

Determinação da duração de projetos de produtos utilizando PERT/CPM: um estudo em empresa *Engineering to Order* (ETO)

Alexandre Canova e-mail: alexandreanova@yahoo.com.br

Acadêmico de Engenharia de Produção- UFRGS

Dr. Ângela M. F. Danilevicz e-mail: angelafd@producao.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Porto Alegre-Brasil

Diego C. Fettermann e-mail: diego@producao.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Porto Alegre-Brasil

(Artigo a ser submetido à Revista Produção Online)

Resumo

As pequenas empresas carecem de técnicas de gestão efetivas, com destaque para a falta de métodos estruturados para controle de projetos. O presente artigo tem por objetivo a determinação da duração de projetos dos produtos em uma empresa com estratégia ETO com a utilização do método PERT/CPM. O trabalho compila informações sobre a conjuntura atual das pequenas empresas no Brasil, sobre as funções e objetivos do PCP dentro das empresas, sobre o método PERT/CPM, bem como as estratégias de produção. Por meio de um estudo de caso com análise de dados de origem qualitativa e quantitativa apresenta como resultado o estabelecimento de uma rede de atividades para determinação da duração de projetos. Também entre os resultados são apresentados previsões probabilísticas para os prazos de execução das atividades, além das variabilidades associadas a estas atividades.

Palavras-chave: *Engineering to order*, PERT/CPM, Pesquisa e controle de produção.

1. INTRODUÇÃO

Dentro de uma conjuntura de alta competitividade nos diversos segmentos industriais, as empresas se diferenciam quando conseguem associar ao seu nível de serviço qualidade, preço e prazos de entrega flexíveis, porém precisos. A conquista do cliente é consequência de uma estratégia que busca diferenciar a empresa dos demais competidores, diferenciação esta que pode se dar no preço, na qualidade e na rapidez de entrega (MEGLIORINE; GUERREIRO, 2004). O prazo de entrega, em muitos casos, pode ser considerado um ganhador de pedidos, pois, se enquadra como vantagem competitiva no quesito confiabilidade gerando uma relação de confiança com os clientes e,

consequentemente/gradualmente, uma relação mais estreita com os mesmos. Ainda, a variável velocidade de entrega está ligada à capacidade de fabricar os produtos e entregá-los ao cliente mais rapidamente do que os concorrentes (MEGLIORINE; GUERREIRO, 2004).

No caso de empresas de engenharia sob encomenda o problema é maior, visto que são organizações voltadas para os clientes, que aceitam projetos para produtos fabricados em baixo volume e sob especificações determinadas por estes clientes (MEGLIORINE; GUERREIRO, 2004). Dessa forma, além dos processos normais ligados a produção (compra materiais específicos, montagens, etc.) essas devem se preocupar com a confecção e gerenciamento de projetos customizados, únicos para cada cliente. O problema de definição do prazo se amplia quando se encontra as peculiaridades acima citadas em pequenas empresas, já que estas, normalmente, são mais desorganizadas. Esse será o ambiente de estudos desse trabalho.

Ainda hoje, com o maior acesso à informação, com a ajuda de instituições de apoio aos microempresários, como, por exemplo, o SEBRAE, e com políticas específicas para facilitar a sua sobrevivência, como a Lei Geral de micro e pequenas empresas, que cria facilidades tributárias como o super simples, a sobrevivência dessas organizações foi ampliada. Nos dois primeiros anos de vida da empresa, período mais crítico, essa ampliação foi de 50% para 78% de acordo com dados publicados pelo SEBRAE (2007). Porém, apesar de sua importância econômica e social, a participação no produto interno bruto (PIB) não passa de 30%. Isso acontece por que essas organizações, normalmente, carecem de uma estrutura formal de gestão, pois acabam conduzindo seus processos de maneira empírica (na lógica de tentativa e erro). Os esforços nem sempre vingam, pois os métodos, técnicas e ferramentas desenvolvidas, geralmente, estão associados a empresas de grande porte. Essa lacuna de métodos e ferramentas direcionadas a MPE's leva muitas vezes a um crescimento desordenado, principalmente naquelas que estão em fase de expansão, o que pode ocasionar a estagnação do processo de desenvolvimento, a retração dos negócios e até a falência do empreendimento.

A pesquisa e o controle de produção, segundo MOURA JUNIOR (apud Zacarelli, 1979) tem por objetivo controlar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa e, de acordo com RUSSOMANO

(1979), o sistema de produção adotado define o tipo de PCP que será implementado. Para um modelo de engenharia sob encomenda, ainda segundo o autor, o PCP deve ser do tipo projetos especiais. Para criação de um PCP que vislumbre o aumento da eficiência e eficácia da produção, seria preciso o conhecimento da sequência de atividades ou tarefas a serem realizadas bem como suas características intrínsecas, como tempos de execução e quantidades de recursos empregados. Munido dessa informação o PCP pode planejar a produção cruzando essas com as características e limitações gerais da fábrica como: capacidade instalada, recursos limitadores (gargalo), previsões de venda, etc.

A execução da estratégia de Engenharia sob Encomenda (ETO) está associada à produção de projetos, em função de gerar um produto único e diferenciado para o cliente (RUSSOMANO, 1979). Dificilmente se terá um produto final de um cliente exatamente igual ao de outro mesmo que algumas etapas de montagem sejam similares, por exemplo, na construção de plantas de usinas hidrelétricas ou nucleares ou ainda na construção civil. Por essas características, a utilização do método PERT/CPM é muito útil para definição e controle de prazos de entrega e para avaliações de desempenho, ou seja, para expor as etapas ou tarefas envolvidas nos projetos. Esse método procura através do sequenciamento das atividades e das características associadas a essas, definir os caminhos a serem percorridos e se determinar os pontos críticos e que, conseqüentemente, mereçam maior atenção por parte dos gestores.

O objetivo do presente trabalho é determinar a duração de projetos dos produtos em uma empresa com estratégia ETO com a utilização do método PERT/CPM. Enquanto resultado espera-se um incremento na eficiência e na eficácia dos processos operacionais e gerenciais, associados a uma maior exatidão na definição de prazos de entrega. Apesar de o resultado deste trabalho apresentar informações sobre o tempo de execução dos projetos, não será abordada a questão de prazo de entrega destes projetos. Isto se deve em razão da existência de diversos projetos simultaneamente na empresa em estudo, que concorrem com os mesmos recursos. Como o objetivo deste trabalho não incorpora estudos de capacidade para a execução dos projetos, os prazos de duração de projetos apresentados nos resultados ainda devem ser analisados de acordo com a capacidade da empresa para se obter os prazos de entrega para os clientes. O presente artigo desdobra-se em cinco seções, sendo que a primeira

contextualiza o problema de pesquisa. Na segunda seção encontra-se o referencial teórico necessário para embasar o trabalho de pesquisa. A seguir, na seção 3 é abordada a metodologia de pesquisa com os procedimentos, cenários de aplicação, classificação e método de trabalho. Na seção 4 serão expostos os resultados do estudo de caso com suas considerações e análises finais para ser feito o fechamento na seção 5 com as considerações finais e conclusões

2. ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO E PERT/CPM EM PEQUENAS EMPRESAS

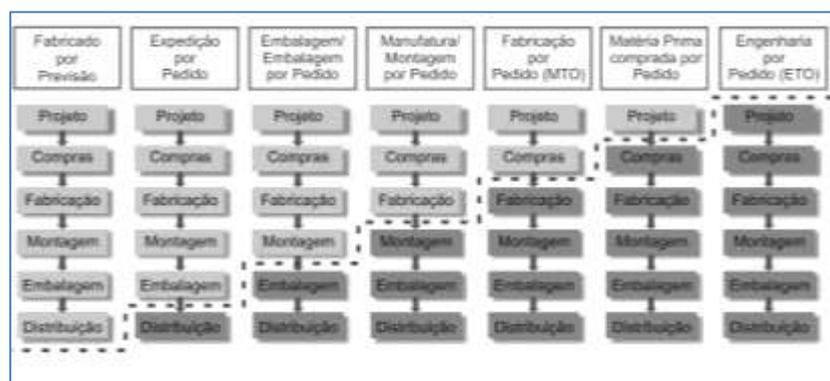
Nesta seção é apresentado o referencial teórico para a condução do trabalho, o qual contempla: cenário das pequenas empresas no Brasil, estratégias de produção, planejamento e controle da produção e o emprego do PERT/CPM para estimar o tempo de entrega dos produtos.

2.1 Perspectivas das micro e pequenas (MPE's) no Brasil

Atualmente, as pequenas empresas no Brasil totalizam 99% do volume de pessoas jurídicas e empregam 50% da mão de obra (CAGED, 2011). Essa categoria de empresa costuma ter dificuldades gerenciais, muito em razão das próprias características que as definem como pequenas: não possuir uma administração profissional, possuir um reduzido quadro de pessoal, não ocupar posição dominante em seu setor, não dispor de elevados recursos econômicos, ter reduzido valor de capital e de faturamento anual em relação ao setor econômico no qual opera e ser juridicamente independente de outras grandes empresas (JACYNTHO, 2000). Segundo pesquisa recente do IBGE intitulada "Estatística do Cadastro Geral de Empresas" cerca de 70% das empresas abertas no país fecham as portas. Segundo estudos e opiniões de especialistas e do próprio SEBRAE uma das causas fundamentais é a falta de preparo dos empreendedores, isso inclui carência de conhecimento gerencial, falta de planejamento, máquinas obsoletas e dificuldade de comercialização de seus produtos em novos mercados (LEVISTKY, 1996). Esta falta de preparo dos empreendedores, além da dificuldade de operacionalizar um sistema de gestão eficiente resulta em problemas na gestão da empresa, e também no não cumprimento dos prazos de entrega, como o caso da empresa em estudo.

2.2 Estratégias da Produção

Diversas estratégias de manufatura são adotadas em diferentes empresas para se atingir a satisfação e as necessidades de consumidores específicos em segmentos de mercado específicos (HILLETOFTH, 2009). Uma das alternativas de se identificar as estratégias de manufatura é compreendida de acordo com o grau de postergação da inclusão do cliente durante o ciclo de projeto, manufatura e expedição do produto (ULRICH e TUNG, 1991). Seguindo esta lógica, a empresa pode organizar sua produção de acordo com uma estimativa de vendas, ou previsão de demanda, sem incorporar o cliente nas etapas de produção, caracterizando uma estratégia MTS (*Make to stock*). Entretanto, a participação do cliente pode acontecer dentro deste processo, como na especificação da montagem do produto, caracterizando uma estratégia ATO (*Assemble to order*). No caso de uma maior antecipação da participação do cliente, a produção do produto acontece somente após o pedido, caracterizando uma MTO (*Make to order*). Em casos em que a empresa desenvolve um produto específico para atender a demanda do cliente, ou seja, este cliente participa desde o início do processo, determinando requisito do produto a ser desenvolvido temos uma estratégia ETO, como no caso em estudo, ver Figura 01. Na Engenharia sob Encomenda ou *Engineering to Order* (ETO) o projeto ou produto é confeccionado em sua totalidade, com base nas especificações do cliente, exigindo uma forte participação desse na produção. Resulta em produtos ou projetos altamente customizados.



Fonte: Fettermann, D.C.; Echeveste, M.E.S (2011)

Figura 01- Estratégias de produção

2.3 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O PCP tem por objetivo organizar recursos humanos e físicos necessários para a ação, dirigir a ação dos recursos humanos sobre os físicos e controlar essa

ação para a correção de eventuais desvios (MOURA JUNIOR, 1996). Em suma, reúne informações de diversos setores da organização. Da Engenharia de processos utiliza informações de lead time, recursos disponíveis, roteiro de fabricação, do setor de compras recebe informações de estoque e de compra de matéria prima e suprimentos, do setor de vendas/marketing usufrui de informações de previsão de demanda. Em um sistema de produção as atividades do PCP devem ser exercidas nos três níveis hierárquicos de planejamento e controle: nível estratégico (NE), nível tático (NT) e nível operacional (NO) (TUBINO, 2000), possuindo então, quatro atividades principais: o planejamento estratégico da produção (NE), o planejamento mestre de produção (NT), o planejamento da produção e o acompanhamento e controle da produção (NO). O planejamento estratégico traça planos de longo prazo baseado em informações como a previsão de demanda e estabelece o balanceamento dos recursos para atender essa previsão. A capacidade de produção e o fator físico limitante do processo produtivo, e pode ser incrementada ou reduzida (MOLINA & RESENDE, 2006). No plano mestre são elaborados planos de médio prazo baseados em informações de demanda de mesmo período de tempo ou de ordens de compra já recebidas. Tendo-se o plano mestre de produção definido, é elaborado o planejamento da produção com um período de tempo mais curto (curto prazo) onde é definido o que produzir e em que momento. Nessa atividade são emitidas ordens de fabricação e de compra de matéria prima e insumos. O acompanhamento e controle da produção agregam informações referentes ao tempo em que as atividades vão sendo executadas bem como dos recursos e insumos consumidos durante o processo. O acompanhamento e controle da produção é encarregado de coletar dados (índices de defeitos, horas máquina e horas homens consumidas, consumo de materiais, índice de quebra de máquinas etc.) para outros setores do sistema produtivo (MOLINA & RESENDE, 2006), Figura 2.

No contexto das micro e pequenas empresas, a presença do PCP nem sempre é uma realidade sendo que, aquelas que o desenvolveram, criaram um diferencial e deram um passo importante no seu caminho de crescimento. A presença deste incorpora um nível de serviço mais elevado, agregando e centralizando informações rápidas para utilização dos diversos setores da empresa. Ainda, a sua presença nas empresas confere uma percepção de um

maior domínio e conhecimento sobre os processos, gerando mais confiabilidade para clientes, tanto externos como internos.



Figura 2 - Fluxo Informação do PCP (MOURA JUNIOR, 1996)

Esta situação é verificada no caso em estudo em que está sendo desenvolvido o setor para uma maior confiabilidade na gestão de recursos físico e temporais.

2.3 PERT/CPM

Em ambientes de engenharia sob encomenda, apresenta-se como uma das técnicas mais eficazes para gerenciamento das complexas redes de atividades associadas. Esse método decompõe os projetos em atividades elementares e as une, através de redes de interdependência, gerenciando as datas de início e fim, bem como, o andamento de cada tarefa.

O *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) foi originado na marinha Americana em gerenciamento de projetos de defesa, se destacando o projeto do míssil *Polaris*, finalizado dois anos antes do prazo previsto e que administrou cerca de dez mil empresas na fabricação de setenta mil peças (TUBINO, 2000). Ainda segundo o autor, o *Critical Path Method* (CPM) foi criado pela DUPONT e UNIVAC como uma técnica de programação de construção, manutenção e desativação de indústrias químicas no mesmo período de criação do PERT. A diferença entre as duas reside no fato de o PERT utilizar tempos probabilísticos, estimas de duração das atividades, e o CPM tempos determinísticos onde se tem o conhecimento ou histórico preciso dos dados utilizados (HIRSCHFELD, 1987). Em suma, uma técnica era complementar a outra sendo posteriormente as duas unificadas e consideradas como uma ferramenta única e poderosa para a concepção de grandes projetos.

A rede PERT/CPM representa uma sequência lógica do planejamento com as interdependências das tarefas, a essa é posteriormente associada às durações de cada tarefa (HIRSCHFELD, 1987). Ainda, segundo o autor, para se estabelecer a rede, é necessário conhecer: as atividades (listas de tarefas a serem realizadas), a ordem das atividades (sequenciamento) e a duração das atividades, todas essas assimiladas entre as atividades (execução efetiva de uma operação) e eventos (marcos que caracterizam determinados instantes). Essa técnica passou a ser considerada uma das sete novas ferramentas da qualidade e produtividade, a partir da década de 90 (TUBINO, 2000).

Existem sete princípios de elaboração de uma rede PERT/CPM (HIRSCHFELD, 1987), são eles: (i) Determinar a relação e a duração das atividades; (ii) verificar atividades que podem ser executadas em paralelo; (iii) lembrar que atividades consomem tempo e geram custos, eventos não; (iv) para um evento ser atingido todas as atividades que a ele chegam devem ser concluídas; (v) uma atividade somente terá início se o evento inicial for atingido; (vi) entre dois eventos existe apenas uma atividade e, (vii) tudo que pode atrasar um projeto e ser previsto é atividade.

Após a determinação das três etapas iniciais para elaboração de redes de planejamento, segue-se para a determinação do caminho crítico da rede. Esse último é definido como à soma dos tempos das atividades, os quais serão considerados no caminho mais desfavorável (HIRSCHFELD, 1987). Para assimilação do caminho crítico, deve ser estimada a previsão otimista e pessimista juntamente com o tempo mais provável de duração dos eventos. Para as atividades não críticas, é calculada a tolerância ou tempo tarde do evento, que se excedido comprometem o tempo final de execução, lembrando que, esse tempo, é o total vinculado ao caminho crítico. Têm-se ainda as atividades condicionantes, por exemplo, a pintura somente deve ser feita em dias com sol, ou ainda, determinada atividade somente poderá ser realizada após uma data específica.

Apesar de sua relevância nos sistemas de produção sob encomenda na determinação de prazos, essa ferramenta é pouco empregada em ambientes fabris devido principalmente ao fato de se ter inúmeros projetos concorrendo por recursos escassos (máquinas, equipamentos, soldadores, retificas, etc.), o que difere de sua concepção original de aplicação a um único grande projeto. Varias atividades concorrem pelos mesmos recursos produtivos, simultaneamente, as

retenções em filas a espera de processamento alteram, ou podem alterar, a criticidade das varias operações (TUBINO, 2000).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção é apresentado o detalhamento dos procedimentos metodológicos adotados para a realização do presente artigo, dividindo-se em descrição do cenário, método de pesquisa e método de trabalho.

3.1 Descrição do Cenário

A empresa escolhida para a proposta de planejamento não terá seu nome divulgado, sendo referenciada, caso seja necessário no decorrer do estudo, como 'empresa ETO'. Consiste em uma empresa de pequeno porte, com sede na cidade de Cachoeirinha-RS. Iniciou suas atividades em 2002 com o objetivo de fornecer soluções completas em segurança coletiva para máquinas e processos e automação industrial. Possui em seu portfólio de fornecimento: o levantamento e a análise de riscos das máquinas e processos, projetos de adequação de segurança, fornecimento de produtos relacionados (cortinas de luz, chaves magnéticas, etc.), relatórios detalhados, laudo técnico com ART (anotação de responsabilidades técnicas), carenagens de enclausuramento mecânico, montagem elétrica, mecânica, pneumática e hidráulica e calços de segurança. Desenvolve e executa projetos de adequação de segurança em empresas dos mais variados setores (alimentício a siderurgia pesada).

Por ser uma empresa essencialmente ETO, em que a essência do negócio é os projetos de adequação, o processo se inicia no levantamento e análise de riscos juntos aos clientes, mapeando-se os pontos de risco dos equipamentos utilizados em seus processos e propondo soluções para completa eliminação destes. Essa proposta vem seguida do desenvolvimento do projeto mecânico de adequação (proativo) onde são desenvolvidas proteções físicas (portões, grades, chapas, *poka-yokes*, etc.) que excluem os acessos a áreas de risco. No projeto elétrico (reativo) é desenvolvido sistemas com controladores e mecanismos (botões de duplo acionamento, cortina de luz, chave magnética e mecânica, reles controladores, etc.) que desligam os equipamentos quando áreas de risco forem acessadas. Continuando, vem a montagem final para o cliente com o respectivo treinamento dos operadores sobre os modos de operação dos sistemas

instalados bem como a entrega final do documento que certifica o equipamento como seguro.

Em fase de crescimento, a empresa encontra dificuldades na parte operacional, sendo que não existe uma divisão e organização do trabalho dentro dos setores de produção o que dificulta a determinação de prazos de entrega. Tanto no setor elétrico como no mecânico, a desorganização é evidenciada pela falta de transmissão da informação, onde a retenção da mesma culmina com atrasos e até execução errônea de atividades básicas. Desinformações quanto à entrega de matéria prima e suprimentos, não há procedimentos documentados ou mesmo que de conhecimento genérico, carece de dado para medição e análise desde a área de suprimentos (compra) até a produção e entrega final, controle de estoque é realizado eventualmente, *lead time* de processos não são conhecidos em sua plenitude, ou seja, carece de estrutura formal de gerenciamento e controle.

3.2 Métodos de Pesquisa

Esta pesquisa é classificada quanto à natureza, como aplicada, uma vez que tem como objetivo investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos (RODRIGUES, 2007). Quanto à abordagem, classifica-se como qualitativa e quantitativa, pois, ainda segundo o autor, é descritiva e as informações obtidas são analisadas indutivamente com atribuições de significados básicos (RODRIGUES, 2007). Quanto ao objetivo é classificada como exploratória, pois objetiva maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito para o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2008). Com base nos procedimentos técnicos empregados, pode ser classificada, como um estudo de caso, já que visa um estudo profundo e exaustivo das atividades do problema em estudo (GIL, 2008). No caso deste trabalho, mais especificamente, os problemas que afetam o *lead time* dos projetos visando o seu conhecimento amplo e detalhado.

3.3 Método Trabalho

O método para a realização deste trabalho divide-se em seis etapas representadas na Figura 3 e descritas a seguir.

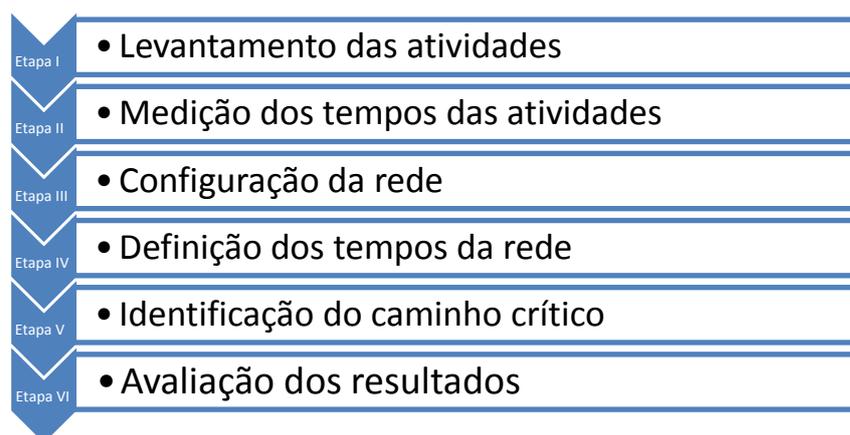


Figura 3- Sistemática para elaboração de uma rede

Inicialmente, foi realizado o levantamento das atividades, e dos seus tempos de duração, os quais influenciam o *lead time* de entrega dos projetos. Para tal, foi realizado o acompanhamento dentro dos setores e entre estes, por meio de entrevistas com os funcionários de cada setor, totalizando 30 entrevistas. As entrevistas seguiram um roteiro, que procura identificar as atividades executadas no processo, as previsões de tempo otimistas, mais prováveis e pessimistas para a execução das atividades, e as relações de dependência entre as atividades.

Com base nos dados obtidos na etapa anterior, deu-se início à etapa III - configuração da rede. Nela foi estabelecido o sequenciamento das atividades observando-se quais poderiam vir a serem realizadas ao mesmo tempo e, principalmente, as relações de precedência e subsequência e a ordem de execução.

Na etapa IV, foram definidos os tempos da rede, por meio da classificação desses como: (a) otimista, (b) mais provável e (c) pessimista para cada atividade. Na etapa V foi identificado o caminho crítico através dos valores dos diferentes tempos para em seguida serem somados os tempos e as variáveis probabilísticas desse caminho. Posto isso, foi realizada, na etapa VI, uma avaliação dos resultados da etapa anterior. A avaliação da possibilidade de implementação ocorre juntamente com os setores envolvidos. Se aprovados os tempos, o processo é padronizado e gerado um procedimento operacional. Em caso contrário, retorna-se à etapa IV para nova definição de tempos.

4. MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PROJETO

Nessa seção serão apresentados os resultados da aplicação dos procedimentos metodológicos propostos anteriormente sem levar em consideração as restrições de capacidades.

4.1 Levantamento das Atividades

As atividades que influenciam o *lead time* dos projetos e, portanto, os prazos de entrega ao cliente, são: confecção, revisão, cotação/compra, terceirização, corte do aço, fabricação, acabamento, pré-montagem, limpeza/pintura, secagem, embalagem e montagem final no cliente (FIGURA 4).

Atividade	Descrição	Setor Respon.	Resultado
Confecção	Visita clientes, dimensionamentos, desenhos em <i>solidworks</i>	Engenharia	Projeto do produto
Revisão	Revisar os projetos	Engenharia	Projeto final
Cotação/Entrega	Orçar materiais e efetuar a compra	Suprimentos	Matéria prima/insumos
Terceirização	Cotações e período de entrega	Suprimentos	Confecção peças terceiros
Corte do aço	Corte barras em dimensões de projeto	Produção	MP para montagem
Fabricação	Montagem quadros/colunas, furações	Produção	Estruturas físicas
Acabamento	Nivelar peças, retirar pontos solda	Produção	Peças alinhadas
Pré-montagem	Montagem/teste estrutura final	Produção	Estrutura aprovada
Limpeza/pintura	Retirar impurezas das peças (óleos)	Pintura	Peças limpas/pintura
Secagem	Período para ancoragem da tinta	Pintura	Projeto pronto
Embalagem	Envolver peças em plástico	Pintura	Projeto pronto envio cliente
Montagem final	Montar projeto no cliente	Montagem	Projeto entregue

Figura 4– Atividades que influenciam no lead time de processo da empresa

Devido à diferença nas características de cada projeto, principalmente em número de peças, se fez necessária à categorização dos projetos em termos de dificuldade de execução sendo: difíceis os projetos com mais de 25 peças, normais com número de peças entre quinze e vinte e cinco e fácil aqueles com menos de quinze peças, conforme Figura 5. Essa influência foi percebida na comparação de projetos similares para um mesmo cliente onde, o tempo das atividades era alterado, na medida em que ultrapassava o número de peças dos limites estabelecidos observados.

CATEGORIA	TIPO DO PROJETO	PECULIARIDADES
Difícil	Projetos grandes	Nº Peças >25
Normal	Projetos de médio porte	15=<Nº Peças <=25
Fácil	Projetos pequenos	Nº Peças <15

Figura 5 – Categorização dos projetos

Dessa forma, se tornou necessária à mensuração de três tempos de duração para cada atividade na etapa seguinte, a de apropriação.

4.2 Apropriação dos Tempos

Para essa etapa, foi conveniente utilizar a unidade de tempo em dias, sendo que, um dia é equivalente ao número de horas trabalhadas na empresa, no caso, nove horas. A estimativa dos tempos foi feita com base nas entrevistas e experiência dos seus respectivos executores. Para cada atividade, foram tabulados os tempos de duração de acordo com a categoria de projeto, conforme Figura 6.

Atividades	Fácil	Normal	Difícil
Confecção do projeto	1	3	6
Revisão	0,1	0,2	0,3
Cotação/Entrega	1	1	3
Terceirização	1	2	3
Corte do aço	0,5	1,5	2
Fabricação	1,5	3	7
Acabamento	0,5	1,5	2
Pré-montagem	0,2	0,5	1,5
Limpeza/pintura	0,5	1	2
Secagem	2	2	2
Embalagem	0,5	0,5	0,5
Montagem final	1	3	5

Figura 6- Tempos por atividade em dias

4.3 Configurações da Rede

Através dos levantamentos feitos e das relações de sequenciamento observadas foi possível montar a rede. Essa foi elaborada primeiramente relacionando cada atividade a uma letra para, em seguida, ser numerado os eventos que marcam o início e fim de cada atividade (Figura 7).

	Atividades	Fácil	Normal	Difícil	Evento
A	Confecção	1	3	6	1--2
B	Revisão	0,1	0,2	0,3	2--3
C	Cotação/Entrega	1	1	3	3--4
D	Terceirização	1	2	3	4--5
E	Corte do aço	0,5	1,5	2	4--6
F	Fabricação	1,5	3	7	6--7
G	Acabamento	0,5	1,5	2	7--8
H	Pré-montagem	0,2	0,5	1,5	8--9
I	Limpeza/pintura	0,5	1	2	9--10
J	Secagem	2	2	2	10--11
L	Embalagem	0,5	0,5	0,5	11--12
M	Montagem final	1	3	5	12--13

Figura 7- Atividades x Eventos

Por essa, observa-se, por exemplo, que a atividade de Confecção foi associada à letra A e seu evento inicial e final são os números um e dois respectivamente. Assim segue-se para as demais atividades de projeto. Seguindo-se esse modelo, estabeleceu-se a rede conforme observado abaixo na Figura 8. Para a atividade D, foi atribuída uma atividade “fantasma” D’, assim denominada, pois não consome nenhum tipo de recurso ou tempo, servindo apenas para ligar o evento cinco a seis.

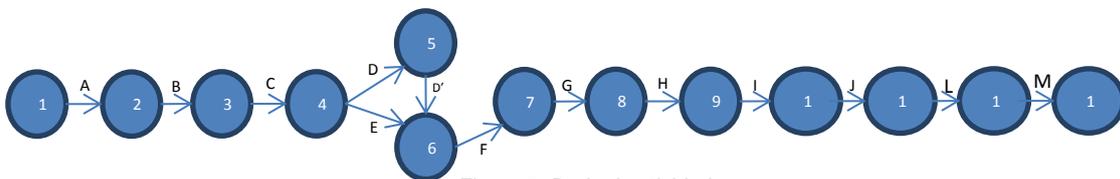


Figura 8- Rede de atividades

Seguindo, foi observado que todos os projetos seguem por uma única rede de atividades que devem ser monitoradas o tempo todo para garantir os prazos de entrega. O que definirá sua criticidade ou não serão os tempos a serem calculados na etapa 4.4 e a variabilidade resultante.

4.4 Tempos Otimista (a), Provável (b) e Pessimista(c)

Apesar de se ter uma estimativa das durações das atividades, foi necessária a incorporação das incertezas resultantes de fatores impossíveis de serem controlados, como: ausência de pessoas (faltas), intempéries climáticas, atraso na entrega dos materiais, etc. Esses fatores podem adiantar ou atrasar a entrega dos projetos. Para isso foram utilizadas as estimativas, três no total, probabilísticas da metodologia PERT associadas a uma distribuição *Beta*, onde

cada atividade pode ser tratada com uma variável aleatória. Essa distribuição é a mais adequada para aplicação do método PERT/CPM (HIRSCHFELD, 1987). Estimou-se então, além do tempo apresentando, e agora definido como o tempo provável “b” de execução, o tempo otimista “a”, que ocorre quando todas as condições são favoráveis à execução da atividade (HIRSCHFELD, 1987), bem como o tempo pessimista “c”, quando se imagina adversidades na execução. Esses tempos foram estimados nas entrevistas, através de questionários sobre o tempo máximo e mínimo resultante de influência de fatores não controláveis. Essa estimativa foi para cada atividade e dentro da classificação de dificuldades conforme Figura 9, abaixo.

	Atividades	Fácil			Normal			Difícil		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
A	Confecção	0,8	1	1,5	2	3	4	5	6	7,5
B	Revisão	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4
C	Cotação/Entrega	0,5	1	2	0,5	1	2,5	1	2	4
D	Terceirização	0,2	1	2	1	2	3	2	3	5
E	Corte do aço	0,3	0,5	0,8	0,5	1	1,2	1	1,5	1,8
F	Fabricação	1	1,5	2	2	3	3,5	5,5	7	10
G	Acabamento	0,2	0,5	0,8	0,5	1	1,2	1	1,5	1,8
H	Pré-montagem	0,1	0,2	1	0,4	0,5	1	0,8	1	1,2
I	Limpeza/pintura	0,4	0,5	1	0,5	1	1,3	1,8	2	2,5
J	Secagem	1,5	2	3	1,5	2	3,5	1,5	2	4
L	Embalagem	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
M	Montagem final	0,8	1	2	2	3	4	4	5	7

Figura 9- Atividades x tempo otimista, provável e pessimista.

O emprego desses três valores depende de dois pressupostos: admite-se que esses possam ser estimados com precisão e que o desvio padrão (ρ) é igual à sexta parte da amplitude $c - a$ (ou, igual à raiz quadrada da variância). Com isso, a probabilidade do tempo estimado estar entre a e c é alta. Isso é possível devido ao fato de existirem bases matemáticas em que, os valores calculados e oriundos de uma distribuição normal podem ser utilizados em PERT com distribuição *Beta* (HIRSCHFELD, 1987).

$$\rho = \frac{c - a}{6}$$

Para ser feita a distribuição de probabilidade dos tempos das atividades, é preciso se conhecer o tempo médio esperado (T_e) para conclusão e a variância (fornece o grau de incerteza) de cada atividade. Dessa forma, tem-se, por definição da teoria das probabilidades, que para o T_e o peso de b é quatro vezes maior que o de a e c (probabilidade de acontecer b é quatro vezes maior que a e c).

$$Te = \frac{a + 4b + c}{6}$$

Assim, seguiram-se os cálculos para cada atividade resultando na Figura 10 abaixo.

Atividades	Fácil					Normal					Difícil				
	a	b	c	Te	ρ^2	a	b	c	Te	ρ^2	a	b	c	Te	ρ^2
A Confeção	0,8	1	1,5	1,05	0,01	2	3	4	3	0,11	5	6	7,5	6,08	0,17
B Revisão	0,1	0,1	0,3	0,13	0,001	0,1	0,2	0,3	0,2	0,001	0,2	0,3	0,4	0,3	0,001
C Cotação/Entrega	0,5	1	2	1,08	0,06	0,5	1	2,5	1,17	0,11	1	2	4	2,17	0,25
D Terceirização	0,2	1	2	1,03	0,09	1	2	3	2	0,11	2	3	5	3,17	0,25
E Corte do aço	0,3	0,5	0,8	0,52	0,01	0,5	1	1,2	0,95	0,01	1	1,5	1,8	1,47	0,02
F Fabricação	1	1,5	2	1,5	0,03	2	3	3,5	2,92	0,06	5,5	7	10	7,25	0,56
G Acabamento	0,2	0,5	0,8	0,5	0,01	0,5	1	1,2	0,95	0,01	1	1,5	1,8	1,47	0,02
H Pré-montagem	0,1	0,2	1	0,32	0,02	0,4	0,5	1	0,57	0,01	0,8	1	1,2	1	0,004
I Limpeza/pintura	0,4	0,5	1	0,57	0,01	0,5	1	1,3	0,97	0,02	1,8	2	2,5	2,05	0,01
J Secagem	1,5	2	3	2,08	0,06	1,5	2	3,5	2,17	0,11	1,5	2	4	2,25	0,17
L Embalagem	0,1	0,2	0,3	0,2	0,04	0,2	0,3	0,4	0,3	0,001	0,4	0,5	0,6	0,5	0,001
M Montagem final	0,8	1	2	1,13	0,04	2	3	4	3	0,11	4	5	7	5,17	0,25

Figura 10- Tempo esperado e variância de cada atividade

Um maior valor para a variância informa uma maior incerteza sobre os tempos de duração. Na Figura 10 observa-se, por exemplo, que a atividade fabricação para projetos difíceis tem um maior grau de incerteza sendo necessária uma maior atenção a esta, em relação às outras, a fim de serem identificadas e reduzidas às incertezas. Mesmo raciocínio foi seguido para as outras.

4.5 Análise da Rede (Caminho Crítico)

Pela configuração adquirida pela rede e pela definição de que o caminho mais desfavorável é o crítico (HIRSCHFELD,1987), conclui-se que todas as atividades fazem parte desse caminho sendo influenciadoras diretas do prazo de entrega. Não sendo necessário, portanto, os cálculos das folgas (tempos tardes) relacionadas às atividades que não fazem parte do caminho crítico.

Para se ter uma probabilidade de entrega em uma determinada data "Tx", foi preciso calcular o tempo esperado médio (Te) do caminho crítico, através da soma dos Te das atividades que o compõem ($\sum Te = Te (A) + Te (B) + \dots + Te (M)$) e

o cálculo da variância desse caminho pela soma das variâncias das atividades ($\sum \rho^2 = \rho^2 (A) + \rho^2 (B) + \dots + \rho^2 (M)$) conforme Figura 11.

Tipo	$\sum T_e$	$\sum \rho^2$
Fácil	10,12	0,35
Normal	18,18	0,68
Difícil	32,87	1,72

Figura 11- Soma tempo médio e da variância do caminho crítico

Assumiu-se que a distribuição da probabilidade dentro do caminho crítico se comporta como uma distribuição normal, assim, para determinar se uma data de entrega será ultrapassada, deve ser utilizada a distribuição normal padronizada:

$$Z = \frac{T_x - T_e}{\rho^2}$$

A probabilidade de um projeto ser terminado no tempo esperado (T) e sua distribuição normal são: $P(T \leq T_x) = P(Z \leq z) = 1 - P(Z > z)$, onde o primeiro membro é uma aproximação da real probabilidade sendo que, como foi trabalhado com valores médios, este pode ser superestimado. A probabilidade do tempo de execução ser igual ou inferior a T_x ($T < T_x$) corresponde ao lado esquerdo de T_x no gráfico de distribuição normal. A direita deste está à probabilidade do tempo T exceder o tempo de produção previsto ($T > T_x$).

4.6 Avaliação dos Resultados

Para fazer a testagem do modelo proposto para determinação e avaliação dos prazos de entrega, foi escolhido aleatoriamente um projeto a fim determinar seu prazo de entrega e a real probabilidade desse prazo ser cumprido. Esse projeto pôde ser classificado como normal e o prazo de entrega dado pelo comercial foi de 20 dias (T_x), tendo-se então, da tabela de probabilidades encontrada, que: $\sum T_e = 18,18$ e $\sum \rho^2 = 0,68$. Foi calculado Z pela fórmula proposta o que resultou em $Z = 2,203$. Ou seja, de acordo com a tabela de distribuição normal, a chance de esse prazo ser cumprido é de 98,71%.

O modelo proposto funcionou em sua aplicação, porém, deve ser feita uma maior avaliação dos tempos propostos a fim de se diminuir a variabilidade de algumas atividades.

5 CONCLUSÕES

A partir da assimilação dos conceitos teóricos seguidos da modelagem proposta para a empresa em questão, foi possível concluir que a determinação dos tempos de execução dos projetos é influenciada por diversos fatores, sendo estes compostos por fatores tangíveis, passíveis de medição, e intangíveis, que não podem ser medidos com precisão. Pois bem, dentro dos conceitos que se seguiram para esse fim, utilizando o método proposto, foi observado que os mesmos se adaptaram bem ao perfil de empresa em estudo. O resultado final de determinação dos prazos de produto, podem ser previstos com certo grau de precisão de acordo com os levantamentos realizados.

No caso em questão, todas as atividades definidas como influenciadoras do tempo fazem parte do caminho crítico. O atraso ou a antecipação de qualquer atividade altera o *lead time* dos projetos positiva ou negativamente sendo, portanto, necessário o monitoramento constante destas. Ao valor temporal observado para as atividades, observou-se uma variabilidade, interpretada como um grau de incerteza dos três valores propostos, que deve ser analisada mais profundamente a fim de ser reduzida ao máximo.

Por fim, a adaptação do modelo proposto, ao modelo de produção da empresa em questão, originou um resultado positivo ao ponto que a variabilidade final dos três tipos de projeto (fácil, normal e difícil) não chega a ser alarmante, ou prejudicial, aos prazos viabilizados. A distribuição de probabilidade também demonstrou esse resultado positivo o que trouxe maior segurança para os valores encontrados.

Como resultados principais, a partir dos dados encontrados, observou-se que: o setor de vendas passou a ter um prazo como parâmetro de negociação, de acordo com o tipo de projeto negociado, após uma rápida consulta ao PCP, a divulgação do mapeamento do fluxo e dos tempos aos interessados originou metas (desafios) perseguidor por todas as equipes, isso criou uma motivação na tentativa de baixar os tempos propostos, o conhecimento da rede gerou maior confiança na área produtiva e diminuiu os erros ocasionados por falta, ou conflito, de informações. Para trabalhos futuros, complementares, a avaliação de capacidade e de concorrência de recursos escassos pode ser adicionada ao trabalho, resultando no prazo de entrega real dos projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO: Cadastro **Geral de Empregos (Caged)**WWW.caged.gov.br: acessado em 20 de maio de 2011.

_____, IBGE – Censo - WWW.ibge.gov.br : acessado em 10 de maio de 2011.

FETTERMANN, D.C.; Echeveste, M.E.S. **Desenvolvimento de produto para customização em massa: alternativas para o setor de móveis modulados.** Revista Espacios, v.32, n.4, 2011

HIRSCHHFIELD, H. **Planejamento com PERT/CPM e análise do desempenho: método manual e por computadores eletrônicos aplicados a todos os fins.** 9ª ed.rev.ampl. São Paulo: Atlas, 1987.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed.São Paulo : Atlas,2002.

JACYNTHO, PATRÍCIA H. Ávila. **As relações de trabalho nas pequenas e médias empresas dentro da reforma trabalhista**, publicada na Síntese Trabalhista n.º 131, pg. 23, maio de 2000. Faculdade de Direito e Administração da Fundação Educacional de Barretos – São Paulo.

LA ROVERE, RENATA L. **Perspectivas das micros, pequenas e médias empresas no Brasil.** Grupo de Economia da Inovação- Instituto de Economia da UFRJ.Rio de Janeiro:Campus, 1999

MEGLIORINE, EVANDIR; GUERREIRO, REINALDO. **A Percepção dos Gestores Sobre Quanto a Fatores Competitivos nas Empresas Produtoras de Bens de Capital Sob Encomenda: Um estudo exploratório.** BASE- Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos- 1(2): 5-14, setembro/dezembro, 2004.

MOLINA, CAROLINE C. E RESENDE, JOÃO B. **Atividades do Planejamento e Controle da Produção (PCP),** Revista Científica Eletrônica de Administração, Ano VI, Numero 11-Dezembro de 2006.

MOURA,JÚNIOR, ARMANDO N. C. DE. **Novas Tecnologias e Sistemas de Administração da Produção-** Análise do Grau de Integração e Informatização nas Empresas Catarinenses, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Dissertação para Obtenção de Título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.1996.

PIRES,S.R.I.: **Gestão Estratégica da Manufatura,** Editora UNIMEP, 1995.

RODRIGUES, Professor William. C. **Metodologia Científica**, FAETEC/IST, Paracambi :2007

RUSSOMANO, Vitor Henrique. **Planejamento e Acompanhamento da Produção**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1979. Cap. 3, pp. 37-47

SEBRAE, Divulgação Pesquisa de Agosto de 2007. WWW.sebrae.com.br. Acessado em 15 de maio de 2011

TUBINO, Dálvio F. ;QUEZADO, Paulo C. A. M.; CARDOSO, Carlos R. de O. **Programação e Controle da Produção Sob Encomenda Utilizando PERT/CPM e Heurística**.

ULRICH, K.;TUNG,K. **Fundamentals of product modularity**. In: **Asme Winter Annual Meeting Symposium on Issues in Design/Manufacturing Integration**, 1991, Atlanta.

Determinar o nível de customização dos produtos tem se caracterizado um dos principais debates sobre customização em massa (DA SILVEIRA et al., 2001). De acordo com Hart (1995) a definição do nível de customização do produto ou serviço trata-se de um dos fundamentos para a customização.

Fettermann, D.C.; Echeveste, M.E.S. **Desenvolvimento de produto para customização em massa: alternativas para o setor de móveis modulados**. Revista Espacios, v.32, n.4, 2011

Figura 4 - Estratégias para a cadeia de suprimentos e a postergação das atividades (adaptado de YANG e BURNS, 2003; YANG et al., 2004; ROYER, 2007)