto, não há distinção entre o trabalho realizado no caminho crítico e o trabalho executado em outros caminhos não críticos. O gerenciamento do montante pode fazer o gerente de projetos iniciá-lo por vários outros caminhos não críticos e com o passar do tempo ficar sem foco, uma vez que o atraso de um caminho pode ser compensado com o progresso de outro. Isso pode passar a falsa percepção de que o projeto evolui como um todo, mas não necessariamente no caminho crítico. O problema surge no momento em que os caminhos que foram adiantados precisarão

esperar pela finalização dos caminhos atrasados que, por consequência, resultará no atraso do projeto como um todo.

Dessa forma, surge a proposta de monitorar o projeto por meio dos pulmões de tempo que segundo Calia (2005 apud RABECHINI e CARVALHO, 2010, p. 202), “o gerenciamento dos pulmões permite este gerenciamento de maneira simples e poderosa”. Em um projeto, de acordo com Goldratt (1998), existem basicamente três tipos de pulmões:

**Pulmão de projeto** é utilizado no fim do caminho crítico, onde todos os efeitos de todas as incertezas acumuladas são amortecidas.

**Pulmão de convergência** é o que protege a atuação das restrições nos caminhos não críticos, a fim de fazer com que eles não se tornem o próprio caminho crítico.

**Pulmão de recursos** - algumas vezes, uma atividade não é iniciada pela falta do recurso apropriado. O pulmão de recurso tem o objetivo de garantir a disponibilidade do recurso necessário no início de sua atividade.

#### **4 ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Este artigo caracteriza-se como um estudo de caso, pois a observação, pesquisa e coletas de dados foram realizadas em campo de um fabricante de máquinas do setor de controle de qualidade. Segundo Morezi (2003):

O estudo de caso consiste em uma investigação detalhada de uma ou mais organizações, ou grupos dentro de uma organização, com vistas a prover uma análise do contexto e dos processos envolvidos no fenômeno em estudo. O fenômeno não está isolado de seu contexto (como as pesquisas de laboratório), já que o interesse do pesquisador é justamente essa relação entre o fenômeno e seu contexto.

Para Morezi (2003), o método de estudo de caso pode ser considerado um método específico da pesquisa de campo. Os estudos de campo são investigações de fenômenos à medida que ocorrem, sem qualquer interferência significativa do pesquisador.

A observação foi realizada durante o projeto e a fabricação de uma máquina com o cuidado de verificar as atividades de cada membro da equipe a fim de ter subsídios para poder realizar possíveis alterações do escopo do projeto e nas programações de produção.



A pesquisa documental utilizou-se de dados do sistema produtivo, como tempo de processamento de algumas atividades específicas, sequenciamento das atividades, entre outros; e a pesquisa bibliográfica focou os conceitos básicos da teoria das restrições (TOC) com enfoque na corrente crítica (CCPM).

Os dados obtidos foram da experiência de profissionais técnicos e projetistas da área de máquina, os quais, por analogia a outros projetos estimaram os tempos de projeto e construção da máquina. Esses dados serviram de base para construção de “*diagramas*” e tabelas para facilitar a análise e identificação da restrição.

## **5 ESTUDO DE CASO**

### **5.2 A empresa**

Por sigilo industrial o nome da empresa será modificado para SuplaEND. A empresa é uma das líderes em soluções para Ensaios Não Destrutivos (END) por partículas magnéticas e líquidos penetrantes. Empresa multinacional que atua na América do Norte, América do Sul, América Central, Europa, Rússia, China e Índia.

A unidade de negócios no Brasil possui cerca de 40 funcionários distribuídos nos setores comercial, industrial área química e máquinas. A estrutura organizacional da empresa pode ser caracterizada como estrutura matricial balanceada, onde a combinação entre os departamentos ou atividades funcionais com projetos é constante. A área de máquinas da empresa interage com vendas, compras e expedição, sendo setores comuns para área química e de máquinas. Os setores específicos da área de máquina são engenharia, automação, PCP e montagem.

#### **5.2.1 Vendas**

O setor de vendas é uma parte estratégica fundamental para a empresa, pois é através deste setor que surgem as negociações para vendas de máquinas e fechamentos de pedidos. As vendas, como em todo seguimento de máquinas, oscilam durante o ano e isto dificulta muito o planejamento financeiro da empresa, nos forçando a trabalhar com recursos reduzidos e profissionais polivalentes. O setor de vendas é responsável por: emitir a ordem de fabricação que chega até o responsável da área de equipamentos; acompanhar o try-out da máquina com o cliente e manter o cliente calmo em caso de atrasos.

### **5.2.2 Compras**

Na empresa o departamento de compras é controlado pela administração geral. Utiliza-se o sistema de compras por lotes e sob encomenda. O comprador recebe os pedidos de compras através do sistema MRP ou através de requisições independentes geradas pelo PCP. Todos os itens da máquina são fabricados por terceiros ou comprados no comércio. Os materiais podem ser de origem nacional ou importada. As principais atividades do setor de compras são: compras de itens nacionais e importados; registros de estoques e consumo; análise de custos; desenvolvimentos de fontes de fornecimento; análise de cotações e follow-up com o fornecedor.

### **5.2.3 Expedição**

Setor responsável pela colocação do produto acabado no cliente dentro de uma embalagem segura e resistente e armazenamento adequado para manter a integridade de produto. Tem como função emitir a nota fiscal (NF) ao cliente final, contratar os serviços de transportes para entrega de mercadorias ou acionar o departamento de vendas quando a mercadoria estiver pronta para embarque.

### **5.2.4 Engenharia**

O departamento de engenharia da empresa tem como atividade fim o desenvolvimento de máquinas e seus acessórios, compreendendo desde a concepção até a entrega para o cliente. As disciplinas da engenharia são mecânica, elétrica, eletrônica de potência e automação. Este departamento é subordinado a gerencia da área de máquinas e mantém interfaces com as áreas de montagem, PCP, vendas e compras para facilitar o fluxo de informações. A área de engenharia é responsável por: elaborar croquis de modelos especiais de máquinas e seus dispositivos ou peças de máquinas para áreas de compras ou vendas; desenvolver a análise CAE quando necessário; desenvolver memoriais de cálculos; elaborar o projeto final; confeccionar os desenhos mecânicos em modeladores CAD 3D; confeccionar os desenhos elétricos em CAD 2D; gerar a lista de material; esclarecer dúvidas durante a fabricação da máquina; auxiliar compras no desenvolvimento de fornecedores específicos devido a complexidade das peças e acompanhar o try-out da máquina.

### **5.2.5 Automação**

Esta disciplina trabalha integrada a engenharia. É responsável pela programação do CLP (controlador lógico programável) e da IHM (Interface Homem Máquina) da máquina. Por ser uma área complexa, ela mantém interface com as disciplinas mecânica e elétrica e a área de montagem desenvolvendo as seguintes atividades: desenvolver o manual de instrução; calibração de máquinas interna e externa; gerar lista de material relativa à automação; fazer o try-out da máquina com o cliente; emissão do certificado de calibração de máquinas; assistência técnica externa e análise e emissão de desenhos elétricos.

### **5.2.6 PCP**

O PCP elabora o planejamento da fabricação da máquina e o planejamento de outros produtos fabricados pela empresa. É uma atividade complexa devido às múltiplas variáveis do processo. O PCP faz o acompanhamento e controle da produção, verificando se a produção está seguindo os prazos estabelecidos na programação. As principais funções do PCP são: emissão de ordens de compra de materiais; emissão de ordens de serviço; supervisionar o material recebido, bem como sua distribuição e estocagem; controlar os estoques de materiais; realizar a programação da produção; reprogramar a produção quando necessário; supervisionar o serviço de terceiros.

### **5.2.7 Montagem**

É o local onde se monta a máquina e todos os demais itens fabricados pela empresa. Nesta área faz-se a montagem mecânica e elétrica da máquina e após sua montagem, os testes funcionais e a calibração. Os técnicos de montagem são profissionais formados em mecânica e eletrotécnica. Eles recebem os desenhos de montagem com suas respectivas listas de materiais para montar a máquina. Retira os itens no almoxarifado e executa a montagem da máquina conforme a sua experiência. Ele também tem autonomia para propor melhorias no processo de montagem. Após a montagem e os testes funcionais, eles acionam a área de automação. Isto é feito de forma informal. No setor de montagem também é realizado o try-out da máquina.

**Try-out** é o teste da máquina pronta dentro de nossas instalações acompanhadas pelo cliente. Onde se realizam vários ensaios em peças e testes na

máquina adquirida pelo cliente a fim de evitar que defeitos de fabricação sejam descobertos na máquina já instalada na fábrica do cliente e certificar que a máquina cumpre a finalidade a que ela foi desenvolvida. Para que a máquina seja aprovada, são feitos vários testes em peças trazidas pelo cliente em diversas condições de uso. Todos os problemas encontrados são corrigidos na fábrica e não no cliente, podendo ocorrer casos de acréscimo no escopo da máquina, algo que é muito natural devido à natureza de aplicação da máquina e do ensaio.

### **5.3 Situação problema**

O caso estudado é o projeto e construção de uma máquina com algumas técnicas de gerenciamento de projetos propostas pelo guia PMBOK com aplicando a corrente crítica (CCPM).

A divisão de máquinas da SuplaEND iniciou suas atividades em 2004 através da contratação de um líder de projeto que iniciou este processo montando a infraestrutura da área. O objetivo estratégico da SuplaEND era de fabricar máquinas no Brasil com tecnologia dos norte americanos a fim de expandir os negócios da multinacional no Brasil e Argentina.

Devido a crise econômica mundial de 2008 este projeto foi deixado de lado, sendo retomado em meados de 2009, porém, com um novo líder na área de máquinas e uma nova diretoria que era composta por um Gerente da Unidade de Negócios e um Controller. O Gerente e o Controller faziam a administração geral das áreas de produtos químicos e máquinas. A administração funcional da área de máquinas ficou a cargo do novo líder iniciando seus trabalhos com apenas com um montador de máquinas. Em dois anos e meio foram feitos vários projetos de máquinas e equipamentos, além da contratação de novos membros para a equipe e a criação de novos departamentos para a área de máquinas.

Os departamentos foram estruturados com sucesso e a área conseguiu produzir acessórios e máquinas de menor porte com êxito, atendendo os prazos de entrega e limites de estoque, porém, os prazos de entrega das máquinas de médio porte foram atrasados em mais de 80% de sua totalidade.

Projeto e construção de máquinas é uma atividade complexa por reunir várias disciplinas, como mecânica, eletrônica de potência, elétrica e automação em um mesmo produto. Entretanto, em dois anos e seis meses já se fabricava máquinas, dispositivos e acessórios para atender a demanda do mercado nacional, porém,

muitas atividades eram feitas sob pressão de vendas e do cliente. O projeto e a fabricação de máquinas foram feitos pela vontade, experiência e empirismo, onde se deixou de lado o bom senso e a técnica administrativa causando prejuízos financeiros, atrasos, multas de contratos, perdas de clientes, estresses na equipe, entre outras coisas.

O prazo de entrega da máquina muitas vezes era negociado entre a área de vendas e o cliente, e estes prazos eram contados a partir da data de negociação e fechamento do negócio e não da colocação do pedido da máquina pelo cliente na fábrica, para geração da ordem de fabricação (OF) e início do projeto. Com isso, perdíamos de 10 a 15 dias dependendo da burocracia e porte da empresa do cliente. Os prazos de entrega acordados entre vendas e o cliente eram entre 2 e 3 meses. E por se tratar da SuplaEND pertencer a um grupo multinacional de empresas, com sistema rígidos de controle, nós ficávamos impedidos de iniciar o projeto plenamente devido a burocracia, mesmo sabendo que o negócio já estava concretizado.

Não conseguimos entregar nenhuma máquina neste prazo devido a restrições nos recursos humanos e falta de parcerias com fornecedores que nem sempre entregavam dentro do prazo acordado e por nossa demanda ser baixa, os fornecedores nacionais dos principais itens da máquina não mantinham tais itens em estoque. E para entregar a máquina, depois de negociado um novo prazo com o cliente, fazia-se muitas horas extras e com isso, diminuía a margem de lucro da máquina.

Os prazos de entrega da matriz nos EUA para fornecimento de máquinas eram longos demais, variando de 4 a 5 meses corridos para máquinas standards, porém, quando o cliente solicitava algum tipo de modificação, eles demoravam mais de 6 meses para entrega ou muitas vezes declinavam o pedido. Os prazos fornecidos pela matriz se tornaram impraticável aqui no Brasil devido a concorrência atender com prazos menores e também por pressão por entregas mais rápidas pelos clientes.

Era mantido um pequeno estoque dos principais itens de algumas máquinas, porém, não sendo suficiente para montagem completa da máquina. Devido às regras impostas pela matriz americana, não podíamos manter peças em estoque por mais de três meses, isso acarretava custos de estoques devido a baixa movimentação do item. Os custos de estoque devido a baixa movimentação do

estoque eram descontados do lucro líquido da unidade de negócio. As peças deste pequeno estoque também eram vendidas.

A equipe da área de máquinas se dividia em várias tarefas de projetos e produtivas para atender pedidos de vendas de outras máquinas (de menor porte), acessórios e assistência técnica interna e externa. Todas estas atividades concorriam com o projeto e construção da máquina em estudo neste artigo.

Alteração de última hora do escopo do projeto da máquina pelo cliente, principalmente na hora do try-out e solicitações de mudanças pelo Gerente da Unidade de Negócios, que frequentemente solicitava alterações.

#### **5.4 Máquina detectora de trincas por partículas magnéticas multidirecional**

Com dito na seção 5.3 deste artigo, é uma máquina complexa que reúne várias disciplinas como: mecânica, eletrônica de potência, elétrica e automação em um mesmo produto. A máquina, também conhecida como unidade estacionária horizontal de magnetização e desmagnetização, é utilizada para detecção de trincas em peças ferromagnéticas pela passagem de corrente elétrica através da peça ou indução magnética por bobina.

#### **5.5 Técnicas Propostas para este Estudo de Caso**

Em meio de todos os problemas expostos anteriormente na seção 5.3, a proposta inicial deste artigo é aplicar, simular e analisar a Teoria das Restrições (TOC) através da Corrente Crítica (CCPM) e técnicas do PMBOK no projeto e construção de uma máquina. As técnicas propostas neste artigo são:

- a) Estrutura Analítica de Projeto (EAP);
- b) Listas de atividades, recursos e tempos (duração);
- c) Sequenciamento das atividades pelo Método do Diagrama de Procedências (MDP);
- d) Método do Caminho Crítico (MCC);
- e) Método da Corrente Crítica (CCPM).

## 5.6 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Segundo o PMBOK (2012):

É uma decomposição hierárquica orientada às entregas do trabalho a ser executado pela equipe para atingir os objetivos do projeto e criar as entregas requisitadas, sendo que cada nível descendente da EAP representa uma definição gradualmente mais detalhada da definição do trabalho do projeto.

Para Vargas (2009) as principais vantagens da EAP são:

- a) Conjuntos de entregas agrupadas de forma simples;
- b) Fácil atribuição de responsabilidade;
- c) Fácil desmembramento do projeto em pacotes de trabalho (work package).

Outra grande vantagem de usar a EAP é que somente o trabalho do projeto é incluído e se o trabalho não estiver incluído na EAP, não faz parte do projeto. Esta vantagem evita o “*aumento do escopo*”, o qual Heldman (2005) define como:

Um fenômeno em que o escopo do projeto muda ao longo do tempo devido a falta de aceitação da declaração do escopo original, à falta de adesão a ela, ou em razão da inexistência de uma declaração de escopo.

A tabela 1 mostra EAP proposta neste artigo:

Tabela 1 – EAP analítica da máquina detectora de trincas

<b>Máquina Detectora de Trincas</b>	
<b>1. Vendas</b>	
1.1. Emissão da ordem de fabricação	
<b>2. Engenharia</b>	
2.1. Projeto mecânico	
2.2. Desenhos elétricos	
2.3. Lista de materiais	
<b>3. Automação</b>	
3.1. Programação CLP	
3.2. Programação IHM	
3.3. Manual de instrução	
<b>4. PCP</b>	
4.1. Emissão de ordens de compras	
<b>5. Compras</b>	
5.1. Pedidos de itens nacionais	
5.2. Pedidos de itens importados	
<b>6. Montagem</b>	
6.1. Montagem mecânica	
6.2. Montagem elétrica	
6.3. Testes funcionais	
6.4. Calibração	
<b>7. Try-Out</b>	
7.1. Testes com peças do cliente	
7.2. Documentação dos resultados dos testes	
<b>8. Expedição</b>	
8.1. Embalagem	

### **5.7 Lista das principais atividades, recursos e tempos (duração)**

Esta lista foi desenvolvida segundo a EAP da máquina onde todas as atividades e recursos foram identificados, segundo observações e pesquisa documental do processo.

A tabela 2 mostra as principais atividades com seus respectivos tempos e recursos.



Tabela 2 – Lista das principais atividades e os tempos estimados

<b>Máquina Detectora de Trincas</b>				
<b>Atividade N°</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tempos (dias)</b>	<b>ID recurso</b>	<b>Recursos</b>
1	Emissão da ordem de fabricação (OF)	1	a	Vendas
2	Análise crítica da OF	0,5	b	Gerente
3	Projeto mecânico	45	c	Projetista Mecânico
4	Desenhos elétricos	4	p	Tecnólogo de Automação
5	Lista de materiais mecânico	3	c	Projetista Mecânico
6	Lista de materiais de elétricos	2	p	Tecnólogo de Automação
7	Programação CLP	1	p	Tecnólogo de Automação
8	Programação IHM	1	p	Tecnólogo de Automação
9	Lista de materiais para automação	1	p	Tecnólogo de Automação
10	Manual de instrução	3	c; p	Projetista Mecânico Tecnólogo de Automação
11	Verificação dos estoques	1	f	Técnico de PCP
12	Emissão de ordens de compras	3	f	Técnico de PCP
13	Pedidos de itens nacionais	2	g	Compradora
14	Pedidos de itens importados	1,5	g	Compradora
15	Entrega Itens nacionais	22	h	Fornecedores
16	Entrega itens importados	66	i	Matriz EUA
17	Montagem elétrica	10	j; k	Técnico Eletromecânico Auxiliar Técnico
18	Montagem mecânica	20	j; k	Técnico Eletromecânico Auxiliar Técnico
19	Download de programas de CLP e IHM	0,75	p	Tecnólogo de Automação
20	Testes funcionais/ajustes	1	c; p	Projetista Mecânico Tecnólogo de Automação
21	Calibração	0,5	p; k	Tecnólogo de Automação Auxiliar Técnico
22	Try-out	2	m; p	Vendedor, Gerente e Tecnólogo Automação
23	Embalagem	1	n	Auxiliar de Expedição

Atividades são etapas necessárias para se completar um projeto. São executadas em uma sequência caracterizada pela natureza do projeto. As atividades podem ocorrer sequencialmente ou simultaneamente (VARGAS, 2009). As atividades proporciona uma base para a estimativa, desenvolvimento do cronograma, execução e monitoramento e controle do trabalho do projeto (PMBOK, 2012).

Para Vargas (2009), “os recursos são todas as pessoas, materiais de consumo e equipamentos necessários para a realização da atividade”. Para este caso foi estimado somente os recursos humanos para execução do trabalho. Os recursos humanos foram alocados à suas atividades conforme tabela 2. Não houve necessidade de estimativas de recursos financeiros, equipamentos ou suprimentos por considerar que eles estarão disponíveis o tempo todo. Os materiais para construção da máquina somente são adquirido após o fim do planejamento do projeto devido restrições impostas pela matriz da empresa em manter estoques baixo.

A unidade de tempo das atividades foi em dias e suas estimativas de duração foram feitas consultando técnicos e projetistas de cada área onde forneceram os tempos baseados em vossas experiências análogas a projetos similares. Segundo Vargas (2009), “a duração de uma atividade é o tempo necessário para que a atividade possa ser realizada. Pode ocorrer em semanas, dias, horas e minutos, dependendo de cada projeto”. Para PMBOK (2012):

Estimar as durações das atividades é o processo de estimativas do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar as atividades específicas com os recursos estimados. A estimativa das durações das atividades utiliza informações sobre as atividades do escopo do projeto, tipos de recursos necessários, quantidades estimadas de recursos e calendário dos recursos. As entradas para as estimativas de duração da atividade se originam da pessoa ou grupo na equipe que está mais familiarizado com a natureza do trabalho na atividade específica.

## **5.8 Sequenciamento das atividades, diagrama de rede e o caminho crítico**

Sequenciar as atividades é o processo de identificação e documentação dos relacionamentos entre as atividades do projeto de forma lógica. Cada atividade e marco, com exceção do primeiro e do último, são conectados a pelo menos um predecessor e um sucessor (PMBOK, 2012).

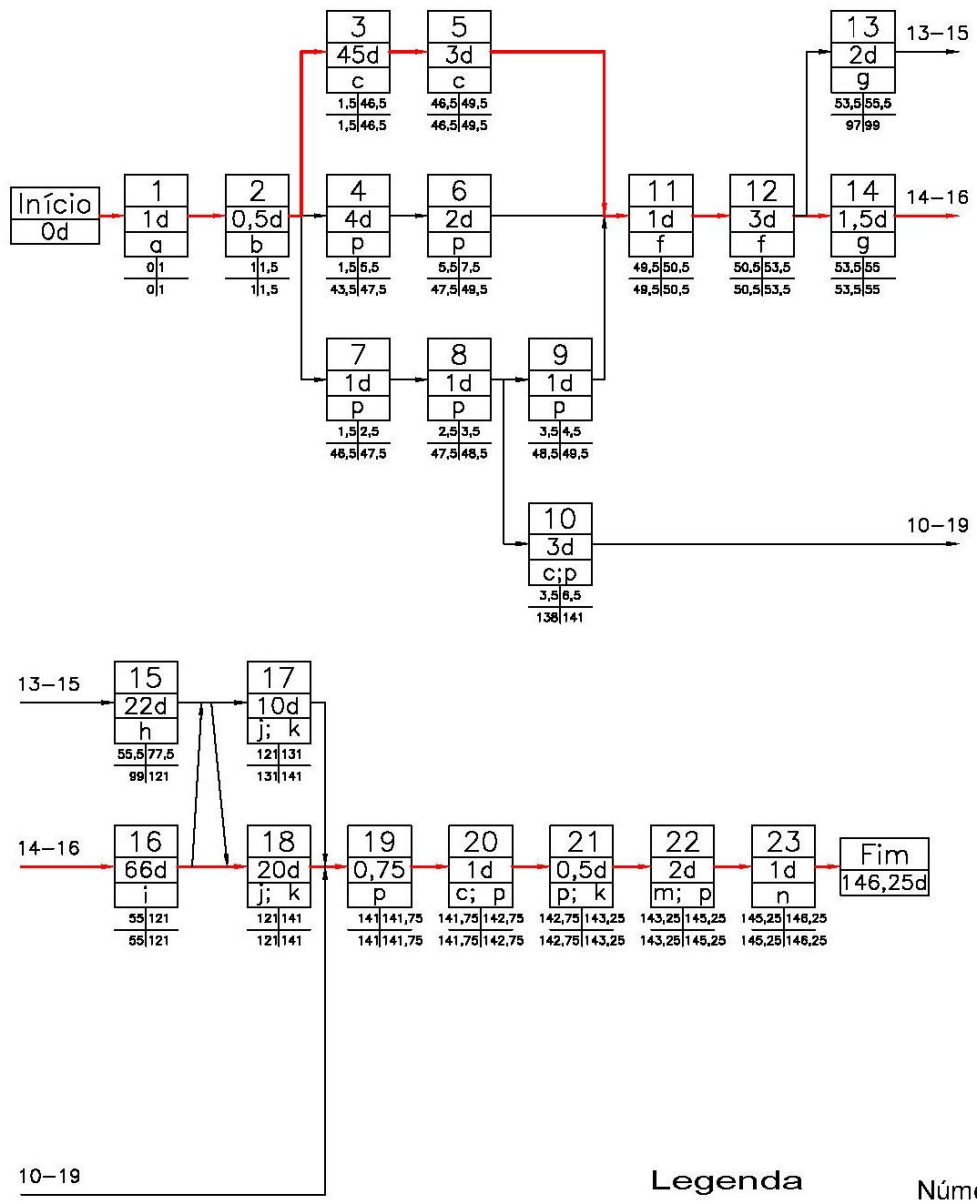
O sequenciamento das atividades foi feito de forma manual pelo Método de Diagrama de Precedência (MDP) para descobrir o Caminho Crítico.

Para Heldman (2005): “Diagrama de Precedência é um método de diagramação que liga as atividades do projeto de acordo com as suas dependências, utilizando caixas ou nós para representar as atividades do projeto e setas para mostrar dependências”.

Caminho crítico é o caminho completo mais longo no projeto, composto por atividades com folga zero, ou seja, não existe flexibilidade de tempo neste caminho. Por isso as atividades do caminho crítico são consideradas as mais importantes do projeto estabelecendo o seu tempo de duração e qualquer atraso nas atividades do caminho crítico implica um atraso no término do projeto.

De acordo com as estimativas, o tempo de fabricação da máquina pelo caminho crítico foi 146,25 dias úteis, isso significa mais de 7 meses de duração (somente os dias úteis do mês), entretanto, este prazo era encurtado fazendo muitas horas extras. O diagrama de rede da figura 1 representa o sequenciamento das tarefas pelo método do diagrama de precedências e o caminho crítico em vermelho:

## DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIAS E CAMINHO CRÍTICO TRADICIONAL



**Notas:**

- a. Caminho crítico em **vermelho**: 146,25 dias
- b. Folgas = UDI - PDI = UDT - PDT

**Legenda**

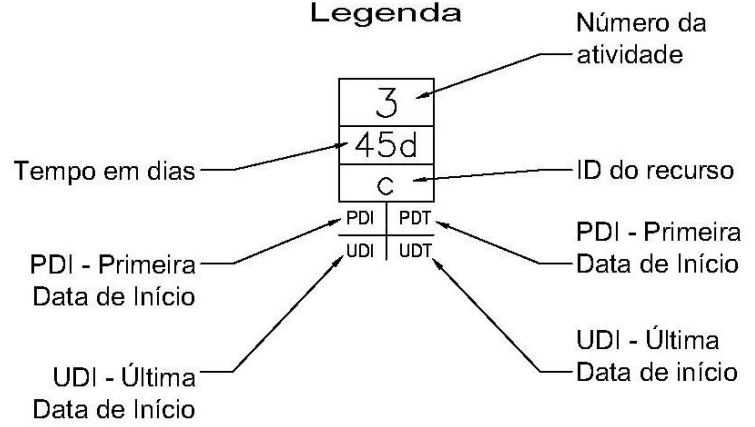


Figura 1 – Diagrama de rede e caminho crítico tradicional

## 5.9 Consumo das Margens de Segurança

Mesmo fazendo horas extras as entregas de máquinas atrasavam. Estes atrasos, segundo Goldratt (1997) é pelo consumo das margens de segurança e as principais causas são:

**Multitarefa nociva ou danosa:** quem gerencia uma atividade, usualmente procura demonstrar a plena utilização dos recursos disponíveis, imaginando que a percepção externa de que todo o contingente de trabalho atuando em 100% do tempo é sinal de eficiência gerencial. E este gestor cria uma diversidade de tarefas para as pessoas, que são obrigadas, então, a dividir sua atenção e seus esforços em atividades múltiplas, prejudicando a todas elas, principalmente aquelas críticas para que se atinja a meta. Nem toda multitarefa é nociva, a multitarefa nociva é quando uma tarefa está sendo atrasada e a pessoa a quem você deve o resultado está esperando você terminar.

**Síndrome do Estudante:** é uma característica humana esperar até que uma tarefa fique realmente urgente para realiza-la. De fato, somente é possível saber que existe um problema em uma atividade ao se iniciar a sua execução. Portanto, iniciando o mais tarde possível, haverá o desperdício da segurança inicialmente estabelecida, exatamente no momento em que problemas poderão surgir, o que levará ao atraso do projeto.

**Lei de Parkinson:** todo trabalho tende a ocupar todo tempo disponível ou pelo receio de que, se alguém entregue antes do prazo que ele mesmo prometeu, ficará com a preocupação de que pensem que sua estimativa era superdimensionada, e haverá “cortes” na sua próxima estimativa.

**Dependência entre tarefas ou atividades:** se uma atividade depende de várias outras, basta uma delas demorar mais que ocasionará um acúmulo de atrasos nas demais, que já terminaram a atividade.

## 5.10 Probabilidade de Atraso de uma Atividade

A incerteza que existe em todo projeto é a causa principal para a maioria dos problemas e as pessoas não ignoram isso, colocando muita segurança em suas estimativas de acordo com as causas citadas anteriormente na seção 5.9. Essa “segurança oculta” embutida em cada atividade aumenta consideravelmente o tempo de projeto e muitas vezes o dobro do tempo médio esperado.

Segundo Barcaui e Quelhas (2010), a experiência mostra que quanto mais experiente a pessoa ou equipe que fazem as estimativas de duração de tempo da atividade, maior a inserção de segurança.

Para ilustrar isso, na figura 2, há 50% de chance de uma atividade com tempo “A” terminar no tempo “B” (mediana), porém, foi incrementado mais 30% de margem de segurança, o que equivale a dizer que esta mesma tarefa tem 80% de probabilidade de ser concluída em “C” (entrega) como de fato acontece.

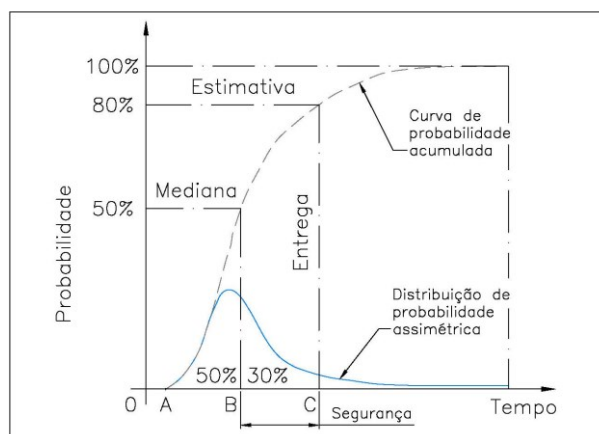


Figura 2 – Distribuição das probabilidades de uma atividade

Apesar da margem de segurança (tempo) nas estimativas, não há garantia de que as atividades dos projetos não venham a atrasar. Para o INPG (2013), as causas do desperdício de tempo são devido à ausência de um bom critério para definir quando é que uma atividade já está completa, e pela falta da percepção de como o comportamento pode influenciar na realização de um projeto. Além disso, a busca constante por produtividade estimula o fenômeno da “ênfase na atividade”, ou seja, é pela visão míope das atividades dentro dos departamentos ou áreas funcionais que os recursos são premiados ou então punidos, e não pela visão da rede de precedência como um todo.

### 5.11 Aplicação da Corrente Crítica (CCPM)

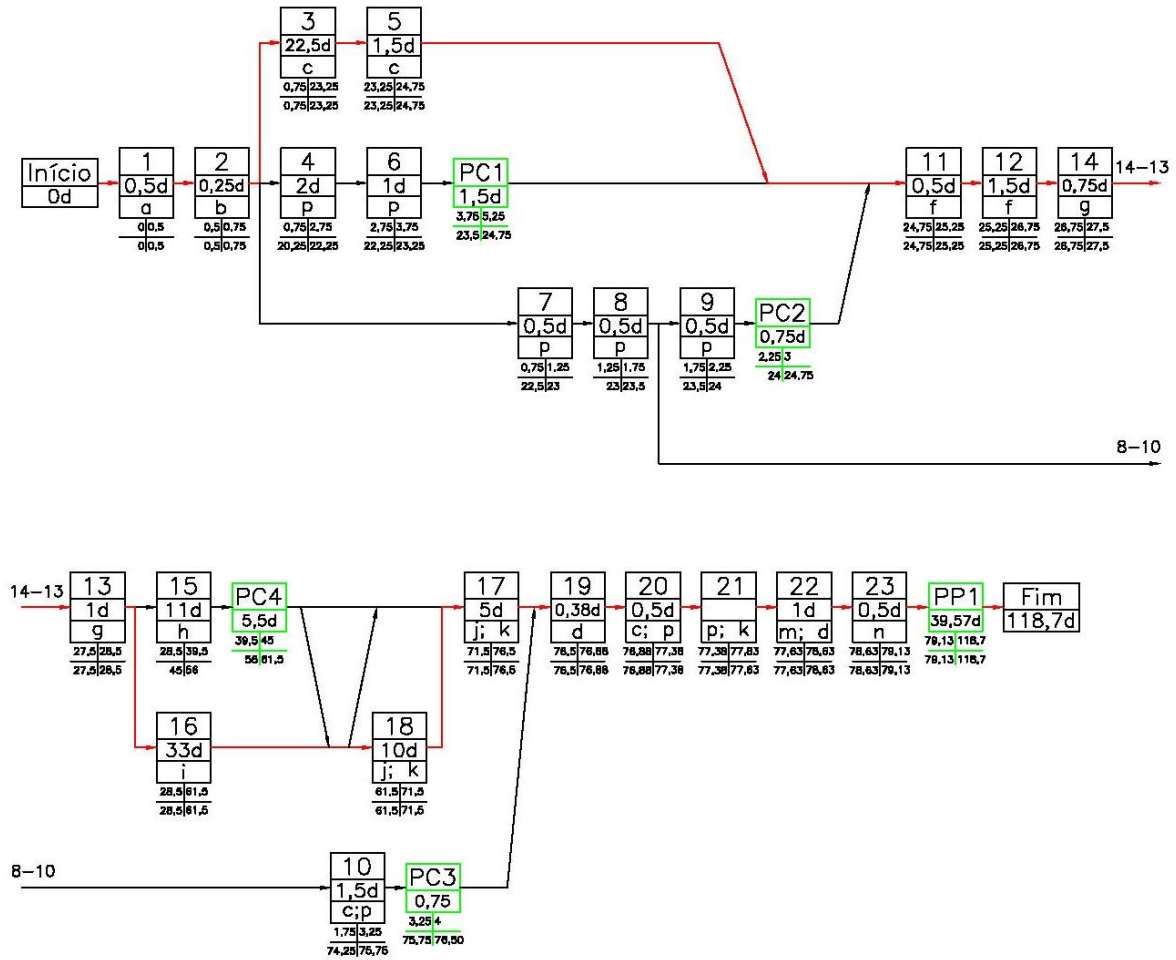
A gestão da Corrente Crítica (CCPM) no Gerenciamento de Projetos recomenda que essas estimativas sejam reduzidas em torno de 50%, ou seja, utilizando somente os tempos secos das estimativas de cada tarefa para que sejam mais agressivas. E desta forma, foram retiradas 50% das margens de segurança de cada tarefa conforme tabela 3:

Tabela 3 – Lista das principais atividades e os tempos estimados segundo CCPM

<b>Máquina Detectora de Trincas</b>				
<b>Atividade N°</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tempo (dias)</b>	<b>ID recurso</b>	<b>Recursos</b>
1	Emissão da ordem de fabricação (OF)	0,5	a	Vendas
2	Análise crítica da OF	0,25	b	Gerente
3	Projeto mecânico	22,5	c	Projetista Mecânico
4	Projeto elétrico	2	p	Tecnólogo de Automação
5	Lista de materiais mecânico	1,5	c	Projetista Mecânico
6	Lista de materiais de elétricos	1	p	Tecnólogo de Automação
7	Programação CLP	0,5	p	Tecnólogo de Automação
8	Programação IHM	0,5	p	Tecnólogo de Automação
9	Lista de materiais para automação	0,5	p	Tecnólogo de Automação
10	Manual de instrução	1,5	c; p	Projetista Mecânico Tecnólogo de Automação
11	Verificação dos estoques	0,5	f	Técnico de PCP
12	Emissão de ordens de compras	1,5	f	Técnico de PCP
13	Pedidos de itens nacionais	1	g	Compradora
14	Pedidos de itens importados	0,75	g	Compradora
15	Entrega Itens nacionais	11	h	Fornecedores
16	Entrega itens importados	33	i	Matriz EUA
17	Montagem elétrica	5	j; k	Técnico Eletromecânico Auxiliar Técnico
18	Montagem mecânica	10	j; k	Técnico Eletromecânico Auxiliar Técnico
19	Download de programas de CLP e IHM	0,38	p	Tecnólogo de Automação
20	Testes funcionais/ajustes	0,5	c; p	Projetista Mecânico Tecnólogo de Automação
21	Calibração	0,25	p; k	Tecnólogo de Automação Auxiliar Técnico
22	Try-out	1	m; p	Vendedor, Gerente e Tecnólogo Automação
23	Embalagem	0,5	n	Auxiliar de Expedição

A figura 3 indica o novo diagrama de rede com a corrente crítica em vermelho e os pulmões de projeto em verde:

## DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIAS E CORRENTE CRÍTICA (CCPM)



Notas:

- Caminho crítico em **vermelho**: 118,7 dias
- Pulmões em **verde**
- Folgas = UDI - PDI = UDT - PDT

### Legenda

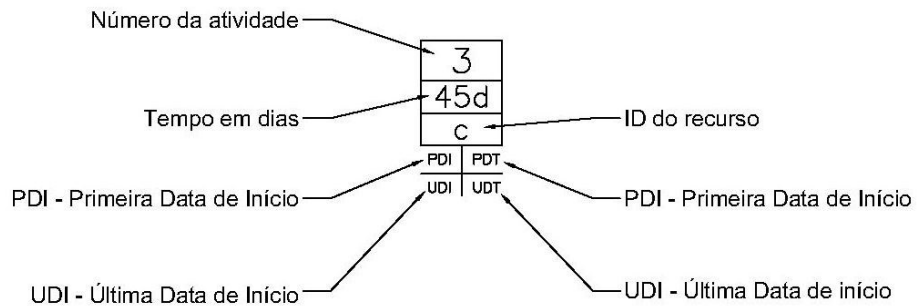


Figura 3 – Diagrama de rede e caminho crítico CCPM



### **5.11.1. Nivelamento de Recursos**

O recurso de compras, atividades 13 e 14, foram nivelados, de maneira que se possa executar uma atividade de cada vez. O recurso de automação (Tecnólogo de Automação) também sofreu nivelamento nas atividades 7, 8, 9 e 10 devendo ser iniciados em sua data mais tarde. E as atividades 4 e 6 devem ser iniciadas em sua data mais cedo.

Desta forma, temos os recursos em tempo nas datas previstas. Estes 2 recursos desenvolvem outras atividades. A compradora faz compras de insumos químicos solicitadas pelo PCP da área química e insumos de máquinas para área de máquinas. O recurso de automação desenvolve atividades de assistência técnica e calibrações externas solicitadas por vendas. E desta forma temos datas definidas para termos os recursos em tempo hábil, evitando a multitarefa danosa.

### **5.11.2. Pulmão de projeto e convergência**

Ao admitir que o projeto e, não as atividades, necessite de proteção quanto às incertezas, Goldratt (1997) informa que uma proteção deve ser alocada no final da corrente crítica. As flutuações ocorridas nos tempos das atividades se compensam e o excedente é absorvido por um tempo de proteção único. Esta proteção é chamada de pulmão de projeto.

Com a identificação da corrente crítica que, segundo Goldratt (1997), é o maior caminho percorrido pela rede considerando as interdependências de tarefas e recursos, foi cocado o pulmão de projeto, PP1 no final da corrente crítica, com duração de 39,57 dias calculados conforme fórmula 1:

$$PP1 = \text{Soma das seguranças embutidas no caminho crítico} \times 50\% \quad (1)$$

$$PP1 = 79,13 \times 50\% = 39,57 \text{ dias}$$

Segundo Goldratt (1997), é necessário também proteger a restrição, corrente crítica, das perdas ocorridas em outros lugares: os caminhos não críticos. A proposta é replicar aos demais caminhos não críticos a mesma forma adotada para a corrente crítica. Isso significa reduzir a estimativa de tempo das atividades pela metade, conforme exposto na tabela 3, e alocar, ao final de cada caminho não crítico, um pulmão, chamado de pulmão de convergência.

A duração do pulmão de convergência deve ser a metade (50%) da soma dos tempos das margens de segurança retirado de cada tarefa do caminho não crítico.

Portanto, foram colocados quatro pulmões de convergência: PC1 duração 1,5 dias, PC2 duração 0,75 dia, PC3 duração 0,75 dia e PC4 duração 5,5 dias, calculados conforme fórmulas 2, 3, 4 e 5:

$$PC1 = (\text{Seg. Ativ.4} + \text{Seg. Ativ.6}) \times 50\% \quad (2)$$

$$PC1 = (2 + 1) \times 50\% = 1,5 \text{ dias}$$

$$PC2 = (\text{Seg. Ativ.7} + \text{Seg. Ativ.8} + \text{Seg. Ativ.9}) \times 50\% \quad (3)$$

$$PC2 = (0,5 + 0,5 + 0,5) \times 50\% = 0,75 \text{ dia}$$

$$PC3 = \text{Seg. Ativ.10} \times 50\% \quad (4)$$

$$PC3 = 1,5 \times 50\% = 0,75 \text{ dia}$$

$$PC4 = \text{Seg. Ativ.11} \times 50\% \quad (5)$$

$$PC4 = 11 \times 50\% = 5,5 \text{ dias}$$

### 5.11.3. Caminho crítico x corrente crítica

A tabela 4 resume os dados extraídos dos diagramas de precedências do caminho crítico e da corrente crítica das figuras 1 e 2. A comparação entre os métodos gerou uma economia de mais de um mês no prazo de entrega, ou seja, 18,83% em favor da corrente crítica.

Tabela 4 – Dados extraídos do diagramas de precedências

<b>Caminho Crítico:</b>	146,25 dias úteis	7 meses (dias úteis)	5 meses corridos
<b>Corrente Crítica:</b>	118,7 dias úteis	6 meses aproximado (dias úteis)	4 meses corridos
<b>Economia gerada:</b>	27,55 dias úteis	Mais de 1 mês	18,83 %

### 5.11.4. Gerenciamento dos Pulmões

O monitoramento dos pulmões, segundo Barcaui e Quelhas (2010), compreende a sua divisão por três, e cada parte consumida do pulmão terá um *status*, sobre o qual o líder ou responsável do projeto terá que agir. Segue o indicador de status do pulmão na figura 4:

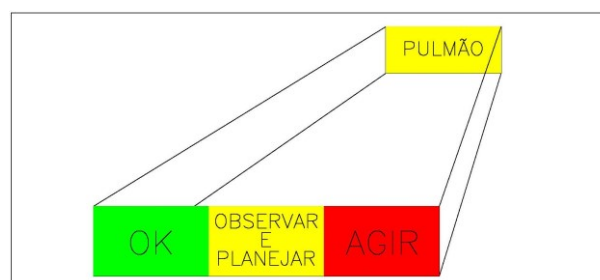


Figura 4. O indicador de status dos pulmões

Para Barcaui e Quelhas (2010), considerando-se que as estimativas por tarefa são de 50%, isto é, metade das tarefas terminará antes do prazo, e metade depois. Assim, os tempos das tarefas que terminarem antes passará para as tarefas que não for possível sua conclusão no prazo, resultando na recuperação do pulmão. Portanto, enquanto a tarefa estiver com *status* verde, não será necessária ação.

Se o consumo do pulmão entrar na sua segunda parte (amarela), o gerente do projeto deve prestar atenção nas atividades envolvidas na corrente crítica, e desenvolver um plano de recuperação, em associação com outros gerentes ou responsáveis que alocam recursos para as atividades em andamento, e que estão na sequência, na corrente crítica. Este plano de recuperação pode passar por horas extras, alocação extra de recursos, aumento de prioridades, entre outros. O plano tem o intuito de fazer com que as atividades retornem para a área verde do Pulmão.

Se o pulmão entrar no seu terceiro nível (vermelho), o gerente de projeto deverá por em prática o plano de recuperação desenvolvido anteriormente, e segui-lo até que o pulmão esteja recuperado, e volte para o *status* verde de seu primeiro terço (BARCAUI e QUELHAS, 2010).

## **6 CONCLUSÕES FINAIS**

O presente artigo teve como propósito a utilização da Teoria das Restrições (TOC) por intermédio da Corrente Crítica (CCPM) e as técnicas de Gerenciamento de Projetos descritas pelo PMBOK 4 ed. (2012) no projeto e construção de uma máquina de Ensaio não Destrutivo (END) por partículas magnéticas. Dessa forma, partiu-se de uma análise da literatura existente, tanto com relação ao gerenciamento de projetos, quanto da corrente crítica. Na sequência foi apresentada o ambiente de fábrica e todo o processo de fabricação desta máquina, desde a emissão da Ordem de Fabricação (OF) até a embalagem final.

Infelizmente, não foi possível aplicar os conceitos na fabricação da máquina, porque a área de máquinas foi desfeita no ano de 2015 e os profissionais dispensados (os motivos prefiro não comentar), mas, todos os dados são reais e foram elaborados por profissionais que atuaram no projeto e construção da máquina. Mesmo assim continuei com o artigo simulando a economia de tempo e os benefícios por aplicar algumas técnicas de gestão de projetos e por acreditar ser útil a aplicação de conceitos teóricos no dia a dia de uma empresa.

Para este projeto, foi sugerido utilizar a estrutura analítica do projeto, onde foi possível visualizar com maior clareza todos os pacotes de trabalho deste projeto e através dela, foi elaborada a lista de atividades, recursos e tempos. Com essas informações em mãos, foram criados os diagramas de precedências de com o caminho crítico (tradicional) e a corrente crítica.

O tempo de projeto e construção da máquina pelo caminho crítico tradicional ficou com 146,25 dias, aproximadamente 7 meses úteis (excluindo feriados, sábado e domingo) ou 5 meses corridos, conferindo com os tempos reais. As máquinas eram entregues entre 4,5 a 5 meses corridos, devido várias horas extras aplicadas ao projeto e algumas forças tarefas com a alocação do pessoal de projeto mecânico para montar a máquina. Neste parágrafo se confirma a grande incoerência da área de vendas em acordar prazos de entrega de 2 a 3 meses com o cliente sem consultar a área de máquinas gerando grandes transtornos financeiros, comerciais e humanos.

Ao aplicar (simular) o método da corrente chegou-se a 118,7 dias, aproximadamente 6 meses corridos. Isso significa uma redução no tempo total de fabricação de 27,55 dias, ou seja, 18,33% de economia. E também nos fez confirmar dois grandes gargalos, um deles são os prazos de entrega de itens importados e um segundo gargalo, a área de projetos mecânicos que devido a complexidade das peças a serem testadas nas máquinas, demorava-se muito no projeto e confecção dos desenhos do dispositivo.

Para mitigar o gargalo de itens importados, a solução é investir na nacionalização destes itens por peças nacionais e o gargalo da área de projetos mecânico, é a contratação de um projetista desenhista para auxiliá-lo confeccionando os desenhos.

A mão de obra do Tecnólogo de Automação apresentou-se como um problema, porém, com a nivelção dos recursos e mudanças de datas de início de atividades este problema pode ser mitigado. As tarefas 4, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 21 e 22 é feita por este profissional, e para resolver este problema de desnivelamento, as tarefas 4 e 5 deverão ser iniciadas na sua data mais cedo, as tarefas de 7 a 10 em suas datas mais tarde, com isso o problema será mitigado.

As técnicas de gerenciamento de projetos sugeridas pelo PMBOK aliada a CCPM pode gerar bons resultados se aplicados com bom senso a projetos. Este bom senso deve ser aplicado principalmente ao cálculo de tempo dos pulmões e nivelamento de

recursos. Algumas evidências mostram que nem todas as estimativas das atividades apresentam margem de segurança, esta aí o bom senso no cálculo e gerenciamento dos pulmões. Nem sempre é possível iniciar uma atividade na sua data mais tarde para nivelar atividades que utilizam o mesmo recurso, podem ocorrer que algumas atividades comecem na sua data mais cedo sem afetar o projeto e a corrente crítica.

Conforme abordado na seção 5.9 “Consumo das Margens de Segurança”, nos deixa claro que a influência dos aspectos comportamentais do ser humano pode afetar negativamente o desempenho de prazos dos projetos, principalmente se tratando do emprego da Corrente Crítica, que dentro de sua ideologia, ela incentiva a prática da ética e do bom senso a fim de minimizar o efeito nocivo dos fenômenos que geram o desperdício (dependência entre tarefas/atividade, multitarefa nociva, Síndrome do Estudante, e a Lei de Parkinson).

Fica também evidenciado neste artigo que um planejamento estratégico deficiente da linha de produtos e projetos da empresa colabora nos atrasos das entregas, pelo efeito da multitarefa nociva.

O Método da Corrente Crítica (CCPM) nos faz refletir como o ser humano pode intervir positivamente ou negativamente em um projeto e não só a CCPM, mas as técnicas do guia PMBOK. Na opinião deste autor, a CCPM poderá ser aplicada em de médio à longo prazo e após muito trabalho, treinamento e conscientização com todos envolvidos no projeto, desde a alta administração até aos escalões mais baixos da empresa. O Sistema Toyota de Produção foi criado e implantado com êxito em todas as empresas da montadora de carros Toyota, após mais de 20 anos de trabalhos incansáveis e após isso, houve uma quebra de paradigmas e mudanças culturais profundas em todo segmento mundial automobilístico. Espero que isso aconteça com as técnicas de gerenciamento de projetos.

Este artigo não tem a pretensão de estabelecer um padrão para o gerenciamento de tempo em projetos pelo fato do projeto analisado ser muito específico de um tipo de processo produtivo, para o qual a gestão de tempo é crucial.

## **7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDREUCCI, Ricardo. **Partículas magnéticas**. São Paulo: ABENDI, 2006.

AZANHA, Raphael Barban; ANTONIOLLI, Pedro Domingos; BENEVIDES, Gustavo; NEVES, Ângela Fernanda Naves; SOUZA JR.; Adonival Coelho de. Aplicação da abordagem corrente crítica da teoria das restrições em projetos de máquinas.

**Revista de Administração do Sul do Pará (REASP) – FESAR**, Pará, v. 1, set/dez – 2014 p. 74-94.

BALTAR, Marcelo Souza; PEREIRA, Rodrigo Souza Costa. Corrente crítica em gerenciamento de projetos. **Revista Techoje**, p. 1-3, 2009. Disponível em [http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/746](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/746). Acesso em mar. 2015.

BARCAUI, André B. et al. **Gerenciamento de tempos em projetos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2013.

BARCAUI, André B.; QUELHAS, Oswaldo. Corrente crítica: Uma alternativa à gerência de projetos tradicional. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**. Itajubá, n.2, p. 1–21, jul. 2004. Disponível em: [http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V02N01/n2\\_art01.pdf](http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V02N01/n2_art01.pdf) . Acesso em mar. 2015

CARVALHO, Marly Monteiro; RABECHINI, Roque Junior. Gestão de tempo do projeto. In:\_\_\_\_\_. **Fundamentos em gestão de projetos – construindo competências para gerenciar projetos**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2011. Cap.6, p. 104-135.

CSILLAG, João Mário; RODRIGUES, Ivete; CALIA, Edgard G. Idéias para reduzir tempos de execução. In: RABECHINI, Roque Junior; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Gerenciamento de projetos na prática – casos brasileiros I**. São Paulo: Atlas, 2010. Cap.12, p. 189-212.

COURI, C. D. A.; **A Gestão do tempo nos projetos**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Construção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

ELDER, Allan. **As cinco doenças do gerenciamento de projetos – Introdução**. Heptagon Tecnologia da Informação. 2013. Disponível em: <<http://www.heptagon.com.br/5dgp>>. Acessado em 05/05/2014.

ELDER, Allan. **As cinco doenças do gerenciamento de projetos – 1: Multitarefa Nociva**. Heptagon Tecnologia da Informação. 2013. Disponível em: <<http://www.heptagon.com.br/5dgp-1>>. Acessado em 05/05/2014.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A meta**. 37. ed. São Paulo: Educator, 1984.

GOLDRATT, Eliyahu M. **Corrente crítica**. São Paulo: Nobel, 1997.

HELDMAN, Kim. **Gerência de projetos – Fundamentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HEPTAGON TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO. **TOC – Theory of constraints**. 2013. Disponível em: <<http://www.heptagon.com.br/toc>>. Acessado em 05/05/2014.

HEPTAGON TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO. **Corrente crítica**. 2013. Disponível em: <<http://www.heptagon.com.br/gpcc>>. Acessado em 05/05/2014.

HOARE, Henry Ronald. **Administração de projetos aplicando análise de rede (PERT-CPM)**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

INPG – BUSINESS SCHOOL. Artur Henrique Moellmann. **Aula sobre corrente crítica.pdf**. São Paulo, 2013.

MENEZES, Luís César de Moura. Programação de projetos. In: \_\_\_\_\_. **Gestão de projetos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. Cap.9, p. 134-158.

MOREZI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa**. Universidade Católica de Brasília-UCB. 2003. Disponível em: [http://ftp.unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/1370886616.pdf](http://ftp.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/1370886616.pdf). Acesso em jul. 2016.

OLIVEIRA, Edson Aparecida de Araújo Querido; GUIMARÃES, Jefferson; SILVA JR, Luiz Carlos Fraga e; **Gestão do tempo – Um estudo comparativo entre as principais metodologias empregadas no desenvolvimento de cronograma para o gerenciamento de projetos de inovação tecnológica**. In: 9º CONTECSI – INTERNACIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT, RF-418, Laboratório de Tecnologia e Sistemas de

Informação FEA-USP. p. 3470-3489. [www.tecsi.fea.usp.br](http://www.tecsi.fea.usp.br) – Acessado em fev. 2015.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

SILVA, Éverton Maurer da; RODRIGUES, Luis Henrique; LACERDA, Daniel Pacheco. Aplicabilidade da corrente crítica da teoria das restrições no gerenciamento de projetos executivos de engenharia: Um estudo de caso em uma refinaria de petróleo. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 1-16, 2012.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos – Estabelecendo diferenciais competitivos**. 7. Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

ZANINI, António; NETO, Anselmo Rocha. **Teoria das restrições (TOC) – Uma proposta de utilização na indústria metal mecânica**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTO, 30/10 a 01/11, Belo Horizonte. 2006.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.