Construção de uma rede PERT/CPM na indústria têxtil de moda íntima: um estudo de caso

Josirene Aquino Barbosa
Elayne de Souza Panta
Marcio Eckardt
Núbia Adriane da Silva
Fransergio Bucar Afonso Pereira

RESUMO: Com o ambiente organizacional cada vez mais competitivo, as empresas tendem a buscar instrumentos voltados a auxiliar o desenvolvimento organizacional, de maneira tal que a rede PERT/CPM é considerada um poderoso instrumento voltado para auxiliar o processo de tomada de decisão. O artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa de confecção de roupas íntimas da cidade de Paraíso do Tocantins, no estado de Tocantins, que objetivou estudar o processo de fabricação de um produto aplicando a rede PERT/CPM. A pesquisa possui elementos característicos da pesquisa bibliográfica, quantitativa e qualitativa, tendo como base a identificação das atividades que compõem o processo de fabricação do produto, o tempo necessário para a realização de cada atividade, a elaboração e análise do caminho crítico e a identificação do gargalo da produção. Como resultado, concluiu-se que 90% das etapas do processo de fabricação do produto estudado exigem atenção máxima a fim de garantir o cumprimento do prazo de conclusão do projeto, e que a ociosidade de algumas máquinas, a quantidade insuficiente de costureiras e o *layout* inadequado da fábrica contribuem para perdas no processo produtivo da empresa.

Palavras-chave: PERT. CPM. Confecção. *Lingerie*.

ABSTRACT: With an increasingly competitive organizational environment, the companies tend to seek instruments aimed at helping the organizational development, where the PERT/CPM network is considered a powerful tool to assist the decision-making process. The article presents a case study carried out in a clothing company of the city of Paraíso do Tocantins, in the state of Tocantins, Brazil, which aimed to study the manufacturing process of a product applying the PERT/CPM network. The research has characteristic elements of the bibliographic, quantitative and qualitative research, based on the identification of the activities that make up the product manufacturing process, the time required to carry out each activity, the elaboration and analysis of the critical path and the identification of the production bottleneck. As a result, it was concluded that 90 percent of steps of the manufacturing process of the studied product require maximum attention in order to ensure compliance of the project completion time, and that the idleness of some machines, the insufficient number of seamstresses and the inadequate layout of the factory contribute to losses in the company's production process.

Keywords: PERT. CPM. Confection. Lingerie.

Recebido em: 20/06/2016
Aprovado em: 17/07/2017
Sistema de Avaliação: Double Blind Review
Editores Científicos: Maria Aparecida de Souza Melo e Simone Pereira Silva Basto

1 INTRODUÇÃO

Com a abertura de novas fronteiras comerciais internacionais, nacionais e regionais, o setor de confecções de vestuário em geral tem se expandido e tornado-se ainda mais competitivo. No cenário mundial, o Brasil ocupa a quarta posição no *ranking* da produção de confecções de vestuário. Em 2014, o valor da produção nacional cresceu 5,6% e 0,7% em 2015 (IEMI, 2015a).

A fabricação de *lingerie* é um segmento do setor de confecções de vestuário que tem contribuído para o crescimento do valor da produção nacional. Segundo IEMI (2015b), em 2014 houve crescimento na confecção de calcinhas, sutiãs, camisolas, pijamas e modeladores de 10,1%. Com relação ao volume da produção brasileira de peças íntimas, os anos de 2013 e 2014 obtiveram crescimento de 2,4%, e, em 2015, a produção nacional alcançou 1,5 bilhão de peças.

Apesar de o ano de 2016 ter sido conturbado, tendo em vista a crise econômica nacional, estima-se que para 2017 o cenário se estabilize e alcance crescimento de 3,5% (IEMI, 2017).

Dessa forma, as expectativas são otimistas, pois o setor terá condições de continuar a ampliar mercados e buscar novas fronteiras. Empresários almejam superar esses tempos de incertezas e defendem que a melhor estratégia é investir em peças básicas que possuem um maior giro. Outra forma de ampliar mercados seria reformular produtos com agregação de valor como, por exemplo, os produtos *Plus Size* (IEMI, 2017).

Acompanhando a expansão do setor de moda íntima, Paraíso do Tocantins tem se destacado e contribuído para a economia local, haja vista que a cidade é a quinta maior economia do estado de Tocantins, segundo IBGE (2015).

Mesmo com o mercado da região mostrando-se atrativo para novos empreendimentos, os empresários que almejam continuar obtendo resultados satisfatórios devem estar munidos de bom planejamento e ferramentas que lhes auxiliarão no gerenciamento de seus projetos. No entanto, para muitas das pequenas empresas o planejamento e a gestão de empreendimentos e/ou projetos são vistos como algo destinado apenas às organizações de grande porte e não consideram que nos pequenos negócios um bom planejamento agrega valor ao método de trabalho e proporciona um maior controle dos processos produtivos (SANTIAGO; GIBIM, 2015).

A falta de conhecimento a respeito do processo produtivo, que engloba as atividades de compra de matéria-prima, manufatura, embalagem, estocagem, controle de qualidade e vendas, e a dificuldade em identificar o gargalo da produção prejudicam as pequenas empresas (MAROUELI, 2008). Para Martins e Laugeni (2005), os gargalos são processos ou equipamentos da linha de produção que restringem a capacidade produtiva da empresa, geram desperdícios e comprometem o prazo final do projeto. Os gargalos influenciam diretamente na produtividade e *performance* das fases seguintes do sistema produtivo e, consequentemente, na entrega do produto final para o cliente.

Segundo Antunes *et al*. (2008), gargalo é definido como o recurso cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender à demanda imposta a ele num determinado período de tempo, o qual é geralmente longo. Assim sendo, gargalo é considerado um limitador ao processo produtivo.

Nesse contexto, importantes ferramentas como o Método do Caminho

Crítico (*Critical Path Method* – CPM), ou ainda Análise do Caminho Crítico (*Critical Path Analysis* – CPA) e a Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (*Program Evaluation and Review Technique* – PERT) são utilizadas no planejamento e gerenciamento de projetos para que o gestor possa acompanhar o seu desenvolvimento e obter melhoria constante no processo produtivo (SLACK; CAHMBERS; JONSTON, 2010).

Diante disso, realizou-se uma pesquisa em uma confecção de roupas íntimas da cidade de Paraíso do Tocantins desenvolvendo uma rede PERT/CPM das atividades de fabricação da calcinha de *cotton* adulto, com o objetivo de identificar as atividades que compõem o processo produtivo, o tempo de conclusão de cada atividade e a interdependência entre as atividades. O objetivo foi elaborar o caminho crítico do processo de fabricação do produto e identificar o gargalo de produção da empresa e, assim, contribuir para melhoria no processo produtivo.

Os conhecimentos e a aplicação da técnica PERT/CPM na empresa estudada podem permitir aos gestores prever elementos, analisar possibilidades, riscos e incertezas do projeto, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade (GILANI, 2012).

Para o desenvolvimento da pesquisa, realizou-se embasamento teórico utilizando instrumentos característicos da pesquisa documental bibliográfica, qualitativa e quantitativa. Os dados foram coletados através de observações *in loco* e entrevistas. Posteriormente, as informações foram tratadas em *software* específico.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: na primeira parte (seção atual), a introdução; na segunda, o referencial teórico. Na terceira parte, detalha-se a metodologia utilizada; na sequência, o caso estudado, a análise dos resultados da pesquisa e, por fim, as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Como base para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se a rede PERT/CPM, considerada um dos mais importantes métodos para a melhoria de processos produtivos focados no planejamento e gerenciamento de projetos, conforme exposto a seguir.

2.1 A rede PERT/CPM

Em 1957, surgiu o Método do Caminho Crítico (CPM), aplicado na reconstrução das instalações da DuPont, projeto para o qual o método foi criado. O CPM implica em vantagens existentes na relação entre a diminuição da duração do projeto e o aumento dos custos das atividades do projeto (COX III; SCHLEIER, 2013).

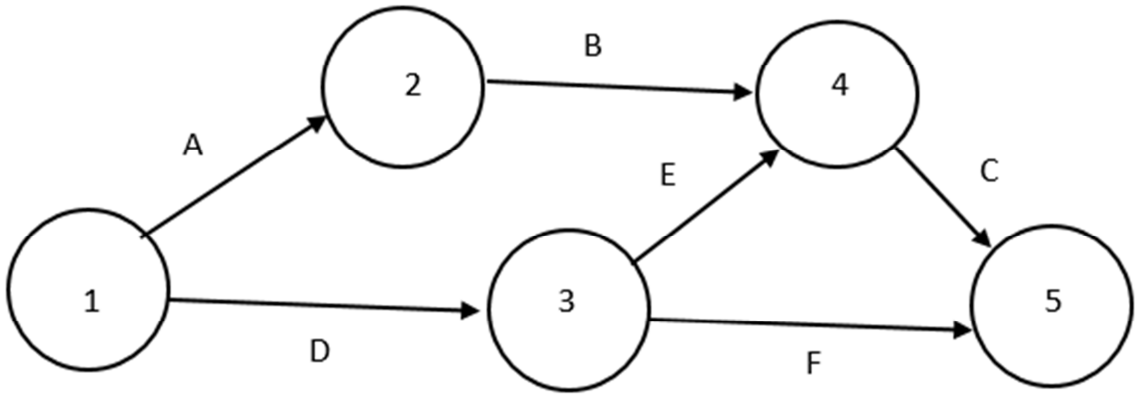
Os primeiros manifestos da utilização da Técnica de Revisão e Avaliação de Programa (PERT) ocorreram em grandes programas de defesa da marinha americana, registrando, em 1958, o seu primeiro sucesso com o término do projeto do míssil Polaris. A técnica fundamenta-se na determinação probabilística dos tempos para a duração das atividades e dos custos, a fim de determinar estimativas de conclusão do projeto (SLACK; CAHMBERS; JONSTON, 2010).

Apesar de ser duas ferramentas distintas, tanto a PERT quanto o CPM foram criados como métodos capazes de resolver problemas de gerenciamento de projetos e, atualmente, são denominados apenas Rede PERT/CPM ou Técnica PERT/CPM (TUBINO, 2009). Os dois métodos são muito parecidos e a diferença é que no PERT predominam os esquemas probabilísticos e,

no CPM, os esquemas determinísticos. As técnicas são praticamente as mesmas, sendo por isso usual denominá-los PERT/CPM (WACHA; SILVA, 2014).

Um projeto é formado por atividades independentes, mas que estão ligadas umas às outras, o que forma uma rede na qual cada atividade é representada por setas (atividade do projeto) e nós (início e fim das atividades) que estão interligados, conforme a Figura 1. Estes passos buscam estabelecer uma duração para cada atividade e em quanto tempo o projeto deve ser concluído (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Figura 1 – Rede do Projeto



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

As representações contidas na Figura 1 mostram que cada ligação entre o nó inicial e o nó final do projeto é denominada caminho. O tempo necessário para percorrer esse caminho é determinado pela somatória dos tempos individuais de cada atividade, e o caminho com maior tempo de conclusão para o projeto é chamado de caminho crítico (TUBINO, 2009).

De acordo com Martins e Laugeni (2005), as fases que constituem a elaboração da rede PERT/CPM são: definição do início e fim do projeto; divisão das atividades que compõem o projeto; identificação da lógica sequencial das atividades que dependem de outra(s) e das que não são dependentes; montagem da rede; determinação da duração das atividades; determinação do tipo, quantidade e custo dos recursos necessários para desenvolver as atividades; determinação do caminho crítico; e elaboração do cronograma da programação do projeto.

Para calcular cada atividade no método PERT, devem-se atribuir três durações de tempo, sendo elas: otimista (A); mais provável (M) e duração pessimista (B). A duração de cada atividade não é fixa, e sim variável com caráter aleatório, na qual é considerada a probabilidade de o projeto ser concluído em uma determinada data média "T" (MARTINS; LAUGENI, 2005). Portanto, a duração média (T) de uma determinada atividade é representada pela expressão: T = (A + (4 x M) + B): 6.

Após a determinação da data média de cada atividade, aplica-se o algoritmo do método do caminho crítico obtendo-se a duração do projeto (MARTINS; LAUGENI, 2005), calculando-se assim o CPM.

Slack, Cahmbers e Jonston (2010) salientam que quanto mais complexo é o projeto, mais esse requer a identificação da dependência das atividades, determinando a sequência lógica na qual elas acontecem. As

dependências das atividades caracterizadas como atividades em série (atividade A deve estar concluída antes do início da atividade B) e atividades paralelas (atividade B pode prosseguir no mesmo instante em que a atividade A acontece).

Para cada atividade de um projeto existem tempos referentes ao seu início e conclusão: Primeira Data de Início (PDI; data mais cedo de início do evento inicial da atividade); Última Data de Início (UDI; data mais tarde de início de uma atividade). A partir dessas datas, é possível calcular as folgas (intervalo de tempo disponível para a conclusão da atividade) existentes para cada atividade do projeto.

O cálculo da data mais cedo de cada atividade é realizado da esquerda para a direita ao longo da rede (ida), e para a data mais tarde calcula-se da direita para a esquerda (volta) (SLACK; CAHMBERS; JONSTON, 2010).

Assim, com a construção da rede PERT/CPM é possível identificar e verificar os caminhos percorridos por insumos e matéria-prima para auxiliar o processo de tomada de decisão. Na sequência, apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo.

3 METODOLOGIA

Para a obtenção das informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa, procurou-se utilizar métodos que proporcionassem maior segurança no alcance dos resultados. Inicialmente, realizou-se o levantamento bibliográfico utilizando instrumentos característicos da pesquisa bibliográfica, a qual, segundo Marconi e Lakatos (2010), trata-se da pesquisa em que as informações estão contidas em livros, artigos, dissertações e teses e que auxiliam no melhor desenvolvimento e compreensão do tema estudado.

Como base para o referencial bibliográfico, utilizou-se também a pesquisa documental, oriunda de fontes primárias (questionários, entrevistas e relatórios), em que as informações podem estar contidas em documentos escritos ou não, sendo colhidas na ocasião em que o fato ocorre ou posteriormente (MARCONI; LAKATOS, 2010).

O estudo caracteriza-se por conter elementos da pesquisa exploratória, já que este nível de pesquisa fornece uma maior compreensão do fenômeno estudado, capaz de delimitar um campo de trabalho e definir, de forma mais consistente, o problema de pesquisa (ACEVEDO; NOHARA, 2010).

A pesquisa caracteriza-se como quantitativa e qualitativa, pois os resultados não podem ser mensuráveis. Contudo observou-se o objeto de estudo *in loco* para apresentar os achados (DUARTE, 2012). O estudo possui caráter descritivo, uma vez que os fatos foram observados, registrados, analisados e interpretados sem haver a interferência do pesquisador nos fenômenos estudados (ANDRADE, 2010).

Para o alcance dos objetivos propostos pela pesquisa, realizou-se um estudo de caso em uma empresa de fabricação de roupas íntimas na cidade de Paraíso do Tocantins, no estado de Tocantins. De acordo com Acevedo e Nohara (2010), o estudo de caso permite uma maior eficiência na análise de um objeto ou grupo de objetos, sendo tanto indivíduos quanto organizações.

Constantemente a cidade de Paraíso do Tocantins tem atraído o interesse de empreendedores, principalmente atuantes no setor das microempresas, haja vista a sua localização privilegiada às margens da BR 153 e a 60 quilômetros de Palmas, capital, e de acordo com estimativas do IBGE (2016) possui 49.727 habitantes.

Segundo o IBGE (2014), existem 1.355 empresas atuantes em Paraíso do Tocantins e, de acordo com ACIP (2016), 12 delas são do segmento de fabricação de roupas íntimas.

A empresa estudada é de pequeno porte. Está entre as cinco maiores no segmento de fabricação de moda íntima na cidade de Paraíso do Tocantins, com fabricação de peças para os sexos masculino e feminino, tamanhos adulto e infantil. Possui 14 colaboradores e atua há 14 anos no mercado. Conta com um *mix* de 30 itens, com produção média mensal de cerca de 6 mil peças. Um total de 15% da produção é comercializado no varejo, e 85% é destinado ao abastecimento de uma rede de lojas nos estados de Tocantins, Pará e Maranhão.

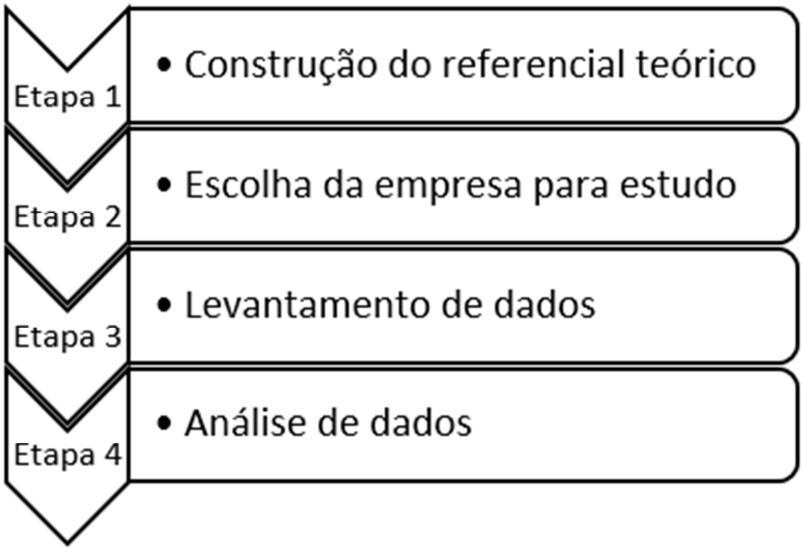
Devido à diversidade de produtos fabricados pela confecção estudada, escolheu-se para a análise um dos produtos mais comercializados: a calcinha de *cotton* adulto tamanho M.

Para a coleta de dados, realizaram-se entrevistas e observação do processo produtivo da empresa. Segundo Marconi e Lakatos (2010), a entrevista é o encontro entre dois indivíduos com propósito de uma das partes adquirir informações a respeito do assunto em questão. Ainda, para a coleta de dados, foram cronometrados os tempos de execução das atividades de fabricação da calcinha de *cotton* adulto tamanho M e realizada a medição de três lotes compostos por 10 unidades cada.

Para a tabulação dos dados e visando auxiliar na definição do caminho crítico, utilizou-se o *software* denominado Gantt Project, um gerenciador de projetos que, através das informações inseridas, determina o caminho crítico.

O método de pesquisa foi estruturado em quatro grandes etapas conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Estruturação do Método de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a Figura 2, a estruturação do método de pesquisa foi dividida nas seguintes etapas:

Etapa 1 – Construção do referencial teórico: Obtenção de informações necessárias para melhor

compreensão e embasamento teórico do tema estudado.

Etapa 2 – Escolha da empresa para o estudo: Selecionada empresa que se destaca por ser uma das maiores no segmento de confecção de roupas íntimas da cidade de Paraíso do Tocantins e por buscar inovações tecnológicas.

Etapa 3 – Levantamento dos dados: Realização de visitas, entrevistas e observações do processo produtivo da empresa, realizando cronometragem dos tempos de duração das atividades do processo produtivo.

Etapa 4 – Análise dos dados: Foram analisados conforme as exigências das técnicas de PERT e CPM. Foram identificadas quais as atividades críticas (gargalos) e qual o caminho crítico que a matéria-prima e insumos percorrem para, dessa forma, determinar onde não pode haver atraso no processo, sob pena de retardar toda a produção.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

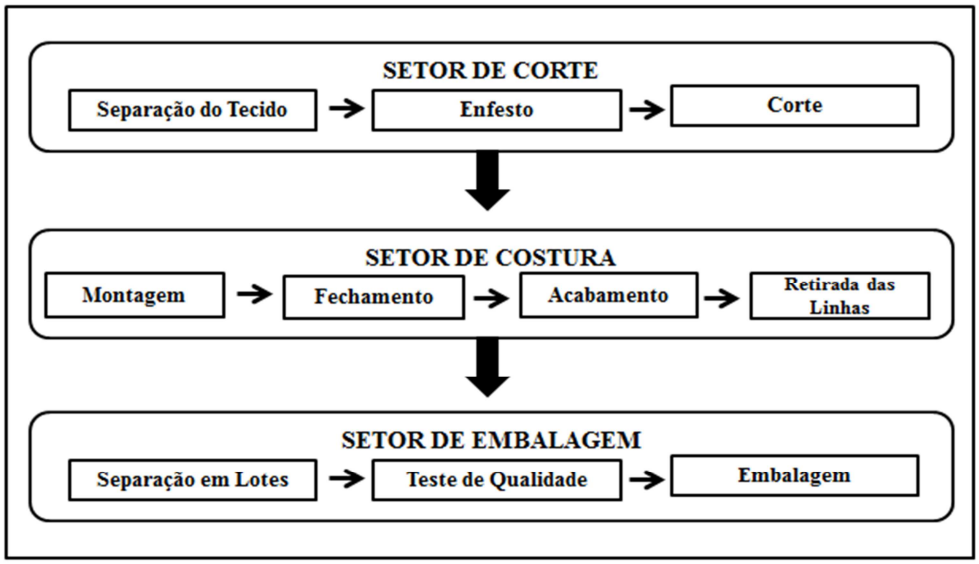
A partir do estudo realizado na empresa, foi possível entender o processo de produção e identificar as etapas de fabricação do produto estudado, realizar a aplicação da rede PERT/CPM e identificar o gargalo de produção da empresa, conforme apresentados nos itens seguintes.

4.1 Caracterização da produção

A empresa estudada possui a linha de produção composta por 22 máquinas e em cada máquina são utilizados dois grupos de fios, um alimentado pela agulha e outro pelo *looper* (sequência). Dessas 22 máquinas, 15 são mais utilizadas, independentemente do modelo do produto fabricado no dia de trabalho. As outras máquinas (5 overloques e 2 galoneiras) ficam ociosas.

A linha de produção está dividida em três processos conforme mostrado na Figura3.

Figura 3 – Caracterização da produção



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

São três os setores da linha de produção:

– **Corte** (separação do tecido, enfesto e corte): etapa da produção na qual

se aplicam os moldes da calcinha de *cotton* adulto em determinada quantidade de tecido realizando-se o enfesto.[1] Com o auxílio de um giz, constrói-se o mapa do corte e com a máquina de corte a disco realiza-se o fracionamento do tecido.

– **Costura** (montagem, fechamento, acabamento e retirada das linhas): nesta linha de produção, realizam-se a união de dois ou mais moldes, a fixação de detalhes como fitas, laços e etiquetas de acordo o modelo pretendido e, para finalizar, retira-se o excesso de linhas.

– **Embalagem** (separação em lotes, teste de qualidade e embalagem): trata-se do setor da produção no qual as peças são separadas por tamanho, cor ou modelo, realizando-se o teste final de qualidade do produto acabado que, estando em conformidade com o exigido, é embalado em lotes-padrão de seis unidades para o atacado ou individualmente para o varejo.

4.2 Atividades de fabricação da calcinha de *cotton* adulto

O processo de fabricação da calcinha de *cotton* adulto foi descrito em dez etapas (atividades) a seguir apresentadas e representado na Figura 4.

1ª etapa – Separação do tecido: separa-se extensão de tecido necessária para fabricar a quantidade de peças de acordo com a demanda diária;

2ª etapa – Enfesto: é realizado o corte do tecido após a marcação com auxílio de moldes;

3ª etapa – Corte do molde da calcinha: o corte é realizado com o auxílio da máquina de disco específica para cortar tecido;

4ª etapa – Separação dos lotes: os lotes são separados por tamanho e cores em feixes de até dez unidades e encaminhados ao setor de costura;

5ª etapa – Fechamento das laterais, costura do fundo e etiqueta: os moldes são costurados um ao outro e as laterais da calcinha são fechadas; em seguida, colocam-se o fundo da calcinha e a etiqueta com nome da marca e o tamanho da peça. Essas atividades ocorrem nas máquinas de overloque (1, 2 ou 3);

6ª etapa – Fixar o elástico: os elásticos são colocados nas pernas e na cintura da calcinha utilizando a máquina (9) de overloque transformada em viés. Essa atividade requer maior atenção e prática, pois, se a costura sair do curso e não unir o tecido ao elástico, esse pode enrugar ou a linha pode partir, o que gera desperdício e atraso no processo;

7ª etapa – Fechamento das costuras: após unir um molde ao outro e fixar os elásticos nas peças, esses ficam com pontas soltas (sem arremate); com a máquina Travetti (17), fecham-se essas pontas de forma que não haja riscos das costuras se desfazerem posteriormente;

8ª etapa – Acabamento final: o excesso de linhas soltas é cortado manualmente com a tesoura de arremate e pregam-se as etiquetas *tags* manualmente ou na máquina etiquetadora;

9ª etapa – Teste de qualidade: em cada etapa de fabricação do produto é realizado um teste de qualidade, porém na nona etapa é realizado um teste mais minucioso das condições finais das peças, esticando-se manualmente a peça e verificando a resistência das costuras e se as especificações exigidas pelo cliente foram atendidas;

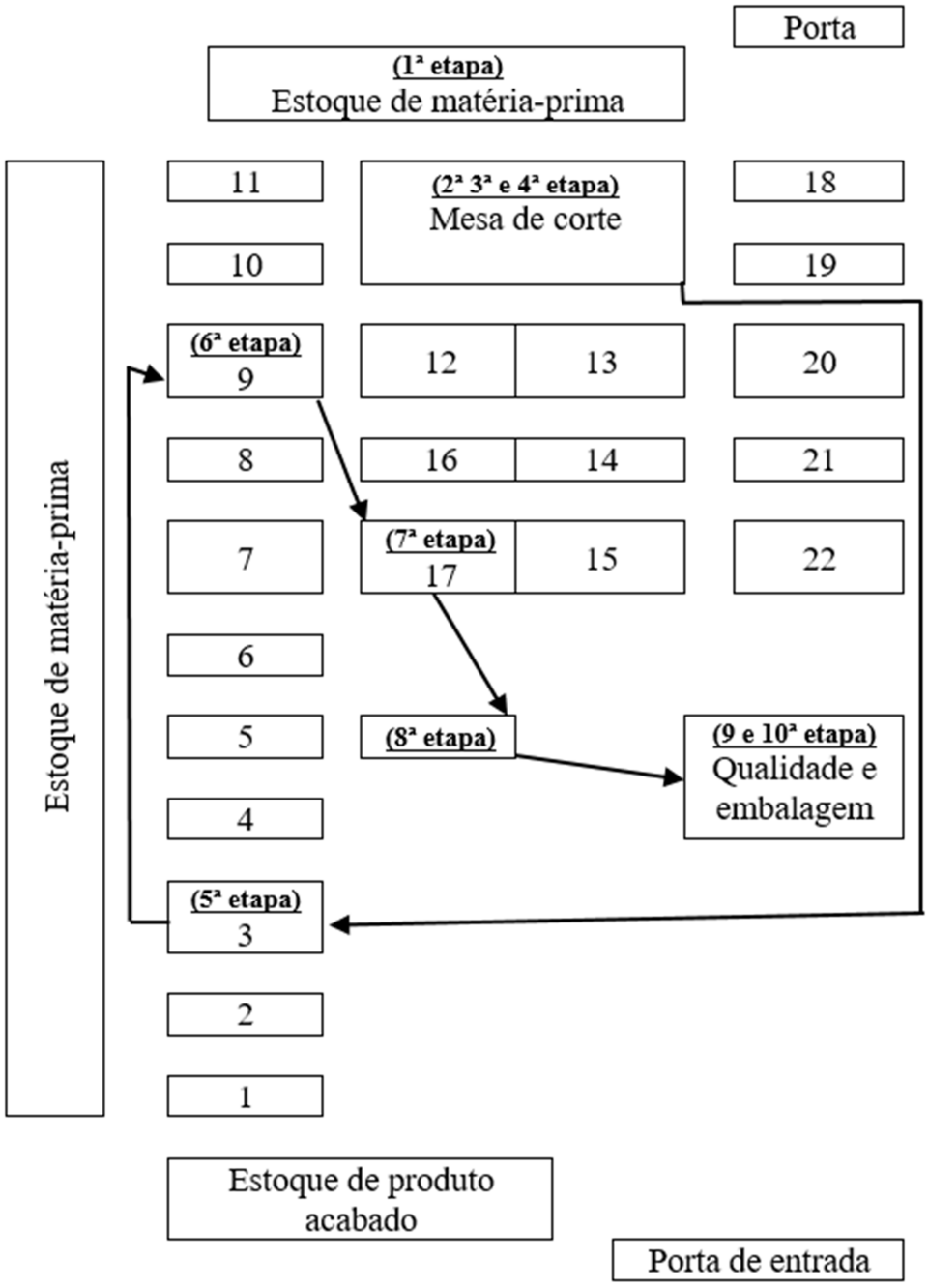
10ª etapa – Embalagem dos lotes: as peças são embaladas manualmente em pacotes de seis unidades cada e colocados

[1] Enfesto é a operação na qual o tecido é disposto em camadas para que seja cortado em pilhas.

em fardos de 10 e 20 pacotes (60 ou 120 unidades), de acordo com a solicitação do cliente.

A Figura 4 apresenta o *layout* do processo e as setas indicam o fluxo de produção. Os números 1, 2, 3, 20, 21, 22 representam a disposição das máquinas overloques; já os números 4, 10 e 11 representam as máquinas de aplicação de elástico aparente em *lingerie*; o 5 representa a máquina overloque *Looper*; por sua vez, 6 e 17 representam as máquinas Travetti; 7, 8 e 18 representam as máquinas Galoneira; 9 e 19, as máquinas overloque Transfer Viés; 12, a máquina de Zig Zag; 16, a máquina Três Pontinhos; 13, a máquina Facilita Simples; 14, a máquina Costura Reta; e 15, por fim, representa a máquina Três Pontos.

Figura 4 – *Layout* das operações de fabricação da calcinha de *cotton* adulto



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

4.3 Elaboração da rede PERT/CPM

Para a elaboração da rede, estabeleceu-se o tempo médio "T" que cada atividade de fabricação da calcinha de *cotton* adulto necessita para ser concluída. Aplicou-se o método PERT. Utilizou-se o algoritmo da duração média de cada atividade dada por:

$$T = \frac{(A + (4xM) + B)}{6}$$

Onde:
A – Duração otimista
M – Duração mais provável
B – Duração pessimista

Observou-se a linha de produção da empresa identificando as atividades envolvidas no processo de fabricação do produto. Após encontrar a duração média de cada atividade, determinou-se o fluxo e foi identificada a precedência necessária, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Montagem da rede PERT/CPM da calcinha de *cotton* adulto.

Atividade	**Descrição da etapa**	**Atividade precedente**	**Duração em segundos**
A	Separar Tecido		125
B	Enfesto	A	210
C	Corte do molde da calcinha	B	240
D	Separação dos lotes	C	120
E	Fechamento das laterais, costura do fundo e etiqueta	D	63,33
F	Fixar elástico	E	56
G	Fechamento das costuras	E	40
H	Acabamento final	G	35,83
I	Teste de qualidade	F e H	50
J	Embalagem dos lotes	I	35

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Os tempos (primeiro tempo de início e último tempo de início; primeiro tempo de término e último tempo de término) foram determinados. Posteriormente foi calculada a folga para cada atividade, sendo identificada folga para a atividade F, conforme Tabela 2. Para encontrar os tempos de início e de término do processo, foi utilizada a técnica CPM.

Tabela 2 – Tempo de folga das atividades de fabricação da calcinha de *cotton* adulto

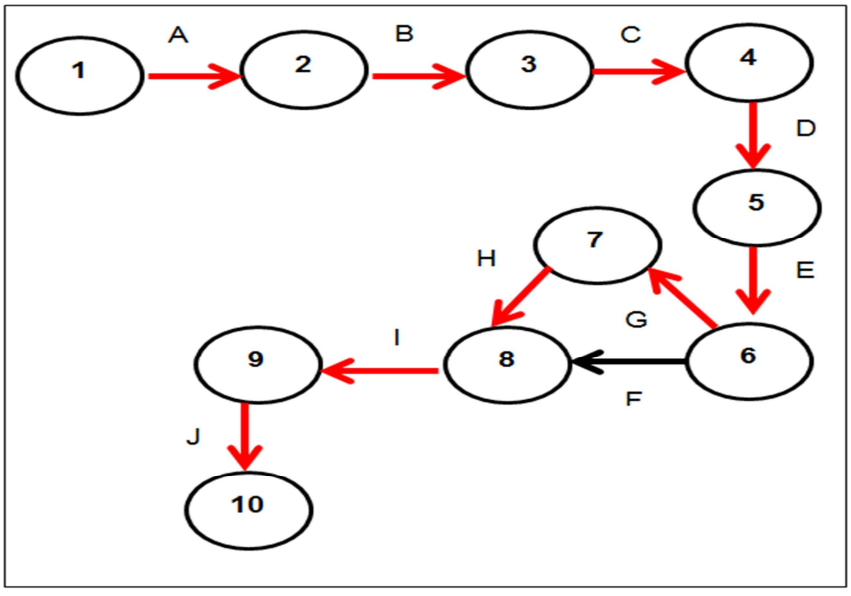
Atividade	**Folga**
A	0
B	0
C	0
D	0
E	0
F	19,83
G	0
H	0
I	0
J	0

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Após a determinação das atividades, incluindo duração, precedência e folga, teve-se a determinação do caminho crítico do processo de fabricação da calcinha de *cotton* adulto.

O caminho crítico é composto pelas atividades A, B, C, D, E, G, H, I e J, e essas possuem folgas iguais a zero. Portanto, não podem sofrer alterações, pois retardariam o processo produtivo e estão identificadas pelas setas de cor vermelha, conforme Figura 5. A atividade F possui folga no processo de fabricação do produto e está representada pela seta de cor preta.

Figura 5 – Caminho crítico: rede PERT/CPM das atividades de fabricação da calcinha de *cotton* adulto



Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Com relação à identificação do gargalo de produção, é possível considerar o *layout*, a ociosidade das máquinas e a forma como as atividades estão distribuídas entre as costureiras como sendo os fatores que restringem a capacidade de produção da fábrica. É definido na literatura que uma máquina ociosa consome pelo menos 50% dos recursos que uma máquina em fase de pico de produção consumiria, além da curva de consumo ser muito próxima da linear (CARDOSO; FERRAZ; DUARTE, 2014).

Conforme informações adquiridas em entrevista com os gestores da confecção, a empresa possui capacidade para aumentar a produção, porém não possui mão de obra suficiente para atender à demanda existente.

A contratação de novas costureiras permitiria a otimização do tempo de realização de cada atividade, pois, conforme observado, quando termina de realizar uma atividade em uma máquina, uma costureira precisa se deslocar até a outra máquina que está em outra extremidade do *layout* da empresa para realizar a próxima atividade.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Este artigo buscou identificar as atividades que compõem o processo produtivo, o tempo de conclusão de cada atividade e a interdependência entre elas, a fim de elaborar o caminho crítico do processo de fabricação do produto especificado e identificar o gargalo de produção da empresa. Para atingir este objetivo, foi realizado estudo de caso em uma confecção de roupas íntimas na cidade de Paraíso do Tocantins, no estado de Tocantins.

Utilizou-se a Técnica de Revisão e Avaliação de Programa – PERT para encontrar o tempo médio de cada atividade que compõe o processo. Após determinar os tempos e estudada a interdependência das atividades, foi construída a rede utilizando-se o Método do Caminho Crítico – CPM para determinar o caminho crítico. Dessa forma, constatou-se que o processo é composto por dez atividades, das quais nove são críticas, portanto 90% do processo.

Com isso, ficou demonstrado que o instrumento escolhido para analisar as interdependências das atividades atendeu o objetivo proposto ao localizar, entre as várias sequências operacionais, aquela que possui duração máxima, além da distribuição de recursos. Dessa forma, definem-se o início e o fim do projeto, a divisão das atividades, a identificação da lógica sequencial delas, a determinação de sua duração, a determinação do caminho crítico e a elaboração do cronograma da programação do projeto.

As atividades A, B, C, D, E, G, H, I e J compõem o caminho crítico, que, segundo as técnicas apresentadas neste estudo, é a sequência de atividades que levam ao projeto o tempo máximo de produção e devem receber maior atenção em ações de planejamento, manutenção de máquinas, treinamento e na sua execução, por representarem parte do processo que oferece risco de atraso na entrega de produto e possíveis implicações financeiras negativas.

O tempo total encontrado para a produção da calcinha de *cotton* adulto tamanho M foi de 919,16 segundos. À primeira vista, é pouco tempo para implicar em frustração de clientes. Quando, porém, se extrapola este tempo para o lote total de produção, ele acarretará atrasos significativos e ampliação de custos.

Quanto ao planejamento do processo, com os resultados do estudo é possível a empresa programar com clareza a disponibilidade financeira para cada etapa, o

que possibilitará uma fluidez maior em seu caixa. Além de prontificar, no momento correto, recursos humanos e materiais, mobilizar fornecedores e transporte, poderá cerificar-se de que a produção está com fluxo conforme programado e trazer segurança para novas vendas.

Quanto à estrutura física da empresa, ao determinar as atividades que compõem o processo de costura do produto, foi identificada a ociosidade de máquinas que consomem 50% dos recursos de uma máquina em atividade. Essas máquinas, associadas aos equipamentos parados, implicam um desperdício por ocupar espaço e por imobilizar recursos financeiros que, se disponíveis, poderiam ser investimentos em novas tecnologias e/ou treinamento de colaboradores.

Destarte, ao relacionar os objetivos de PERT e CPM que podem ser resumidos em mostrar com clareza o caminho produtivo, a sequência e a interdependência das atividades e proporcionar suporte ao planejamento e à tomada de decisão, considera-se válida a sua utilização em pequenas empresas por proporcionar um detalhamento do processo, um acerto maior nas estratégias de produção, um planejamento mais simples e preciso, a construção de base de informações para a tomada de decisão e um acompanhamento da produção, o que normalmente fica no campo de visão de proprietários.

Vale ressaltar que este estudo analisou apenas o caminho crítico com identificação de gargalo, não abordando e detalhando custos e fluxo financeiro, o que amplia possibilidades para novos estudos.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, Claudia Rosa; NOHARA, Jouliana Jordan. *Monografia no curso de Administração*: Guia Completo de Conteúdos e Forma. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ACIP – Associação Comercial e Industrial de Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins, 2016.

ANDRADE, Maria Margarida de. *Introdução à metodologia do trabalho científico*: elaboração de trabalhos na graduação. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ANTUNES, Junico et al. *Sistemas de produção*: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

CARDOSO, L. P.; FERRAZ, L. H. G.; DUARTE, O. C. M. B. Migração de máquinas virtuais para economia de energia. In: *XIX Workshop de Gerência e Operação de Redes e Serviços* – (WGRS'2014), SBRC, 2014.

COX III, James F.; SCHLEIER, John G. *Handbook da teoria das restrições.* Trad. de Beth Honorato. Porto Alegre: Bookman, 2013.

DUARTE, Vânia Maria do Nascimento. 2012. *Pesquisa quantitativa e qualitativa*. Disponível em <http://monografias.brasilescola.com/regras-abnt/pesquisa-quantitativa-qualitativa.htm>. Acesso em: 26 maio 2015.

GILANI, Natasha. *As vantagens de PERT e CPM*. 2012. Disponível em: <http//ehow.com.br/vantagens-pert-cpm-lista_14578/#page=0>. Acesso em: 14 abr. 2016.

IBGE. *Tocantins, Paraíso do Tocantins*: cadastro central de empresas. 2014. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/to/para

iso-do-tocantins/pesquisa/19/29761?detalhes=true>. Acesso em 13 jun. 2017.

IBGE. *Tocantins, Paraíso do Tocantins*. 2016. Disponível em:<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=171610>. Acesso em: 17 abr. 2017.

IBGE. *Tocantins, Paraíso do Tocantins*: estatísticas do cadastro central de empresas. 2014. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=171610&idtema=155&search=tocantins|paraiso-do-tocantins|estatisticas-do-cadastro-central-de-empresas-2014>. Acesso em: 17 abr. 2017.

IEMI. *Em 2017 segmento de lingerie deverá ter incremento na produção*. São Paulo. 2017. Disponível em: <http://www.iemi.com.br/em-2017-o-segmento-de-lingerie-devera-ter-crescimento-na-producao/>. Acesso em: 17 abr. 2016.

IEMI. *Press Release:* Produção nacional de vestuário deve crescer 0,7% neste ano, aponta IEMI. São Paulo, 2015a Disponível em: <http://www.iemi.com.br/press-release-producao-nacional-de-vestuario-deve-crescer-07-neste-ano-aponta-iemi/>. Acesso em: 21 abr. 2015.

IEMI. *Press Release*: Sutiãs em alta ajudam na recuperação do setor de moda íntima, aponta IEMI. São Paulo, 2015b. Disponível em: <http://www.iemi.com.br/press-release-sutias-em-alta-ajudam-na-recuperacao-do-setor-de-moda-intima-aponta-iemi/>. Acesso em: 16 maio 2015.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MAROUELI, Carlos Alberto. *Gargalos de Produção*. [s.l.]: 2008. Disponível em: <http//:www.administradores.com.br/mobile/artigos/economia-e-financas/gargalos-de-producao/21678/>. Acesso em: 12 abr. 2016.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. *Administração da produção.* 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

SANTIAGO, Daniel Reis Maia; GIBIM, Marco Túlio Duarte. *Gestão de projetos em pequenas empresas.* Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/679>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SLACK, Nigel; CAHMBERS, Stuart; JONSTON, Robert. *Administração da produção.* São Paulo: Atlas, 2010.

TUBINO, Dalvio Ferrari. *Planejamento e controle da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WACHA, Alessandra; SILVA, Alexandre Ferreira Veloso de Abreu. *Cronograma*: Um instrumento do planejamento, execução e controle em construção e montagem. 2014. Disponível em: <http://www.ietec.com.br/clipping/2015/boletim/julho/gp-julho-alexandra-wacha.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2017.