

## ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E DO LEAN MANUFACTURING NO CONTEXTO DA PEQUENA EMPRESA

### ANALYSIS OF INTEGRATION OF THEORY OF RESTRICTIONS AND LEAN MANUFACTURING IN SMALL COMPANY CONTEXT

Giancarlo Luis Nonnemacher<sup>1</sup>; Prof. Diego Augusto de Jesus Pacheco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Produção, Faculdades Integradas de Taquara, Taquara, Rio Grande do Sul,  
Brasil

[nonnemacher\\_gian@hotmail.com](mailto:nonnemacher_gian@hotmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário Ritter dos Reis – UniRitter, Porto Alegre,  
Rio Grande do Sul, Brasil.

[diego\\_pacheco@uniritter.edu.br](mailto:diego_pacheco@uniritter.edu.br)

#### Resumo

O objetivo desse estudo foi analisar o impacto do uso integrado dos conceitos da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints – TOC*) e *do Lean Manufacturing* em uma empresa de pequeno porte do segmento têxtil. Inicialmente determinaram-se os níveis de capacidade e eficiência dos recursos. Aplicou-se então o estudo de capacidade e demanda para identificar a restrição e adotaram-se as etapas de melhoria de processos da TOC integradas com as ferramentas *Lean* para elevar a capacidade produtiva. Também se implantou o processo de análise de capacidade e demanda no setor de Programação e Controle da Produção na empresa visando subordinar todos os recursos à capacidade da restrição. Os principais resultados do estudo contribuíram para evidenciar aspectos positivos na integração entre a TOC e *Lean* com subsídio da análise de capacidade e demanda no contexto da pequena empresa, dado que: i) melhorou o processo de programação da produção da empresa através de planos mais condizentes com a real capacidade dos recursos; ii) aumentou o índice de eficiência do gargalo através da minimização das perdas produtivas e; iii) reduziram-se alguns efeitos indesejáveis evidenciados na ARA, como o não cumprimento das metas de faturamento.

**Palavras-chave:** Teoria das Restrições, *Lean*, Pequena empresa, Competitividade.

#### Abstract

The objective of this study was examining the impact of the integrated use of the concepts of the Theory of Constraints (TOC) and Lean on small business in textile industry. Initially was determined the levels of capacity and resource efficiency. After was applied the study of capacity and demand to identify the constraint and adopted the stages of process improvement of TOC integrated with Lean tools to increase the production capacity. Also was implemented the process of capacity and demand in the sector of Planning and Production Control of company, aiming to

subordinate all resources to the capacity constraint. The main results of the study helped to highlight the positive aspects of integration between TOC and Lean with allowance analysis of capacity and demand in the context of small business because: i) improved the production scheduling process through the company plans more consistent with the real resource capacities; ii) increased the efficiency index of the bottleneck by minimizing production losses, and; iii) decreased some undesirable effects evidenced in CRT, as non-compliance with revenue goals.

**Key-words:** Theory of Constraints, Lean, Small company, Competitiveness.

## 1. Introdução

A cadeia têxtil, no Brasil, é a segunda maior empregadora da indústria da transformação, sendo responsável por 16,4% dos empregos e 5,5% do faturamento, segundo pesquisa publicada pela Associação Brasileira das Indústrias Têxteis e de Confecção (ABIT) no ano de 2011. O Brasil tem o quarto maior parque produtivo de confecção do mundo com, aproximadamente, 30 mil empresas, mesmo com as crescentes importações de produtos da China, que registraram um aumento de 455% entre os anos 2005 e 2010, segundo a ABIT (2012). Portanto, o momento atual exige que as empresas busquem alternativas e elejam prioridades para que possam continuar competitivas no mercado.

Dentre tais alternativas, se faz necessário melhorar a competitividade das empresas têxteis brasileiras. Nesse sentido, as prioridades competitivas mais frequentemente empregadas nas organizações segundo Slack (2002) são: custo, qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade, cujos impactos podem atingir dimensões tanto internas quanto externas. Pode-se dizer ainda que, independente do foco competitivo da organização, investir em ferramentas que auxiliem no gerenciamento dos recursos é condição fundamental para o aumento da competitividade num cenário tão conturbado como o de hoje (RODRIGUES; OLIVEIRA, 2006). Logo, a presente pesquisa tem como tema a gestão dos recursos produtivos como fator estratégico para gerar competitividade, sobretudo no contexto das pequenas empresas que carecem de práticas de gestão ocorrendo em perda de competitividade no mercado.

A empresa em discussão nessa pesquisa é uma confecção de pequeno porte, dedicada à fabricação de roupas íntimas femininas, localizada no Vale do Paranhana, no Rio Grande do Sul. Pode-se dizer que o diferencial competitivo da empresa está na flexibilidade e qualidade de seus produtos, razão pela qual o volume de pedidos vem crescendo a cada ano. O aumento do volume de pedidos, associado a prazos de entrega cada vez menores, fez com que a empresa investisse recentemente na aquisição de novos recursos e na ampliação da sua capacidade produtiva. Contudo, a falta de um gerenciamento adequado da capacidade tem gerado uma série de efeitos indesejáveis, tais como: excesso de inventário, falta de capital de giro, não cumprimento das metas de produção e de faturamento. Diante desse contexto, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que teve

por finalidade analisar o impacto no desempenho operacional de uma confecção de pequeno porte ao integrar algumas práticas da TOC e do *Lean*.

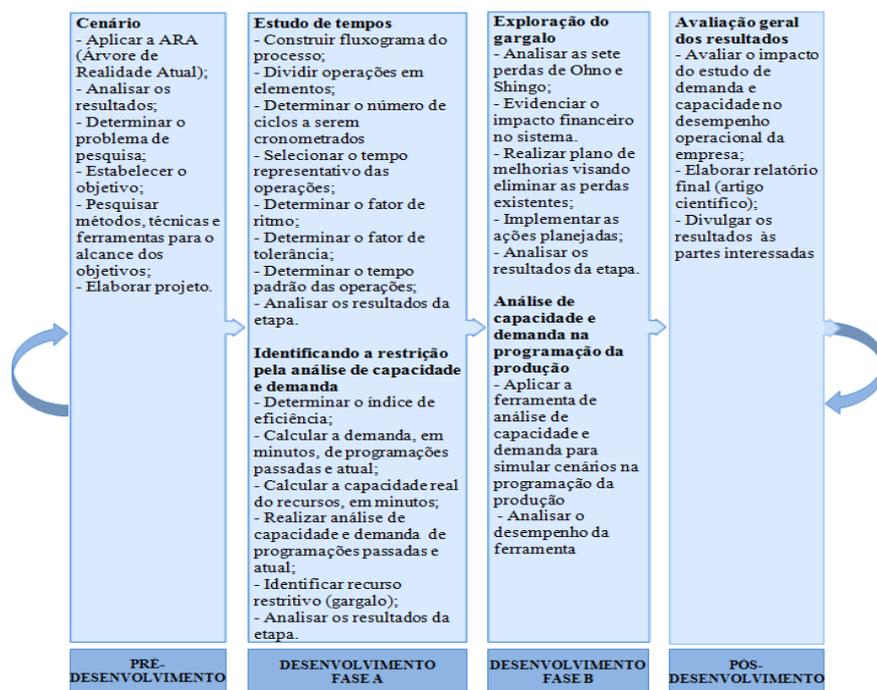
## 2. Método integrando TOC e Lean

A pesquisa adotou coleta de dados e análises quanti e qualitativas, a partir das quais foram estabelecidas hipóteses e relações de causa e efeito (JUNG, 2004). Segundo Martins (2008), as análises qualitativas são caracterizadas pela descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos, enquanto que as análises quantitativas pela mensuração. Quanto aos procedimentos, essa pesquisa é um estudo de caso único, pois o método pretende descrever um sistema de produção em âmbito particular (JUNG, 2004). Para Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica e um método abrangente de planejamento, coleta e análise de dados, cujo objetivo é compreender fenômenos organizacionais, políticos e sociais de forma complexa. As variáveis de interesse foram evidenciadas através do estudo de tempos, que deverá fornecer o tempo padrão das operações, do cálculo do IROG para obtenção do índice de eficiência dos recursos e da análise de capacidade e demanda para identificar a restrição do sistema.

O método de condução da pesquisa foi baseado na aplicação dos primeiros três passos do processo de focalização da TOC conforme apresentado na Figura 1. Os quais consistem, inicialmente, em identificar a restrição, em seguida, explorá-la para obter o máximo aproveitamento da capacidade existente e, por fim, subordinar os recursos que não são gargalos à restrição do sistema. Na etapa de exploração do gargalo, usou-se de sinergicamente a análise das sete perdas do *Lean*. Por fim, foi implantada na área de Planejamento e Controle da Produção da empresa a análise de capacidade e demanda, para que a programação da fábrica considere a capacidade dos gargalos ao longo do tempo, permitindo ajustes e melhorias na programação.

De acordo com esses pressupostos, dividiram-se os procedimentos em quatro fases distintas, que são: pré-desenvolvimento, desenvolvimento fase A, desenvolvimento fase B e pós-desenvolvimento. Na Figura 1 é apresentado o método com as atividades realizadas em cada uma das fases descritas e cabe ressaltar que o detalhamento e implicações de cada etapa e subetapa apresentadas serão detalhadas ao longo da descrição do estudo de caso detalhado na próxima seção.

Figura 1. Método de trabalho da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3. Resultados

A empresa objeto deste trabalho é uma confecção de pequeno porte localizada no Vale do Paranhana/RS. Essa organização é uma terceirizada que presta serviços nas áreas de desenvolvimento e fabricação de roupas íntimas femininas para uma marca exclusiva. O aumento significativo da demanda, verificado nos últimos anos, fez a empresa investir na ampliação de sua capacidade produtiva, no entanto, a falta de um gerenciamento adequado dos recursos tem ocasionado uma série de efeitos indesejáveis que, atualmente, impactam o desempenho operacional da organização.

A análise crítica realizada durante o diagnóstico interno do time multidisciplinar da empresa evidenciou falhas no planejamento da capacidade que resultam em planos de produção que não condizem com a real capacidade produtiva dos recursos. Para isso usou-se como apoio a ferramenta da Árvore da Realidade atual da TOC. Conseqüentemente, as metas de produção e faturamento podem ser difíceis de serem alcançadas e, muitas vezes, até impossíveis no dia a dia da organização. Por outro lado, quando as metas de produção e faturamento não são alcançadas, os investimentos que deveriam retornar sob a forma de ganho não se realizam e o capital de giro fica comprometido.

A primeira etapa do método consistiu na construção de um fluxograma do processo de costura para que se pudesse compreender melhor a respeito das operações, roteiros e recursos necessários. Em seguida, realizou-se uma análise conjunta dos roteiros, das operações e dos recursos, procurando identificar alguma relação entre estes elementos. Os resultados permitiram identificar a existência de duas famílias de produtos, denominadas de conjunto básico e conjunto

com renda. Com o intuito de simplificar a análise de demanda e capacidade, padronizaram-se as operações para cada família de produtos identificada.

A segunda etapa do estudo de tempos consistiu na divisão da operação em elementos. Embora o método proposto por Barnes (1977) determine que o tempo de manuseio do operador deva ser separado do tempo de máquina e que os tempos constantes devam ser separados dos tempos variáveis, neste estudo, de modo particular, cronometrou-se o tempo de ciclo total para cada elemento. O procedimento adotado justifica-se, unicamente, em razão dos objetivos da pesquisa que é a determinação da capacidade aproximada dos recursos.

A terceira etapa do método consistiu no cálculo do número de ciclos necessários para obtenção de uma amostra representativa com nível de confiança de 95% e erro relativo de  $\pm 5\%$ . Inicialmente, criou-se uma pequena amostra contendo 10 tomadas de tempos para cada operação, em seguida, foi calculado se esse número era suficiente para o nível de confiança e erro relativos desejados. Quanto maior a variabilidade das leituras, maior foi o número de ciclos cronometrados.

A quarta etapa baseou-se na seleção dos valores para duração das operações. O critério adotado foi o método modal que, segundo Barnes (1977), consiste em selecionar para a operação o valor que ocorre com maior frequência numa distribuição de dados. No método modal, os valores extremos da distribuição exercem menor influência sobre o tempo selecionado se comparado ao método da média, por exemplo. A quinta etapa consistiu na aplicação do fator de ritmo ao tempo selecionado. A avaliação de ritmo foi realizada por um cronoanalista, comparando o ritmo do operador com o seu próprio conceito de ritmo normal. Utilizou-se o sistema de porcentagem no qual o nível normal de execução correspondeu a 100%. O objetivo desta etapa foi determinar o tempo necessário ou tempo normal, para que um operador qualificado executasse uma operação, trabalhando em um ritmo normal, segundo Barnes (1977).

A sexta etapa consistiu em determinar um fator de tolerância a ser aplicado ao tempo normal, considerando que os operadores queiram atender às necessidades pessoais ou aliviar os efeitos da fadiga no trabalho. As tolerâncias consideradas nesse estudo basearam-se nos valores utilizados pela indústria calçadista da região, visto que as condições ambientais dos locais de trabalho são similares. Portanto, para tolerância pessoal concedeu-se 8% do dia de trabalho, que representa, aproximadamente, 42 minutos, dividido entre café da manhã, lanche, banheiro e beber água. Já para o alívio da fadiga, proveniente não somente do trabalho realizado, mas também das condições ambientais do local de trabalho, concedeu-se 10%, que para Martins e Laugeni (2005) são suficientes para trabalhos leves em boas condições. Após a definição das tolerâncias, calculou-se o fator representativo de tolerâncias. A última etapa do estudo de tempos consistiu em calcular o tempo padrão a partir do tempo normal e o fator de tolerância. Por fim, os tempos e demais

informações relativas à operação foram registradas em uma folha de observações e serviram de referência para a próxima fase do estudo que consistiu na análise de capacidade e demanda dos recursos produtivos.

### 3.1 Identificando a restrição pela análise de capacidade x demanda

O estudo foi realizado no setor de costura e montagem de conjuntos que representa a principal linha da empresa. Foi utilizado o modelo apresentado por Antunes et al. (2008) com referência. A primeira etapa do método baseou-se no cálculo do índice de rendimento operacional global (IROG) a partir do tempo padrão das operações e também da demanda diária dos recursos. Cronometraram-se as produções em cada recurso por um período de duas horas durante três dias consecutivos, intercalando os horários entre as medições. A partir do valor médio encontrado nas observações, estimou-se a produção máxima diária de cada recurso. Finalmente, com o tempo padrão e com a produção diária calculou-se a eficiência de cada recurso.

A etapa seguinte consistiu em calcular a demanda de cada recurso com informações provenientes dos pedidos do cliente e do tempo padrão das operações. O estudo de capacidade e demanda utilizou informações de pedidos já produzidos e por produzir para que, durante as análises, fosse possível identificar algum tipo de padrão ou tendência. As análises de períodos passados referiram-se aos meses de janeiro a abril, enquanto que os pedidos atuais, a maio de 2012. O valor da demanda mensal por equipamento foi obtido a partir do produto entre a quantidade programada e o tempo padrão da operação.

A terceira etapa foi determinar a capacidade real a partir da capacidade nominal e do IROG. A capacidade nominal foi calculada pelo número de máquinas disponíveis e também pelo número de dias úteis (em minutos) previstos em cada mês. A capacidade real foi determinada pelo produto entre a capacidade nominal e o índice de eficiência. As Tabelas 1, 2, 3 apresentam as análises de capacidade e demanda realizadas para os meses de janeiro, fevereiro, março de 2012, respectivamente.

Tabela 1. Análise capacidade x demanda do mês de janeiro de 2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev/Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev/Emb.
Conj. Sabrina	4.500	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	2.700	2.340	0	5.040	990	2.340	3.285	6.750
Conj. Nadador	6.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	0	6.720	1.320	3.120	4.380	9.000
Conj. Amore	500	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	300	260	0	560	110	260	365	750
Conj. Creuza	2.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	1.200	1.040	720	2.120	440	1.040	1.460	3.000
Conj. Fantástica	4.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	2.400	2.080	0	4.480	880	2.080	2.920	6.000
Conj. Joana	550	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	330	286	0	616	121	286	402	825
Conj. Richelly	6.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	0	6.720	1.320	3.120	4.380	9.000
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										14.130	12.246	720	26.256	5.181	12.246	17.192	35.325
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,10%	55,32%	74,59%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										23.232	23.232	11.616	34.848	11.616	11.616	23.232	34.848
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										15.023	14.693	6.743	23.491	5.822	9.886	12.852	25.993
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										893	2.447	6.023	-2.765	641	-2.360	-4.340	<b>-9.332</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Análise capacidade x demanda do mês de fevereiro de 2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.
Conj. Sabrina	4.500	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	2.700	2.340	0	5.040	990	2.340	3.285	6.750
Conj. Amore	450	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	270	234	0	504	99	234	329	675
Conj. Joana	780	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	468	406	0	874	172	406	569	1.170
Conj. Keurim	260	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	156	135	0	291	57	135	190	390
Conj. Nadador	6.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	0	6.720	1.320	3.120	4.380	9.000
Conj. Miss	4.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	2.400	2.080	1.440	4.240	880	2.080	2.920	6.000
Conj. Richelly	6.000	0,60	0,52	0,00	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	0	6.720	1.320	3.120	4.380	9.000
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										13.194	11.435	1.440	24.389	4.838	11.435	16.053	32.985
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,11%	55,32%	74,59%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										22.176	22.176	11.088	33.264	11.088	11.088	22.176	33.264
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										14.340	14.025	6.437	22.423	5.557	9.437	12.268	24.812
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										1.146	2.590	4.997	-1.966	719	-1.998	-3.785	<b>-8.173</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Análise capacidade x demanda do mês de março de 2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.
Conj. Joana	3.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	1.800	1.560	0	3.360	660	1.560	2.190	4.500
Conj. Miss	8.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	4.800	4.160	2.880	8.480	1.760	4.160	5.840	12.000
Conj. Xanadu	4.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	2.400	2.080	1.440	4.240	880	2.080	2.920	6.000
Básico Times	6.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	0	6.720	1.320	3.120	4.380	9.000
Conj. Stefani	1.500	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	900	780	540	1.590	330	780	1.095	2.250
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										13.500	11.700	4.860	24.390	4.950	11.700	16.425	33.750
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,11%	55,32%	74,59%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										23.232	23.232	11.616	34.848	11.616	11.616	23.232	34.848
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										15.023	14.693	6.743	23.491	5.822	9.886	12.852	25.993
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										1.523	2.993	1.883	-899	872	-1.814	-3.573	<b>-7.757</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

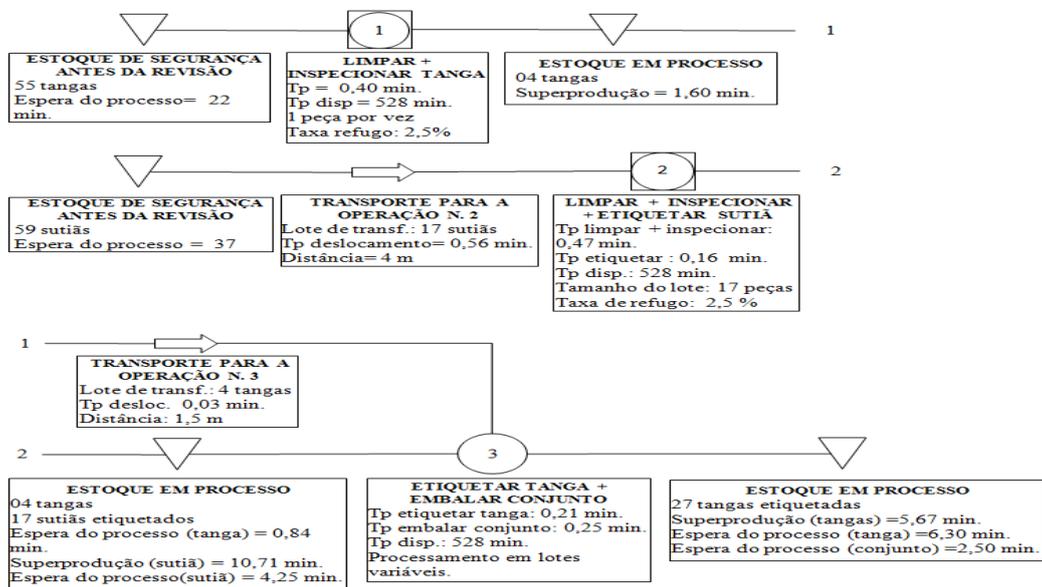
Através da análise de capacidade e demanda, foi possível identificar três cenários distintos. O primeiro representa uma situação em que a capacidade produtiva do recurso é superior a demanda e tem-se um recurso com capacidade produtiva. Um segundo cenário ocorre quando a relação entre capacidade e demanda está em equilíbrio ou próximo disto, portanto, neste caso, os recursos são considerados como de capacidade restrita (CCRs), pois qualquer imprevisto poderá acarretar na falta de capacidade. Por fim, há a situação em que a demanda é maior que a capacidade, caso típico onde são encontrados os denominados gargalos de produção (ANTUNES et al., 2008).

Nas Tabelas 1, 2, 3 verifica-se que o processo de revisão/embalagem apresenta o maior déficit de capacidade entre todos os recursos e em todos os meses estudados, evidenciando claramente que este recurso é o gargalo do sistema. Portanto, esta análise é uma evidência de que a empresa não tem um planejamento adequado da capacidade, confirmando os resultados da ARA. A análise de demanda e capacidade mostrou ser uma ferramenta relevante no contexto da empresa. Além disso, na visão de Antunes et al. (2008), sua lógica, ao considerar a eficiência dos recursos, se diferencia dos métodos tradicionais que, por exemplo, consideram o gargalo como o recurso com maior quantidade de estoque posicionado antes desse recurso ou ainda o mais lento.

### 3.2 Exploração do gargalo

Esta etapa teve por objetivo explorar a capacidade oculta existente na restrição que, frequentemente, era desperdiçada por causa da utilização de regras de gestão inadequadas praticadas pela empresa. Para aumentar a capacidade efetivamente útil e minimizar os tempos mortos do gargalo, foi realizada a análise das sete perdas do *Lean* na restrição do processo. Segundo Pacheco (2010), a combinação da aplicação das sete perdas na operação pode gerar ganhos de capacidade no gargalo em sistemas produtivos industriais. A análise das sete perdas iniciou a partir do mapeamento do processo, através do qual foram identificadas as operações, as características do fluxo e as perdas atuais. A Figura 2 apresenta o mapeamento e o resultado da análise das sete perdas realizada para o processo de revisão e embalagem que, atualmente, configura-se como o gargalo da empresa.

Figura 2. Mapeamento do processo gargalo antes da exploração.



Legenda:

▽ = Estoques    ◻ = Limpeza e inspeção    ⇨ = Transporte    ○ = Operação

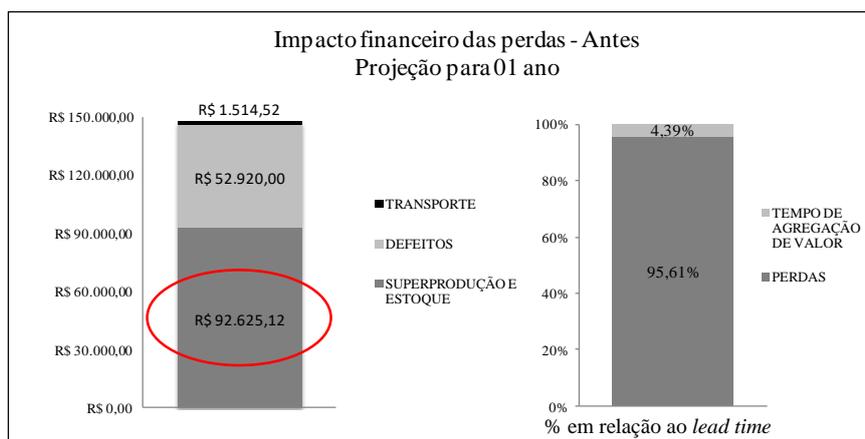
Fonte: Elaborado pelo autor.

O processo inicia-se nas operações 1 e 2. A primeira trata da limpeza e inspeção da tanga; a segunda, da limpeza e inspeção do sutiã. A operação de limpeza consiste em cortar as aparas de linha e elástico, geradas no processo de costura, o processo de revisão é uma inspeção visual da peça com o objetivo de detectar problemas de qualidade. As duas operações não estão sincronizadas entre si e ocorrem de forma paralela, tendo um operador designado para cada uma das funções. A falta de sincronismo na produção de tangas e sutiãs resultou na formação de estoques intermediários e em perdas por superprodução ao longo do fluxo.

Também foram identificadas perdas por transporte e perdas pela produção de produtos defeituosos, cuja taxa de refugo ficou em 2,5% em relação ao total produzido. A operação 3, que é realizada por um terceiro operador, consiste em colocar a etiqueta do cliente nas peças e embalar o produto final. Nesta operação também foram identificadas perdas resultantes do processamento em lotes e perdas por superprodução.

A Figura 3 apresenta os resultados financeiros da análise das sete perdas, obtidos pela multiplicação do custo hora da operação pelo tempo gasto em cada perda, evidenciando como críticas em primeiro lugar as perdas por estoque e superprodução, e em seguida, as perdas por produtos defeituosos e, por fim, as perdas por transporte. As perdas por processamento em si, movimentação e espera do operador não foram investigadas nesse estudo porque, segundo Shingo (1996) e Antunes et al. (2008), exigiriam a adoção de princípios e técnicas mais aprofundadas do ponto de vista da engenharia e da análise de valor para o caso das perdas por processamento em si, assim como, de uma análise criteriosa do movimento humano e da postura no trabalho em se tratando das perdas por movimentação. As perdas por espera do operador foram pouco evidentes durante o período de análise, por isso não foram consideradas nesse estudo.

Figura 3. Impacto financeiro das perdas no gargalo antes da exploração.



Fonte:Elaborado pelo autor.

A Figura 3 também é apresenta o resultado de uma segunda análise que relaciona o percentual de tempo de agregação de valor em relação ao tempo de produção do gargalo. Observa-se que um percentual pequeno do tempo de atravessamento agrega valor ao produto, o restante é tempo morto desperdiçado em estoques, superprodução e defeitos. O *lead time* médio de um conjunto, medido desde a entrada até a saída do processo gargalo, foi de 33 minutos para um dia normal de produção.

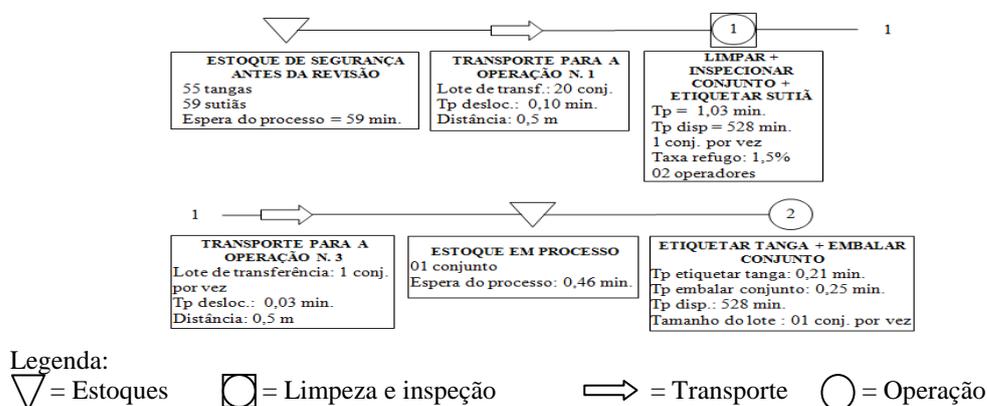
A análise das sete perdas auxiliou na tarefa de identificação dos tempos improdutivos do gargalo. Todavia, o objetivo principal foi transformar o tempo desperdiçado em capacidade, e para isso, realizaram-se algumas ações. A primeira delas consistiu na implantação de um fluxo unitário

de peças. Ou seja, todos operadores passaram a processar um único conjunto por vez. Segundo Cox e Spencer (2002), pequenos lotes de processamento criam fluxos contínuos de produtos através da fábrica e reduzem significativamente os tempos de atravessamento.

As perdas por estoque foram minimizadas, restando apenas um pequeno estoque de tempo em frente ao gargalo para garantir o máximo fluxo neste recurso. Observou-se que na situação anterior, os operadores trabalhavam de forma independente, sendo que cada um era responsável por uma operação específica, porém, agora cada um é responsável por entregar um conjunto completo para a operação de embalagem. A implantação do fluxo unitário contribuiu para nivelar a carga de trabalho entre os operadores, eliminar estoques e perdas por superprodução. Além disso, foi feita uma pequena alteração no posicionamento dos operadores em torno da mesa de revisão, sem a necessidade de mudar o leiaute físico, contribuindo para a redução das perdas por transporte. A operação de etiquetar e embalar também passou a processar um conjunto por vez da mesma forma que as operações precedentes, o que tornou o fluxo sincronizado. Por uma questão de nivelamento da carga e para evitar a formação de estoque em frente à embalagem, a operação de etiquetar sutia foi transferida para os revisores.

Para reduzir a taxa de processamento de produtos defeituosos no gargalo, foi implantado o sistema de autoinspeção de qualidade nos recursos anteriores ao gargalo, os quais possuem sobra de capacidade. Segundo Antunes et al. (2008), o sistema de autoinspeção consiste em inspecionar o produto logo após a sua produção pelo operador ou por algum tipo de dispositivo antes que ele seja transportado para operação seguinte. Os operadores envolvidos neste processo foram devidamente treinados e orientados para seguirem os padrões de qualidade exigidos pelo cliente. A meta de processamento de refugo no gargalo passou a ser de 1,5% a partir do mês junho de 2012. A Figura 4 apresenta o processo de revisão e embalagem após a exploração do gargalo. Após a implantação das melhorias foi realizado uma segunda análise das perdas, desta vez comparando o antes e o depois das ações implementadas.

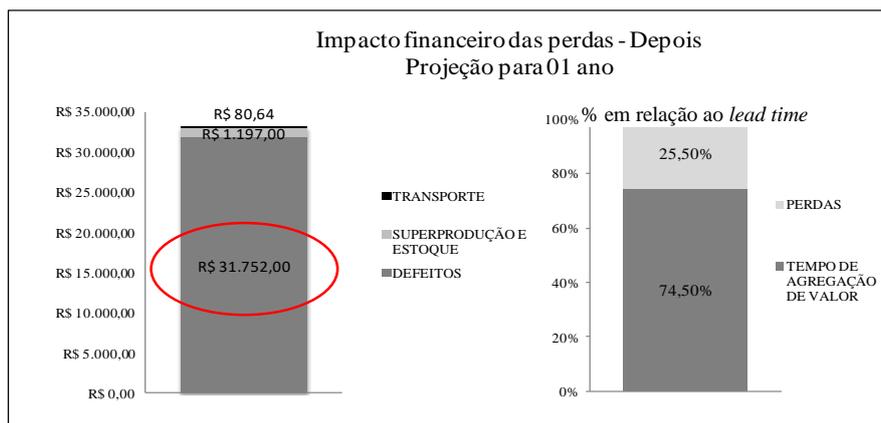
Figura 4. Mapeamento do processo gargalo após a exploração



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado apresentou algumas reduções significativas nas perdas estudadas. As perdas por superprodução e estoques tiveram uma redução de 98,7%, enquanto que as perdas por defeito tiveram uma redução estimada de 40% e as perdas por transporte de 94,8%. A Figura 5 apresenta os resultados financeiros da análise das sete perdas no gargalo do sistema, após a implantação das melhorias. As perdas por defeito são as perdas mais significativas, seguidas das perdas por superprodução e estoque e, por fim, com menor valor monetário, as perdas por transporte.

Figura 5. Impacto financeiro das perdas no gargalo após a exploração.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 6 também apresenta o resultado da análise que relaciona o percentual de tempo de agregação de valor em relação ao *lead time*, após a exploração do gargalo. O percentual do tempo de atravessamento que agrega valor ao produto aumentou de 4,39 para 74,50%, o que permite concluir que houve um aumento na velocidade de processamento no gargalo e que os tempos mortos foram convertidos em capacidade real. O *lead time* médio do processo gargalo passou de 33 minutos para 2 minutos após a implantação das melhorias.

### 3.3 Implantação da análise de capacidade e demanda na programação da produção

Esta seção descreve como foi aplicada a análise de capacidade e demanda no dia a dia da programação com o objetivo de alocar a demanda de acordo com a capacidade e elaborar planos de produção mais condizentes à capacidade produtiva determinada pelos gargalos. A Tabela 6 mostra a análise de capacidade e demanda realizada no mês de junho de 2012. Novamente, a capacidade da empresa ficou restrita ao processo de revisão e embalagem. Para uma programação mensal de 16.500 conjuntos, foram demandados 24.750 minutos do gargalo, cuja capacidade real foi estimada em 24.812. Observa-se que a diferença nominal do gargalo foi de apenas 62 minutos, isso porque, desta vez, a demanda foi alocada de acordo a capacidade real disponível do gargalo. Através dessa análise, conclui-se que a programação do mês de junho/2012 estava definida e que demanda e capacidade estavam teoricamente condizentes.

Tabela 6. Análise de capacidade e demanda – planejamento da produção de junho/2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev/Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev/Emb.
Conj. Italiana	6.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	2.160	6.360	1.320	3.120	4.380	9.000
Conj. Renata	6.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	2.160	6.360	1.320	3.120	4.380	9.000
Conj. Ariel	1.500	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	900	780	540	1.590	330	780	1.095	2.250
Conj. Carinhoso	3.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	1.800	1.560	0	3.360	660	1.560	2.190	4.500
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										9.900	8.580	4.860	17.670	3.630	8.580	12.045	24.750
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,11%	55,32%	74,59%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										22.176	22.176	11.088	33.264	11.088	11.088	22.176	33.264
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										14.340	14.025	6.437	20.369	5.557	9.437	12.268	24.812
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										4.440	5.445	1.577	2.699	1.927	857	223	62

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 7 apresenta os resultados do primeiro mês de aplicação da análise de capacidade e demanda na programação. A produção realizada no mês de junho de 2012 foi de 16.793 conjuntos, que representa 1,77% a mais de peças produzidas em relação ao planejado que foi de 16.500 peças. O IROG do gargalo passou de 74,59 para 75,73% representando um aumento de 1,53% em relação ao planejado.

Tabela 7. Análise de capacidade e demanda – produção realizada em junho/2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev/Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev/Emb.
Conj. Italiana	6.089	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.653	3.166	2.192	6.454	1.340	3.166	4.445	9.134
Conj. Renata	6.452	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.871	3.355	2.323	6.839	1.419	3.355	4.710	9.678
Conj. Ariel	1.226	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	736	638	441	1.300	270	638	895	1.839
Conj. Carinhoso	3.026	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	1.816	1.574	0	3.389	666	1.574	2.209	4.539
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										10.076	8.732	4.956	17.982	3.694	8.732	12.259	25.190
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,11%	55,32%	75,73%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										22.176	22.176	11.088	33.264	11.088	11.088	22.176	33.264
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										14.340	14.025	6.437	20.369	5.557	9.437	12.268	25.189
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										4.264	5.293	1.481	2.387	1.863	705	9	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 8 mostra a análise de capacidade e demanda para o mês de Julho de 2012. Para uma programação mensal de 16.850 conjuntos, foram demandados 12.301 minutos no recurso travete, cuja capacidade real foi estimada em 12.852 minutos. Observa-se neste caso que o gargalo não está no processo de revisão e embalagem, mas sim na máquina de travete por ter a menor diferença nominal de tempo. A partir desta análise, evidenciou-se o deslocamento da posição do gargalo. Para Cox e Spencer (2002), uma restrição flutuante é definida como uma situação em que a restrição se move de um departamento para outro. Na maioria das vezes, as restrições flutuantes são causadas por políticas de gerenciamento inadequadas, como por exemplo, o uso de grandes lotes de produção, a operação do equipamento para obter a máxima utilização dos recursos, regras de sequenciamento, etc. O gargalo do sistema é historicamente o processo de revisão e embalagem, mas neste caso, o programador considerou a capacidade real da restrição como flutuante.

Tabela 8. Análise de capacidade e demanda – planejamento da produção de julho/2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.
Conj. Sabrina	4.000	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	2.400	2.080	0	4.480	880	2.080	2.920	6.000
Conj. Amore	850	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	510	442	0	952	187	442	621	1.275
Conj. Italiana	6.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	2.160	6.360	1.320	3.120	4.380	9.000
Conj. Renata	6.000	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.600	3.120	2.160	6.360	1.320	3.120	4.380	9.000
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										10.110	8.762	4.320	18.152	3.707	8.762	12.301	25.275
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,11%	55,32%	75,73%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										23.232	23.232	11.616	34.848	11.616	11.616	23.232	34.848
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										15.023	14.693	6.743	23.491	5.822	9.886	12.852	26.390
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										4.913	5.931	2.423	5.339	2.115	1.124	552	1.115

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 9 apresenta os resultados da aplicação da ferramenta na programação da produção do mês de julho de 2012. A produção realizada foi de 17.663 unidades de conjunto, que representa 4,83% a mais de peças produzidas em relação ao planejado que era de 16.850 peças. O IROG do processo de revisão aumentou de 75,73 para 76,03%. Portanto, foi o segundo mês consecutivo em que observou-se um aumento do IROG do gargalo, que representa para o sistema um ganho 1,44% em eficiência.

Tabela 9. Análise de capacidade e demanda – produção realizada em julho/2012

Produtos	Prog. Mensal (unid.)	Tempo de ciclo por equipamento (minutos)								Demanda mensal por equipamento (minutos)							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
		BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.	BT - 2 agulhas	Zig Zag	Reta	Over-lock	Galoneira	Inter-lock	Travete	Rev./Emb.
Conj. Sabrina	4.021	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	2.413	2.091	0	4.504	885	2.091	2.935	6.032
Conj. Amore	866	0,60	0,52	0	1,12	0,22	0,52	0,73	1,50	520	450	0	970	191	450	632	1.299
Conj. Italiana	6.570	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.942	3.416	2.365	6.964	1.445	3.416	4.796	9.855
Conj. Renata	6.206	0,60	0,52	0,36	1,06	0,22	0,52	0,73	1,50	3.724	3.227	2.234	6.578	1.365	3.227	4.530	9.309
<b>Demanda total por equipamento (minutos)</b>										10.598	9.185	4.599	19.016	3.886	9.185	12.894	26.495
<b>Índice de eficiência operacional (IROG)</b>										64,66%	63,24%	58,05%	67,41%	50,12%	85,11%	55,32%	76,03%
<b>Capacidade nominal do equipamento (minutos)</b>										23.232	23.232	11.616	34.848	11.616	11.616	23.232	34.848
<b>Capacidade real do equipamento (minutos)</b>										15.023	14.693	6.743	23.491	5.822	9.886	12.852	26.495
<b>Diferença nominal em unidade de tempo (minutos)</b>										4.425	5.508	2.144	4.475	1.936	701	-42	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que a análise de capacidade e demanda na programação mostrou ser uma importante ferramenta de gerenciamento da capacidade produtiva dos recursos ao permitir simulações diversas, tais como: impacto no aumento do IROG, aumento da capacidade nominal ou, ainda, redução da demanda pela diminuição da quantidade das peças que passam pela restrição e/ou pela redução do tempo de processamento. A análise de capacidade e demanda contribuiu na elaboração de planos mais aderentes com a capacidade da fábrica, permitindo que ao final de cada mês fossem atingidas as metas de produção e faturamento sem precisar fazer uso de horas extras ou contratar capacidade adicional.

A aprendizagem durante a implantação também ampliou o conhecimento a respeito da capacidade real da fábrica, auxiliou os gestores da pequena empresa a tomar decisões mais

acertadas com relação aos investimentos de matéria prima e equipamentos. Um exemplo disso, são as compras de matéria-prima que, atualmente, ocorrem baseadas em cálculos de previsão de demanda (estoque mínimo) e que consideram a capacidade do gargalo obtida na planilha.

As tabelas de análise de capacidade e demandas foram desenvolvidas a partir do uso de planilhas eletrônicas por ser uma ferramenta já conhecida na empresa, flexível e de baixo custo. A limitação das planilhas, no entanto, está na atualização de seus dados que, atualmente, ocorre de forma manual, pois não há interface com um sistema de administração da produção como um ERP (*Enterprise Resource Planning*), por exemplo. Portanto, o acompanhamento da situação dos pedidos, assim como do índice de eficiência das operações (IROG) nem sempre é possível ser feito com a máxima precisão.

Durante o período de estudo, a análise de capacidade e demanda conservou o IROG calculado, inicialmente, para as operações que não são gargalos, por não serem críticas no processo e pela dificuldade de obtenção dos dados. Em síntese, pode-se dizer que a análise de capacidade e demanda é uma ferramenta possível de ser aplicada em qualquer tipo de organização de manufatura independentemente do nível tecnológico e mostrou ser relevante, sobretudo no contexto de uma pequena empresa, as quais via de regra, carecem das boas práticas de gestão. Tal ferramenta tem orientação especial para determinação de gargalos reais e potenciais de qualquer sistema produtivo, além de permitir a simulação de diferentes cenários na programação da produção.

## **5. Considerações finais**

Este estudo apresentou os resultados de uma intervenção na gestão da produção através de uma pesquisa quanti e qualitativa que analisou o impacto do uso integrado dos conceitos da Teoria das Restrições e do *Lean* no desempenho operacional em uma confecção de pequeno porte. O resultado da análise comparativa de demanda e capacidade apontou o processo de revisão e embalagem como sendo o gargalo da linha de produção de conjuntos por apresentar o maior déficit de capacidade para o período estudado. Posteriormente, uma análise criteriosa das principais perdas à luz da produção enxuta permitiu explorar a capacidade oculta existente na restrição. O resultado da análise evidenciou as perdas por superprodução e estoque como sendo as mais críticas para o desempenho do processo. Portanto, foi através da implantação do fluxo unitário de peças no gargalo que se conseguiu estabelecer um fluxo contínuo com menor tempo de atravessamento e, conseqüentemente, melhor eficiência nesse recurso.

Como uma análise final, pode-se afirmar que o estudo de capacidade e demanda contribuiu para melhorar a programação da pequena empresa através de planos de produção mais condizentes com a real capacidade dos recursos, para aumentar o índice de eficiência com ações focadas no

gargalo e para redução sistêmica de uma série de efeitos indesejáveis evidenciados na ARA. Como proposta de extensão desse estudo inicial, no âmbito das pequenas empresas, sugere-se: (i) aprofundar a análise das sete perdas no gargalo, incluindo as perdas por movimento e as perdas no processamento em si, as quais requerem o estabelecimento de padrões operacionais e a análise de valor, respectivamente; (ii) elevar a capacidade da restrição, ou seja, aumentar a capacidade para um nível mais alto; (iii) sincronizar as atividades da linha através do uso da metodologia tambor-pulmão-corda (TOC), a qual tem uma vocação especial para a redução do *lead time* e estoques (CORRÊA, GIANESI; CAON, 2009). Dado que as conclusões obtidas no presente estudo não podem ser generalizadas em virtude do estudo de caso único, é indicado que os procedimentos adotados nessa pesquisa sejam aplicados em outras empresas de pequeno porte nacionais para validar, refutar e melhorar os esforços de pesquisa inicialmente propostos nesse artigo.

## Referências

- ANTUNES, J. *et al.* **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. ABIT. Perfil do Setor. Disponível em: <[http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?id\\_menu=1&id\\_sub=4&idioma=PT](http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?id_menu=1&id_sub=4&idioma=PT)>. Acesso em: 01/2012
- BARNES, R. M. **Estudos de movimentos e tempos: projetos e medida do trabalho.** São Paulo: Blucher, 1977.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e controle da produção.** 5.ed. São Paulo: Atlas: 2009.
- COX, J.; SPENCER, M. S. **Manual da teoria das restrições.** Porto Alegre: Bookman, 2002.
- JUNG, C. F. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos.** Rio de Janeiro: Axel Books, 2004.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- PACHECO, D. A. J. A proposição de estratégias para elevar a capacidade das restrições em sistemas produtivos: a aplicação integrada da teoria das restrições e do *lean manufacturing*. XXX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos, 2010.
- RODRIGUES, P. C. C., OLIVEIRA, O. J. **Modelos de gestão de estoques intermediários no processo de fabricação.** XIII SIMPEP, Bauru São Paulo, 2006.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

Recebido: 07/06/2015

Aprovado: 16/09/2017