

APLICAÇÃO DO THROUGHPUT DIAGRAM: UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DAS DECISÕES DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Me. Tatiana Kimura Kodama – Universidade Federal de São Carlos

kimura.tatiana@gmail.com

Me. Fernando José Gómez Paredes - Universidade Federal de São Carlos

fgomez@uca.edu.sv

Prof. Dr. Moacir Godinho Filho - Universidade Federal de São Carlos

moacir@dep.ufscar.br

Resumo

O objetivo principal desse artigo é apresentar os conceitos do throughput diagram (TD), bem como a aplicação dessa ferramenta pode contribuir para analisar como as decisões de Planejamento e Controle da Produção (PCP) influenciam na confiabilidade de entrega. Para a aplicação do TD foi realizado um estudo de caso único em uma empresa do setor de manutenção aeronáutica. A aplicação do TD permitiu uma visão agregada do comportamento das ordens ao longo do tempo o que facilitou visualizar como as decisões de PCP afetam o desempenho. O estudo de caso permitiu identificar através do TD, que a decisão que mais influenciou o comportamento das ordens foi o processo de liberação que impactou na redução do lead time e do atraso acumulado das ordens. As pesquisas futuras devem incluir um período maior de análises para verificar como essas decisões influenciam as datas de entrega ao longo do tempo.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção; Throughput diagram; Confiabilidade de entrega.

Abstract

The main objective of this paper is to present the concepts of the throughput diagram (TD), as well as the application of this tool can contribute to analyze how the Production Planning and Control (PCP) decisions influence the delivery reliability. For the application of TD, a single case study was carried out in an aircraft maintenance company. The application of TD allowed an aggregate view of order behavior over time, which made it easy to see how CFP decisions affect performance. The case study made it possible to identify through TD that the decision that most influenced the behavior of orders was the release process that impacted the reduction of lead time and the accumulated delay of orders. Future research should include a longer review period to see how these decisions influence delivery dates over time.

Keywords: Production Planning and Control; Throughput diagram; Delivery reliability.

1. Introdução

Uma das competências operacionais importantes para empresas *Make-To-Order* (MTO) é atingir um *lead time* reduzido e previsível com o objetivo de manter a promessa ao cliente, enquanto reduzir os prazos de entrega pode ser um critério determinante para ganhar o pedido (THÜRER; GODINHO FILHO, 2012).

Portanto, as decisões de Planejamento e Controle da Produção (PCP) devem estar alinhadas para o alcance desse objetivo. No entanto, para que as decisões de PCP se tornem cada vez mais bem-sucedidas são necessárias ferramentas de diagnóstico de desempenho focado na confiabilidade de entrega (SOEPENBERG et al., 2012). No que concerne o desempenho da confiabilidade de entrega, este estudo, delimita-se a analisar somente as decisões de PCP que influenciam o mesmo.

De acordo com Kingsman e Hendry (2002), as decisões de PCP que influenciam a confiabilidade de entrega são: controle de entrada que engloba as variáveis de decisão (data de aceitação do pedido, data de entrega prometida, data de liberação da ordem e prioridade de despacho) e; o controle de saída que engloba a variável capacidade e suas adaptações.

O *throughput diagram* (TD) é uma ferramenta de apoio ao diagnóstico da confiabilidade de entrega e tem como finalidade facilitar o diagnóstico do atraso com baseado na abordagem WLC. Segundo Land et al. (2004), o TD auxilia no processo para a ob-

tenção da alta confiabilidade de entrega, pois fornece o controle do tempo médio de atravessamento. Apesar de ser estudado há anos na literatura, pois foi proposta por Betche (1988), essa ferramenta ainda é pouco conhecida no Brasil.

O objetivo desse artigo é apresentar o TD e aplicá-lo em uma empresa do setor de manutenção aeronáutica através de um estudo de caso único. O estudo busca responder a seguinte indagação: “Como o *throughput diagram* pode contribuir para as decisões de PCP?”

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 são apresentados o TD e seu o processo de construção. A seção 3 descreve os métodos de pesquisa adotados para o desenvolvimento desse trabalho, bem como a caracterização da unidade de estudo. A seção 4 apresenta a aplicação do TD e as análises dos resultados obtidos. Na seção 5 são apresentadas as conclusões.

2. *Throughput diagram* (TD)

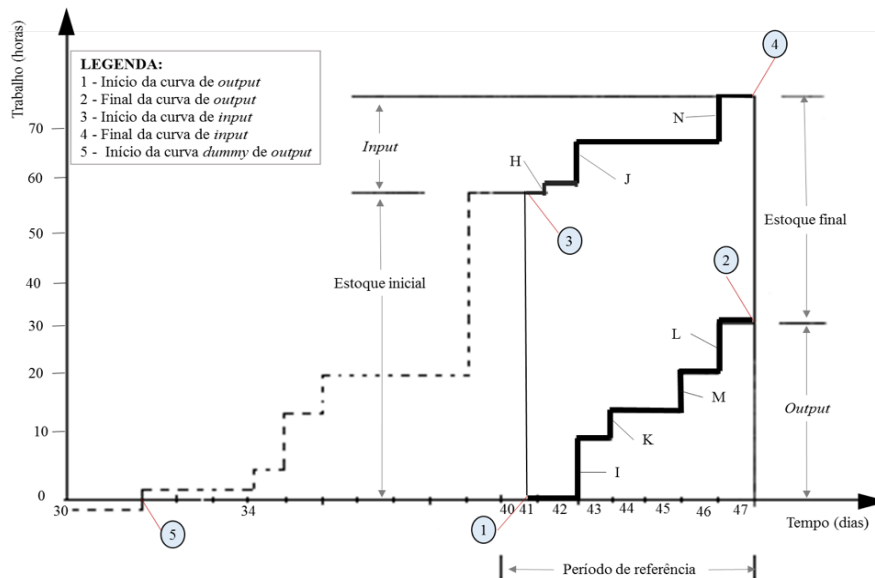
Wiendahl (1995) afirma que, a finalidade desta ferramenta é descrever graficamente o comportamento dos *inputs* e *outputs*, cumulativamente, de um dado centro de trabalho ao longo do tempo. Segundo o autor, o TD pode representar graficamente os quatro objetivos da produção ao longo do tempo: estoque; utilização; *lead time* e; atraso.

Betche (1988) acrescenta que, o TD pode auxiliar na visualização das causas do atraso médio, pois os tempos médios de produção controlados são representados, graficamente, por curvas de entrada e saída paralelas e qualquer desvio observado nesta situação ideal pode representar as causas do atraso médio.

2.1. *Throughput diagram*: Construção básica

A construção do TD inicia-se com a coleta de dados dos centros de trabalho a serem analisados. Posteriormente, o processo de tabulação dos eventos com seus respectivos valores é realizado como representado na Figura 1 (WIENDAHL, 1995).

A Figura 1A, apresenta a tabulação dos eventos de um determinado centro de trabalho com os seus respectivos valores de referência. Com o objetivo de facilitar a compreensão da construção do TD, utilizou-se apenas um Período de Referência (P) (início no dia 41 e fim no dia 46). Segundo Wiendahl (1995) e Betche (1991), para a construção da curva de saída (*output*) é necessário realizar a soma das horas das ordens de saída e os valores de referência encontram-se na Figura 1B.



Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

Para a plotagem da curva de entrada, considera-se o valor de estoque inicial que antecede o P como o ponto de inicial da curva (42,7 horas) e, posteriormente, somam-se as horas das ordens que entraram no P. No exemplo, o valor da curva de entrada final é a soma das ordens entrantes H, J e N, cujos valores correspondem, respectivamente, 0,3, 7,1 e 6,5 (horas). Sendo assim, o valor final da curva de entrada é de 56,6 horas. Numericamente, o valor pode ser observado na coluna denominada Tendência de entrada na Figura 2B e, graficamente está apresentado pelo número 4 circulado na Figura 2. Matematicamente, a curva de entrada final é expressa da seguinte maneira:

$$C_{ef} = Ve_{i_{A \rightarrow G}} + \sum_H^N Ve \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: C_{ef} : Curva de entrada final (em horas);

$Ve_{i_{A \rightarrow G}}$: Estoque inicial antes do P (em horas)

$\sum_H^N Ve$: Soma das ordens que entraram no P (horas)

Portanto,

$$C_{ef} = 42,7 + (0,3 + 7,1 + 6,5) = 56,6 \text{ horas}$$

O cálculo para a determinação do estoque final no final do dia 47 e início do dia 48, é realizado através da diferença entre os valores de entrada e os valores de saída. Matematicamente, esta operação está representada na Equação 2.

$$E_f = T_e - O \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: E_f = Estoque final (em horas);

T_e = Valores da Tendência de entrada (em horas);

O = Valores de saída (em horas).

Sendo assim,

$$E_f = 56,6 - 24,5 = 32,1 \text{ horas}$$

Para uma discussão mais aprofundada sobre o TD, um exemplo com dados mais complexos é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Cálculo das curvas de entrada e saída de um centro de trabalho

Número da linha	Número da ordem	Data de entrada (dias)	Data de saída (dias)	Tempo do pedido (horas)	Estoque até o final do SCD 195 (horas)	Entrada do dia SCD 195 até o dia 220 (horas)	Entrada cumulativa geral (horas)	Saída entre SCD 195 a 220 (horas)	Estoque até o final do SCD 220
1	10	71	236	3,5	3,5	-	-205,3	-	3,5
2	13	81	330	14,6	18,1	-	-190,7	-	18,1
3	16	141	188	26,3	-	-	-164,4	-	-
4	15	146	146	19,0	-	-	-145,4	-	-
5	11	147	171	17,4	-	-	-128,0	-	-
6	14	147	150	1,8	-	-	-126,2	-	-
7	20	147	177	35,1	-	-	-91,1	-	-
8	22	156	170	65,0	-	-	-26,1	-	-
9	12	160	198	16,3	34,4	-	-9,8	16,3	-
10	17	168	188	32,0	-	-	22,2	-	-
11	19	171	196	0,7	35,1	-	22,9	0,7	-
12	21	176	191	12,2	-	-	35,1	-	-
13	23	177	210	7,6	42,7	-	42,7	7,6	-
14	18	184	197	11,5	54,2	-	54,2	11,5	-
15	25	186	199	6,9	61,1	-	61,1	6,9	-
16	28	186	203	7,3	68,4	-	68,4	7,3	-
17	29	185	225	3,2	71,6	-	71,6	-	21,3
18	24	188	212	4,1	75,7	-	75,7	4,1	-
19	26	189	204	8,9	84,6	-	84,6	8,9	-
20	32	192	212	12,9	97,5	-	97,5	12,9	-
21	30	195	202	10,1	-	10,1	107,6	10,1	-
22	27	196	198	4,3	-	14,4	111,9	4,3	-
23	33	197	219	12,7	-	27,1	124,6	12,7	-
24	36	198	209	2,3	-	29,4	126,9	2,3	-
25	34	198	203	5,7	-	35,1	132,6	5,7	-
26	31	202	223	4,2	-	39,3	136,8	-	25,5
27	37	203	210	2,8	-	42,1	139,6	2,8	-
28	39	203	248	5,1	-	47,2	144,7	-	30,6
29	40	205	216	13,7	-	60,9	158,4	13,8	-
30	35	209	216	7,2	-	68,1	165,6	2,6	-
31	38	212	217	5,3	-	73,4	170,9	5,3	-
32	43	212	224	27,2	-	100,6	198,1	-	57,8
33	45	213	237	60,3	-	160,9	258,4	-	118,1
34	41	216	220	2,3	-	163,2	260,7	2,3	-
35	44	216	240	14,8	-	178,0	275,5	-	132,9
36	47	216	226	2,5	-	180,5	278,0	-	135,4
37	42	217	219	4,9	-	185,4	282,9	-	-
38	46	220	288	4,9	-	190,3	287,8	4,9	140,3
TOTAL					97,5	190,3	287,8	143,0	140,3

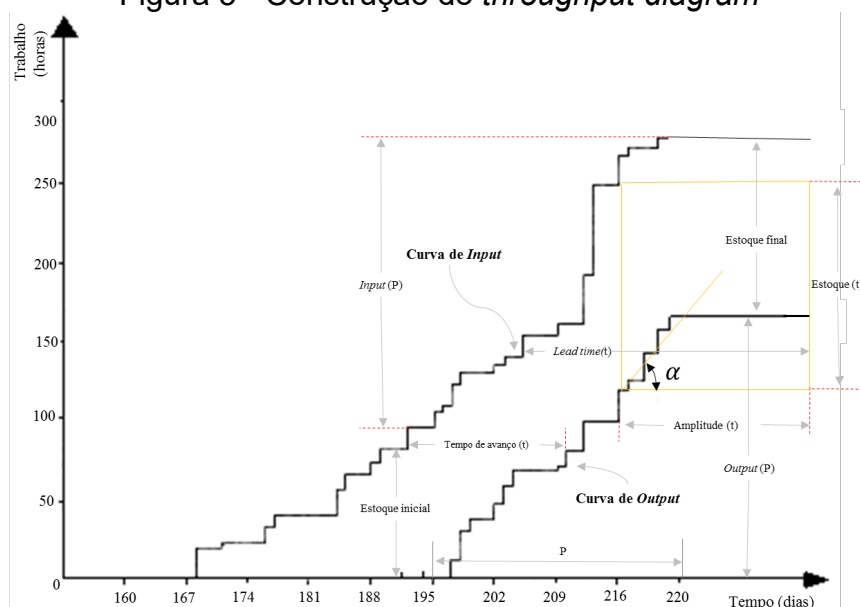
Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

Os valores pontilhados na Tabela 1 representa o P, que se inicia no número 21 e estende-se até o número 38 da (coluna “Número da ordem”). Sendo assim, o P corresponde a aproximadamente duas semanas. a partir do dia 195 até o dia 220.

Para a construção do TD é necessário determinar o estoque inicial para o primeiro dia do P (WIENDAHL, 1995). Conforme os valores apresentados na Tabela 1, o valor do estoque inicial para o primeiro dia de P é de 97,5 horas (coluna “Estoque até o final do SCD 195 (horas)”)), esse valor representa o início da curva de entrada.

Os valores referentes as datas de entrada do P determinam a curva de entrada e, conforme os valores apresentados na coluna “Entrada do dia SCD 195 até o dia 220 (horas)”, o valor total de entrada no P foi de 190,3 horas. A soma do valor total de entrada no P e do valor do estoque inicial determina o ponto final da curva de entrada, que nesse caso é de 287,8 horas. A Figura 3 apresenta o TD dos valores apresentados na Tabela 1.

Figura 3 - Construção do *throughput diagram*



Fonte: Adaptado de Wiendahl (1995)

A partir das curvas apresentadas na Figura 3, é possível realizar várias análises. O estoque do centro de trabalho em um momento arbitrário (t) pode ser determinado por uma linha vertical, paralela ao eixo das ordenadas no gráfico que denominamos de Estoque (t).

A partir dos dados apresentados na Tabela 1, considera-se o seguinte exemplo: A coluna “Entrada cumulativa geral” na linha 37, cujo valor de entrada para este dia é de 282,9 horas. Já na coluna “Saída entre SCD 195 a 220”, para obter o valor de saída para este dia, subtrai-se as horas de saída reportadas entre os dias 220 e 217 (as ordens 41, 42 e 33). A partir disso, o valor da curva de saída para o dia 217 é: 143,0 –

$(2,3+4,9+12,7) = 123,1$ horas. Portanto, o estoque para este dia é de $282,9-123,1=159,8$ horas.

Através do desenho de outras duas linhas horizontais no TD, apresentadas na Figura 5, é possível a determinação do *lead time* (LT) e do Tempo de Avanço (TA). O LT, nesse caso, é definido como o tempo necessário para que o último o último produto seja processado no tempo t. Já o TA é a diferença, em horas, entre a curva de entrada e a curva de saída no tempo t.

Para exemplificar esses conceitos os dados da Tabela 1 serão utilizados. Aleatoriamente, escolhe-se a ordem 35, nota-se que, a sua data de entrada é 209 e sua data de saída 216. Portanto, o LT é sete dias. As próximas seções apresentarão os cálculos para obtenção do desempenho médio, capacidade média e utilização média.

2.1.1. Desempenho médio ($D_{médio}$)

O $D_{médio}$ é expresso como a razão entre os valores totais de saída em um período t sobre um período de referência t. Analogamente, $D_{médio}$ pode ser representado como a tangente de um ângulo α , formado entre curva de saída e um reta que representa o período t. O $D_{médio}$ é expresso, matematicamente, pela Equação 3:

$$\tan \alpha = D_{médio} = \frac{OUT}{P} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: OUT = valores das saídas no período de referência t (horas);

P = período de referência t (dias)

De acordo Wiendahl (1995), o cálculo do $D_{médio}$ é realizado a partir da dos valores da curva de saída (OUT) de um dado centro de trabalho. Com o objetivo de ilustrar essa afirmação, analisou-se a Tabela 1. A partir das análises, verificou-se que, o tempo de saída total no P foi de 143 horas no intervalo de 20 dias. Dessa forma, temos que o $D_{médio}$ é de 7.2 horas.

2.1.2. Capacidade Média ($C_{média}$)

O potencial de saída, isto é, a capacidade está representada na Figura 5. No exemplo, assumiu-se que o centro tem capacidade de 8 horas por dia. De acordo com Wiendahl (1995), a $C_{média}$ no P pode ser interpretada como uma linha reta com o ângulo de inclinação β . Dessa maneira, pode-se calcular $C_{média}$ de acordo com a seguinte expressão:

$$C_{média} = \tan \beta = \frac{PS}{t} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: PS = Potencial de saída

A $C_{média}$ pode ser relacionada com os dias de trabalho produtivos (valor da capacidade diária - 8 horas por dia de trabalho). Portanto, PS é o produto entre a $C_{média}$ e do P, como demonstrado na Equação 5.

$$PS = t.C_{média} \quad (\text{Equação 5})$$

Considerando os dados utilizados para este exemplo, temos:

$$PS = 20 \times 8 = 160 \text{ horas}$$

2.1.3. Utilização média ($U_{média}$)

Este cálculo foi baseado no pressuposto de que as horas efetivamente processadas correspondem ao tempo de término. De acordo com Wiendahl (1995), a $U_{média}$ é a razão entre o $D_{médio}$ e a $C_{média}$.

$$U_{média} = \frac{D_{médio}}{C_{média}} \quad (\text{Equação 6})$$

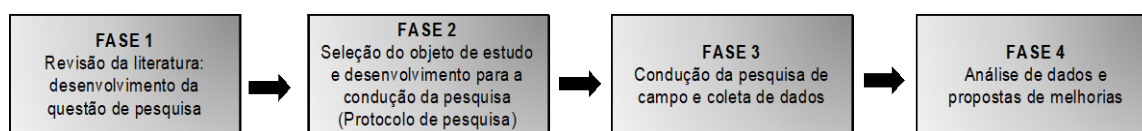
De acordo com os valores da Tabela 1, a $U_{média}$ do centro de trabalho é de 90%. A próxima sessão apresentará a aplicação do TD através de um estudo de caso.

3. Estudo de caso

3.1. Método de pesquisa

Visando-se a aplicação do TD, utilizou-se o método de estudo de caso, pois é de natureza empírica e trata-se de uma análise aprofundada de um caso para que se permita seu amplo e detalhado conhecimento (MIGUEL, 2007). A Figura 4 apresenta os estágios utilizados no processo de condução da pesquisa seguindo os passos de Stuart et al. (2002).

Figura 4 - Estágios para o desenvolvimento da pesquisa

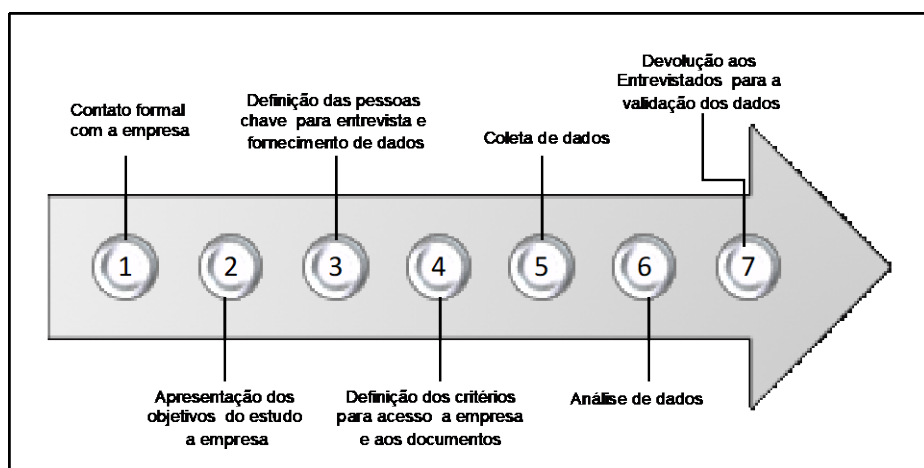


Fonte: Adaptado de Stuart *et al.* (2002)

A questão de pesquisa foi definida após a revisão da literatura, como aconselhado por alguns autores (EISENHARDT, 1989; SCHMENNER; SWINK, 1998; STUART et al., 2002) e, a partir disso, definiu-se a questão de pesquisa: “Como a aplicação do TD pode contribuir para a melhoria das decisões de PCP?”

A oficina de manutenção de aeronaves foi escolhida por: a) comportar-se como MTO (STEVENSON; HENDRY; KINGSMAN, 2005); b) o prazo de entrega sofre uma grande pressão de clientes internos (aeronave no chão é prejuízo) e; c) pela disponibilidade de dados. A Figura 5 apresenta as sete etapas utilizadas nesta pesquisa para uma efetiva condução da coleta de dados e sua respectiva validação, seguindo as recomendações de Yin (1989)

Figura 5 - Síntese das etapas para a condução da pesquisa



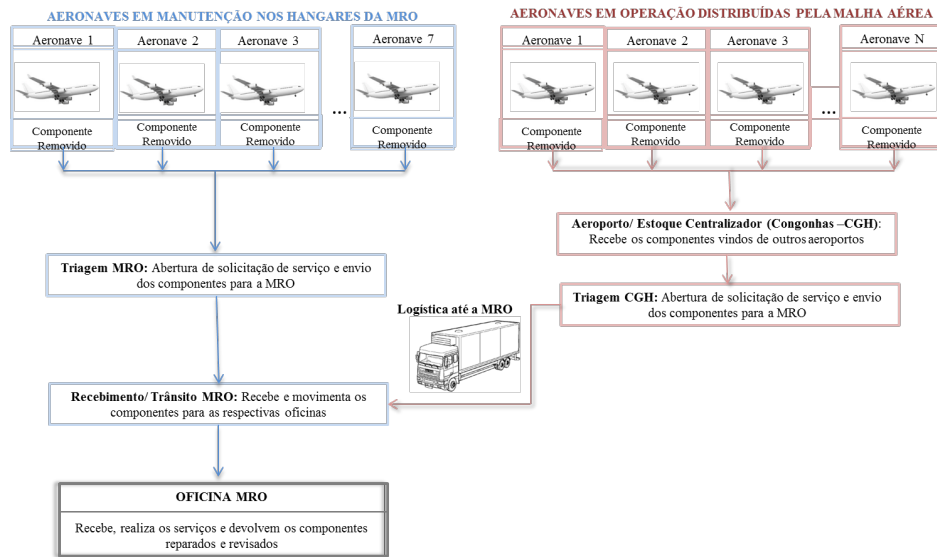
Fonte: Elaborado pelos autores

Com relação às fontes de dados, esta pesquisa utilizou, conforme indicado por Barrat *et al* (2011): entrevistas semiestruturadas; observação com visitas técnicas e participação em reuniões; documentos do organograma, registros do atraso dos pedidos, e relatórios. As fontes de dados foram trianguladas, a fim de aumentar a confiabilidade e deixar mais robustas as fundamentações e as construções das proposições (EISENHARDT, 1989; LEONARD-BARTON, 1990; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Os dados obtidos correspondem a ordens finalizadas entre o período entre janeiro e março de 2014, considerando 1.579 ordens. Todos os dados foram tabulados e analisados através de planilhas eletrônicas.

3.2. Caracterização da unidade de estudo: Oficina de componentes eletrônicos

A oficina de componentes eletrônicos é responsável pela manutenção de 323 *part numbers* e opera em apenas um turno e conta com 24 funcionários. A origem da demanda dos componentes aeronáuticos para a realização da manutenção encontra-se ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Origem da demanda dos componentes aeronáuticos



Fonte: Adaptado de Zonta (2013)

A próxima sessão apresenta os resultados e as análises da aplicação do TD na oficina em questão.

4. Resultados

4.1. Aplicação do *throughput diagram*

A aplicação do TD e os resultados são apresentados a seguir para cada mês analisado. Os valores para a construção do TD para os meses de janeiro, fevereiro e março encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados para a construção dos *throughput diagram*

	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto inicial de entrada (horas)	1.114,98	4.032,97	7.140,02
Curva de entrada (horas)	2.917,99	3.107,05	2.696,05
Curva de saída (horas)	2.909,80	2.978,31	2.949,91

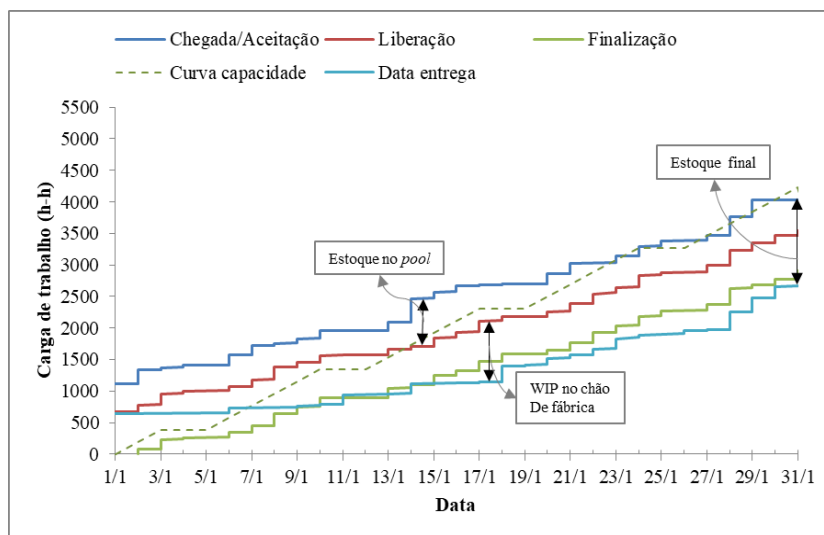
Fonte: Elaborado pelos autores

Para o mês de janeiro, foram consideradas todas as ordens que estavam registradas no sistema e que não haviam sido concluídas até o primeiro dia do mês de janeiro. As Figuras 9, 10 e 11 representam respectivamente, os TD dos meses de janeiro, fevereiro e março. Para a realização da comparação entre os meses analisados, foi utilizada a mesma escala de carga de trabalho.

As curvas denominadas “Curva capacidade” nas Figuras 7, 8 e 9 variam de acordo com as horas disponíveis para a conclusão das ordens de cada mês.

Já as curvas denominadas “Data entrega” são utilizadas para comparar a data de entrega prometida ao cliente e a data que a ordem foi finalizada representada pelas curvas denominadas “Finalização”. Essa comparação entre as duas curvas é utilizada para revisar o os atrasos existentes no período.

Figura 7 - Análise do mês de janeiro 2014

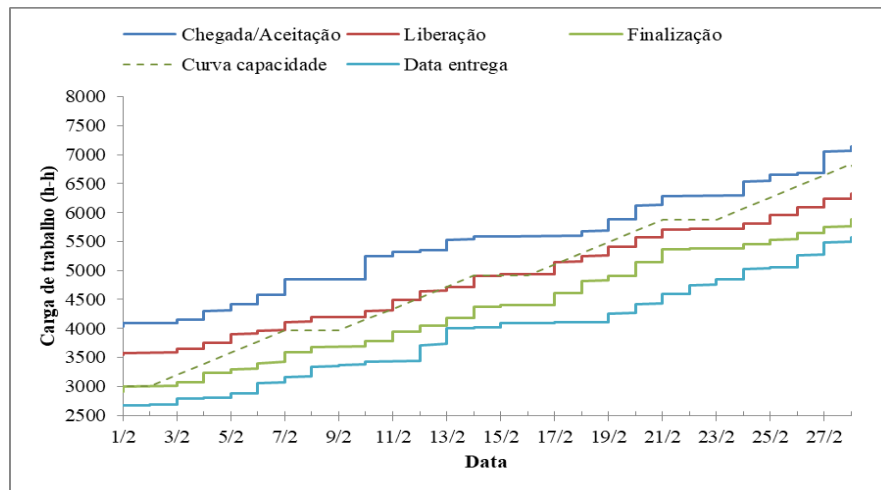


Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com a Figura 7, existem algumas relações que podem ser extraídas dos comportamentos entre as curvas. O valor da distância vertical entre a curva denominada “Chegada/Aceitação” e a curva denominada “Liberação” representa o estoque no *pool*. O valor da distância vertical entre a curva denominada “Liberação” e a curva denominada “Data entrega” representa o estoque em processo (WIP) no chão de fábrica. O estoque final de um período pode ser obtido pela diferença em módulo entre as curvas denominadas “Data entrega” e “Chegada/ Aceitação”.

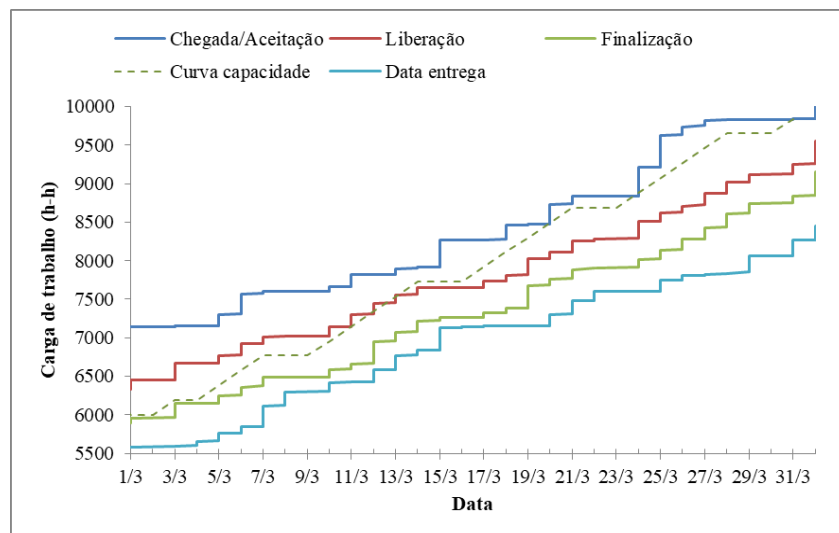
As relações apresentadas de acordo com a Figura 7 são as mesmas para as Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Análise do mês de fevereiro 2014



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 9 - Análise do mês de março 2014



Fonte: Elaborado pelos autores

A partir de cada TD de cada mês, foram realizados cálculos para a determinação de alguns valores conforme apresentado na sessão 2 e encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de acordo com *throughput diagram* de cada mês

	Janeiro	Fevereiro	Março
Ponto inicial de entrada (horas)	1.114,98	4.032,97	7.140,02
Curva de entrada (horas)	2.917,99	3.107,05	2.696,05
Curva de saída (horas)	2.909,80	2.978,31	2.949,91
Estoque final (horas)	1.123,17	1.251,91	998,05
Desempenho médio (homem x hora/dia)	93,86	106,37	95,16
Estoque médio (horas)	1.176,75	1.138,41	1.072,06
Capacidade média (homem x hora/dia)	136,26	137,14	123,87
Utilização média	68,89%	77,56%	76,82%
<i>Lead time</i> (dias)	22,05	14,53	16,01

Fonte: Elaborado pelos autores

Em fevereiro, o sistema teve o maior ingresso de carga de trabalho, apesar dos três meses apresentarem valores muito próximos. Outro ponto a se destacar é a quantidade de trabalhos finalizados cujo valor foi levemente maior em fevereiro. Observa-se de acordo com os dados da Tabela 3, que o estoque final obteve o menor valor no mês de março. No entanto, o estoque médio manteve níveis semelhantes ao longo dos três meses.

O percentual de utilização nos meses de fevereiro (77,56%) e março (76,82%) foi maior em relação ao mês de janeiro (68,89%). É interessante destacar a redução do *lead time* que chegou a 34% em fevereiro e de 27% em março em comparação a janeiro. Os valores para o WIP e para o estoque no *pre-shop pool* dos meses de janeiro, fevereiro e março são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise da liberação de ordens

Análises	Janeiro	Fevereiro	Março
WIP inicial (horas)	673,82	636,36	440,47
Liberado (horas)	3.359,15	3.593,85	3.507,49
WIP médio ((horas)	656,13	495,54	459,47
WIP final (horas)	636,36	440,47	412,28
Estoque <i>Pool</i> (horas)	441,17	486,8	811,44
Estoque médio <i>Pool</i> (horas)	520,62	642,87	612,59

Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com os valores apresentados na Tabela 4, destaca-se o aumento na liberação de carga de trabalho nos meses de fevereiro e março, essa ação visava a minimização da carga de trabalho no WIP. Com resultado, desse aumento da carga média no *pre-shop pool*, pois o nível de estoque se manteve constante como observa-

do na Tabela 3. A próxima sessão apresenta a discussão dos resultados apresentados nesta sessão.

4.2. Análise e discussão

Identificou-se que no mês de janeiro, os valores da liberação das ordens eram maiores no WIP do que *pre-shop pool*. Essa situação reflete a existência de matérias primas para a realização das ordens, no entanto; a manutenção da ordem não era realizada devido a chegada de novas ordens (peças) e devido ao sistema de autorização entre os processos.

O processo de liberação de ordens ocorria mesmo com a falta de matérias-primas, pois era levado em consideração a prioridade atribuída à peça segundo a importância para a manutenção da aeronave. O atraso acumulado das ordens foi levemente superado para o mês de janeiro. No entanto, as análises a partir da Figura 7 só permitiam uma análise gráfica do total agregado.

Com relação ao mês de fevereiro, verificou-se que a liberação começou a ser ajustada com o objetivo de reduzir o nível médio de WIP. Essa liberação de ordens se manteve ajustada no mês de março, embora a carga entrante tivesse valores mais dispersos. Essa mudança na liberação das ordens foi responsável pela redução no *lead time* e pelo ajuste do nível médio de WIP.

A mudança do sistema de gerenciamento de ordens consistiu em considerar tanto a disponibilidade de matérias-primas, tanto para a liberação da ordem quanto para a regra de priorização. Essa mudança permitiu as reduções citadas no parágrafo anterior. Salienta-se que essas medidas foram tomadas a partir das análises gráficas resultantes do *throughput diagram* (Figura 7).

No mês de março observou-se que além dos resultados observados no mês de fevereiro houve ainda, uma maior folga entre a data de finalização e a data de entrega das ordens de forma acumulada. A próxima sessão apresenta as conclusões a respeito do trabalho.

5. Conclusão

O *throughput diagram* apresenta uma visão agregada do comportamento das ordens ao longo do tempo. Dessa forma, o TD apresenta como as decisões de PCP afetam o desempenho, desde as variáveis de decisão.

Com relação ao estudo de caso apresentado, a decisão que mais influenciou o comportamento das ordens foi o processo de liberação das ordens de trabalho. Além disso, o TD é uma ferramenta muito útil, pois sua aplicação permite uma análise das ordens de forma agregada. Apesar da existência de uma alta variedade entre os tipos de ordens de manutenção (peças) o TD permitiu que fossem analisadas várias variáveis. Através do TD, foi possível analisar através do comportamento das curvas como essa liberação de ordens afetou o *lead time* e, por sua vez, o atraso acumulado das ordens.

Para as pesquisas futuras, indica-se que a aplicação do *throughput diagram* por um período maior de análises e que as informações do *throughput diagram* sejam utilizados pelo PCP para realizar o rastreamento de suas decisões objetivando verificar como as mesmas influenciam as datas de entrega. Tendo em vista que, os atrasos podem ocorrer durante a realização do processo ou de acordo com a determinação errônea da data de entrega.

Referências

BECHTE, Wolfgang. Load-oriented manufacturing control just-in-time production for job shops. *Production Planning & Control*, v. 5, n. 3, p. 292-307, 1994.

BECHTE, Wolfgang. Theory and practice of load-oriented manufacturing control. *The International Journal of Production Research*, v. 26, n. 3, p. 375-395, 1988.

EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. *Academy of management review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

KINGSMAN, Brian; HENDRY, Linda. The relative contributions of input and output controls on the performance of a workload control system in make-to-order companies. *Production planning & control*, v. 13, n. 7, p. 579-590, 2002.

LAND, M.; GAALMAN, G. Workload control concepts in job shops a critical assessment. *International Journal of Production Economics*, v. 46, p. 535-548, 1996.

LAND, Martin Jaap et al. *Workload control in job shops, grasping the tap*. University Library Groningen, 2004.

LEONARD-BARTON, Dorothy. A dual methodology for case studies: Synergistic use of a longitudinal single site with replicated multiple sites. *Organization science*, v. 1, n. 3, p. 248-266, 1990.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para a sua condução. *Revista Produção*; v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

SCHMENNER, Roger W.; SWINK, Morgan L. On theory in operations management. *Journal of Operations Management*, v. 17, n. 1, p. 97-113, 1998.

SOEPENBERG, G. D.; LAND, M. J.; GAALMAN, G. J. C. A framework for diagnosing the delivery reliability performance of make-to-order companies. *International Journal of Production Research*, v. 50, n. 19, p. 5491-5507, 2012.

SOEPENBERG, G. D.; LAND, Martin; GAALMAN, Gerard. The order progress diagram: A supportive tool for diagnosing delivery reliability performance in make-to-order companies. *International Journal of Production Economics*, v. 112, n. 1, p. 495-503, 2008.

STEVENSON, Mark; HENDRY, Linda C.; KINGSMAN†, B. G. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International journal of production research*, v. 43, n. 5, p. 869-898, 2005.

STUART, I.; MCCUTCHEON, D.; HANDFIELD, R.; MCLACHLIN, R.; SAMSONS, D. Effective case research in operations management: a process perspective. *Journal of Operations Management*, v. 20, n. 5, p. 419-433, 2002.

THÜRER, M.; GODINHO FILHO, M. Redução do lead time e entregas no prazo em pequenas e médias empresas que fabricam sob encomenda: a abordagem Workload Control (WLC) para o Planejamento e Controle da Produção (PCP). *Gestão e Produção*, v. 19, n. 1, 2012.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WIENDAHL, H. *Load-Oriented Manufacturing Control*. Berlim, Alemanha: Springer-Verlang. 1995.

YIN, Robert K. *Case study research: Design and methods*, revised edition. *Applied Social Research Methods Series*, v. 5, 1989.

ZONTA, L. *Propostas de melhorias no planejamento e controle da produção de uma empresa de manutenção aeronáutica*. 2013. 77p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.