

Fabio Rezende Lagreca

**Aplicação da Teoria das Restrições (TDR)
na gestão da cadeia produtiva de uma Indústria Farmacêutica**

Rio de Janeiro

2012

Fabio Rezende Lagreca

**Aplicação da Teoria das Restrições (TDR)
na gestão da cadeia produtiva de uma Indústria Farmacêutica**

Dissertação apresentada, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica, do Instituto de Tecnologia em Fármacos - FIOCRUZ

Orientador: Prof. Dr. Jorge Carlos Santos da Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Medina

Rio de Janeiro

2012

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Medicamentos e Fitomedicamentos/ Farmanguinhos / FIOCRUZ - RJ

L179a Lagreca, Fábio Rezende

Aplicação da Teoria das Restrições (TDR) na gestão da cadeia produtiva de uma Indústria Farmacêutica. / Fabio Rezende Lagreca. – Rio de Janeiro, 2012.

xiv, 131f. il : 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Carlos Santos da

Costa Co-Orientador: Prof. Dr. Fernando Medina

Dissertação (mestrado) – Instituto de Tecnologia em Fármacos – Farmanguinhos, Pós-graduação em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica, 2012.

Bibliografia: f. 94-95

1. Teoria das Restrições (TDR). 2. Gargalos . 3. Pulmão de proteção da restrição. 4. Pulmão de espaço e Análise da capacidade. 5. Título.

CDD 615.1

Fabio Rezende Lagreca

**Aplicação da Teoria das Restrições (TDR)
na gestão da cadeia produtiva de uma Indústria Farmacêutica**

Dissertação apresentada, como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica, do Instituto de Tecnologia em Fármacos – Fundação Oswaldo Cruz

Aprovada em de de .

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Helvécio Vinícius Antunes Rocha
Instituto de Tecnologia em Fármacos – FIOCRUZ
(Presidente da Banca)

Prof.^a Dr.^a Alessandra Lifitch Viçosa
Instituto de Tecnologia em Fármacos – FIOCRUZ

Prof. Dr. Vinicius Carvalho Cardoso
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro

2012

À Vice-Diretora de Operações de Farmanguinhos Saide Queiroz pela autorização concedida para a realização da prova de seleção para o Mestrado em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica e ao Diretor de Farmanguinhos Hayne Felipe pela ratificação da referida autorização.

Aos colaboradores do Setor de Gestão de Documentos de Farmanguinhos e a Auxiliar Administrativo Rosane Ribeiro pelo apoio durante o levantamento retrospectivo das fichas técnicas dos lotes produtivos que foram utilizados neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Carlos Santos da Costa e ao Prof. Dr. Fernando Medina pelas orientações valiosas durante todas as etapas deste trabalho.

À minha esposa Milene de Oliveira Sarmento Lagreca e às minhas filhas Liz Sarmento Lagreca e Camila Sarmento Lagreca pelo apoio e compreensão durante os vários finais de semana e noites em que tive que me afastar do convívio familiar para escrever esta dissertação de mestrado.

Aos meus pais Aloísio do Carmo Lagreca e Rivanilde Rezende da Silva Lagreca pelo apoio e incentivo que sempre me deram desde os primeiros anos escolares até hoje.

Finalmente agradeço a Deus, meu Orientador Supremo, por estar sempre comigo nos momentos difíceis e alegres da minha vida.

RESUMO

LAGRECA, Fabio Rezende. Aplicação da Teoria das Restrições (TDR) na gestão da cadeia produtiva de uma Indústria Farmacêutica. 2012. 225 f. Dissertação de Mestrado Profissional em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

A busca por técnicas de gestão que possibilitem um melhor aproveitamento da capacidade instalada de plantas produtivas é o desafio constante de todos os gestores. A utilização da Teoria das Restrições (TDR) como ferramenta de gestão no ambiente produtivo deste estudo possibilitou evidenciar o uso racional dos equipamentos do parque fabril a partir da identificação dos “gargalos” dos processos produtivos dos produtos mapeados. O dimensionamento dos pulmões de proteção da restrição e de espaço demonstrou como é possível manter o fluxo constante de produção sem a necessidade de elevados estoques em processo entre os centros de trabalho que compõem os sistemas produtivos. A análise da capacidade global do sistema pode evidenciar os centros de trabalho com restrição de capacidade frente à demanda posta.

Palavras-chave: Teoria das Restrições (TDR). Gargalos. Pulmão de proteção da restrição. Pulmão de espaço. Análise da capacidade.

ABSTRACT

The quest for management techniques that enable a better utilization of productive capacity of plants is the constant challenge for all managers. Using the Theory of Constraints (TOC) as a management tool in the production environment of this study highlight the possible rational use of the equipment of the industrial park from the identification of “bottlenecks” of the production processes of products mapped. The sizing of the lungs to protect the space restriction and demonstrated how you can keep a steady flow of production without the need for high in-process inventories between the work centers that compose the productive systems. The analysis of the overall capacity of the system can highlight the work centers capacity constraint put forward the demand.

Keywords: Theory of Constraints (TOC). Bottlenecks. Lung protection of restriction. Lung space. Analysis capacity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Modelo de transformação.....	15
Figura 2 –	Fluxo comparativo entre a abordagem tradicional e a abordagem JIT.....	29
Figura 3 –	Fluxo produtivo com a abordagem TDR / TPC.....	36
Figura 4 –	Estruturas Tipo I e T (Adaptado de Manual da Teoria das Restrições – 2002).....	38
Figura 5 –	Estruturas Tipo V e A (Adaptado de Manual da Teoria das Restrições – 2002).....	39
Figura 6 –	Arvore da realidade atual.....	44
Figura 7 -	Fluxos dos processos produtivos – ARV / AV.....	54
Figura 8 –	Fluxo produtivo contemplando PPR e PE.....	58
Figura 9 –	Fluxo resumido de Material e Métodos.....	60
Figura 10 –	PPR e PE de Lamivudina 150 mg.....	77
Figura 11 –	PPR e PE de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg.....	78
Figura 12 –	PR e PE de Nevirapina 200 mg.....	79
Figura 13 -	PPR e PE de Ribavirina 250 mg.....	80

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 –	Fórmula de Escore Padronizado (Z_i).....	55
Fórmula 2 -	Fórmula da Taxa de Produção Diária (Lote/dia).....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Análise comparativa entre JIT e MRP.....	30
Tabela 2 –	Contratação de produção de medicamentos pelo MS a Farmanguinhos em 2009.....	52
Tabela 3 –	Demanda dos produtos Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg.....	61
Tabela 4 –	Descrição da simbologia empregada nos fluxos de processo.....	62
Tabela 5 –	Somatório dos tipos de atividades executadas no mapeamento produtivo.....	63
Tabela 6 –	Resumo dos resultados da MEI de Lamivudina 150 mg (Anexo K)	64
Tabela 7 –	Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> – Lamivudina 150 mg.....	65
Tabela 8 -	Resumo dos resultados da MES de Lamivudina 150 mg (Anexo L).....	66
Tabela 9 –	Resumo dos resultados da MEI de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg (Anexo M).....	67
Tabela 10 –	Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> – Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg.....	68
Tabela 11 –	Resumo dos resultados da MES de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg (Anexo N).....	69
Tabela 12 -	Resumo dos resultados da MEI de Nevirapina 200 mg (Anexo O).....	70
Tabela 13 -	Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> – Nevirapina 200 mg.....	71
Tabela 14 –	Resumo dos resultados da MEI de Nevirapina 200 mg (Anexo P)..	72
Tabela 15 –	Resumo dos resultados da MEI de Ribavirina 250 mg (Anexo Q)..	73
Tabela 16 –	Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> – Ribavirina 250 mg.....	74
Tabela 17 –	Resumo dos resultados da MES de Ribavirina 250 mg (Anexo R).....	75
Tabela 18 -	Matriz de Capacidade Global do Sistema.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARA –	Árvore da Realidade Atual
ARF -	Árvore da Realidade Futura
ARV –	Antirretrovirais
ASME –	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
ATO –	<i>Assemble to order</i>
AV –	Antivirais
BM -	<i>Buffer Management</i>
CAF -	Coordenação de Assistência Farmacêutica
CTM –	Complexo Tecnológico de Medicamentos
DBR -	<i>Drum-Buffer-Rope</i>
ECE -	Efeito-Causa-Efeito
EEP –	Estoque em processo
ETO –	<i>Engineering to order</i>
EUA –	Estados Unidos da América
FIOCRUZ -	Fundação Oswaldo Cruz
2ª GM –	2ª Guerra Mundial
HIV -	<i>Human Immunodeficiency Virus</i>
JIT –	<i>Just in Time</i>
MEI -	Matriz Estatística Inicial
MES –	Matriz Estatística Secundária
MPS –	<i>Master Production Schedule</i>
MRP –	<i>Materials Requirements Planning</i>
MRP II -	<i>Manufacturing Resource Planning</i>

MS -	Ministério da Saúde
MTO –	<i>Make to order</i>
MTS –	<i>Make to stock</i>
OMS –	Organização Mundial de Saúde
OPT –	<i>Optimized Production Technology</i>
RRC -	Recurso com Restrição de Capacidade
TOC –	<i>Theory of Constraints</i>
TPC -	Tambor-Pulmão-Corda
TDR –	Teoria das Restrições
UF –	Unidades Farmacêuticas
R\$ -	Reais
PE -	Pulmão de Espaço
PPR –	Pulmão de Proteção da Restrição

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	15
1	REVISÃO DE LITERATURA	19
1.1	A função produção na pré-história e nas oficinas artesanais	19
1.2	A Revolução Industrial	20
1.3	Frederick Wislow Taylor e a Administração Científica	21
1.3.1	<u>Henry Gantt e Frank Gilbreth</u>	22
1.3.2	<u>Henry Ford</u>	23
1.4	A crise de 1929 nos EUA	24
1.5	A 2ª Grande Guerra Mundial (2ª GM) e o período pós-guerra	25
1.6	A reconstrução do Japão e o surgimento do <i>Just in Time</i> (JIT)	26
1.6.1	<u>Comparação JIT com métodos tradicionais</u>	28
1.7	A Tecnologia OPT e a TDR	31
1.7.1	<u>Logística</u>	34
1.7.1.1	Sistema TPC.....	34
1.7.1.2	Análise V–A–T	37
1.7.2	<u>Sistema de indicadores de desempenho e o processo de focalização de cinco etapas</u>	40
1.7.3	<u>Processos de pensamento</u>	42
1.8	Classificação dos ambientes produtivos	46
2	OBJETIVO	48
2.1	Objetivo geral	48
2.2	Objetivo específico	48
3	JUSTIFICATIVA	49
3.1	Justificativa Técnica	49
3.2	Justificativa Estratégica	50
4	MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1	Delineamento de Escopo de Produtos	51
4.2	Metodologia de Mapeamento	51
4.3	Tratamento Estatístico	55
4.4	Pulmão de Proteção da Restrição (PPR) e Pulmão de Espaço (PE).	57

4.5	Identificação do Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) através da análise global do sistema	59
5	RESULTADOS	61
5.1	Classe de ARV / AV	61
5.2	Mapafluxos de Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg	63
5.3	Lamivudina 150 mg	64
5.4	Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg	67
5.5	Nevirapina 200 mg	70
5.6	Ribavirina 250 mg	73
5.7	Determinação do Pulmão de Proteção da Restrição e Pulmão de Espaço	76
5.7.1	<u>Lamivudina 150 mg</u>	77
5.7.2	<u>Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg</u>	78
5.7.3	<u>Nevirapina 200 mg</u>	79
5.7.4	<u>Ribavirina 250 mg</u>	80
5.8	Identificação do Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) através da análise global do sistema	81
6	DISCUSSÃO	82
6.1	Classe de ARV / AV	82
6.2	Mapafluxos de Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg	83
6.3	Lamivudina 150 mg	84
6.4	Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg	86
6.5	Nevirapina 200 mg	88
6.6	Ribavirina 250 mg	90
6.7	Identificação do Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) através da análise global do sistema	92
7	CONCLUSÃO	93

REFERÊNCIAS	94
ANEXO A – Versão Total (Vs 1) de mapafluxo de comprimidos revestidos ARV.....	96
ANEXO B – Versão Total (Vs 1) de mapafluxo de comprimidos simples ARV.....	97
ANEXO C – Versão Total (Vs 1) de mapafluxo de cápsulas com compactação AV.....	98
ANEXO D – Versão Compacta (Vs 2) de mapafluxo de comprimidos revestidos ARV.....	99
ANEXO E - Versão Compacta (Vs 2) de mapafluxo de comprimidos simples ARV.....	100
ANEXO F – Versão Compacta (Vs 2) de mapafluxo de cápsulas com compactação AV.....	101
ANEXO G – Mapeamentos de 26 lotes de Lamivudina 150 mg.....	102
ANEXO H – Mapeamentos de 30 lotes de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg.....	128
ANEXO I – Mapeamentos de 30 lotes de Nevirapina 200 mg.....	158
ANEXO J – Mapeamentos de 30 lotes de Ribavirina 250 mg.....	188
ANEXO K – Matriz Estatística Inicial de Lamivudina 150 mg.....	218
ANEXO L – Matriz Estatística Secundária de Lamivudina 150 mg.....	219
ANEXO M – Matriz Estatística Inicial de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg.....	220
ANEXO N – Matriz Estatística Secundária de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg.....	221
ANEXO O – Matriz Estatística Inicial de Nevirapina 200 mg.....	222
ANEXO P – Matriz Estatística Secundária de Nevirapina 200 mg.....	223
ANEXO Q – Matriz Estatística Inicial de Ribavirina 250 mg.....	224
ANEXO R – Matriz Estatística Secundária de Ribavirina 250 mg.....	225

INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos diversas técnicas de gestão da produção vêm sendo apresentadas e desenvolvidas pelos estudiosos. A constante busca por eficácia e eficiência nos processos produtivos e em toda a cadeia de valor tem sido ingrediente fundamental para o sucesso em um ambiente cada dia mais competitivo. A busca por “fatias de mercado”, ou *marketshare*, vem impulsionando as empresas públicas e privadas a investirem em novas tecnologias e ferramentas de gestão como forma de otimizarem seus lucros ou reduzirem seus gastos. Nas empresas industrializadas, dentre elas as do segmento farmacêutico, algumas funções têm papel determinante para que este sucesso seja alcançado, destacando-se a função produção, a função *marketing* e a função desenvolvimento de produto. Assim pode-se dizer que a primeira tem papel central em virtude de ter como tarefa principal a produção de bens ou serviços, ficando as outras com um perfil de suporte, porém não menos importantes, cabendo destaques especiais para as áreas contábil-financeira e de recursos-humanos. ¹

Para se obter um melhor entendimento da função produção, é comum representá-la por um modelo de transformação, conforme ilustrado na Figura 1, em que recursos de entrada (*inputs*) passam por processo de transformação, gerando recursos de saída (*outputs*). ¹

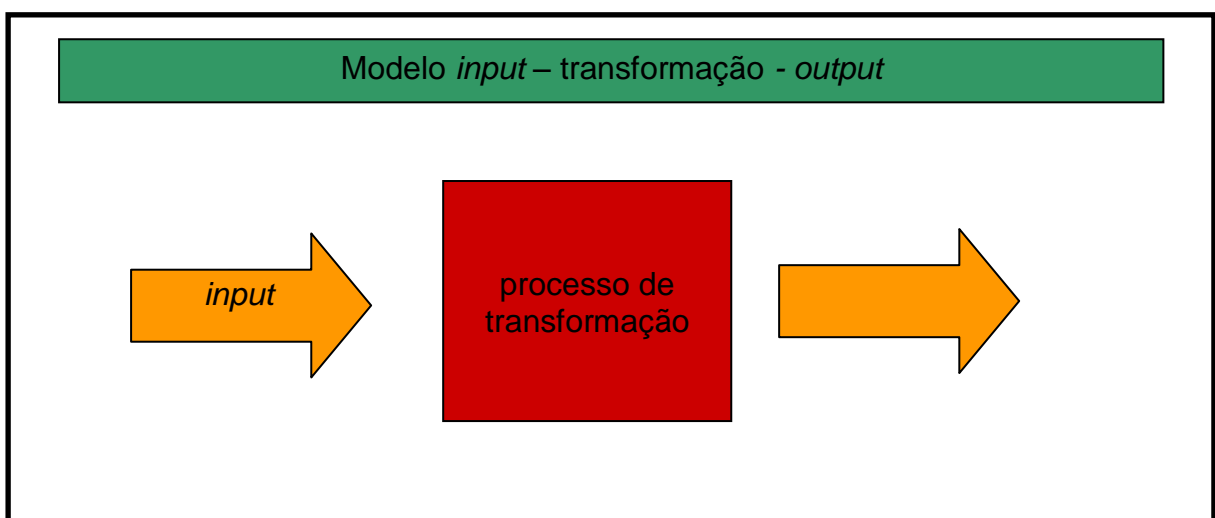


Figura 1 – Modelo de transformação

A busca por maior produtividade, alcançada quando se têm recursos de saída em maior quantidade que recursos de entrada, calculados através da razão *output - input* é fator importante na estratégia das empresas que compõem todos os tipos de mercado.²

Não obstante, o mercado farmacêutico está inserido nesse contexto, sendo caracterizado por ser um mercado extremamente competitivo e que anualmente vem tendo taxas de crescimento surpreendentes, principalmente nos países emergentes. Cabe ressaltar que o Brasil ocupa papel de destaque neste mercado, estando atualmente na 7^a posição no *ranking* mundial em vendas, justificando assim a extrema concorrência e competitividade existente entre os *players* que compõem este segmento no mercado nacional. Para atender a esta significativa demanda o parque industrial farmacêutico brasileiro atualmente é formado por 532 laboratórios, deste quantitativo total, 21 unidades são geridas com recursos públicos.^{3, 4,5}

Durante a busca pelo melhor atendimento de demanda e da ocupação ideal da capacidade instalada das plantas produtivas, diversas ferramentas de gestão podem ser utilizadas, cada uma com suas especificidades. O presente trabalho explorou os conceitos difundidos pela Teoria das Restrições (TDR) ou *Theory of Constraints* (TOC), que, na verdade, trata-se de uma filosofia de administração que pode ser aplicada em três áreas diferentes, porém inter-relacionadas. São elas:⁶

- Logística: com a metodologia do sistema Tambor-Pulmão-Corda (TPC), gerenciamento de pulmões e as estruturas lógicas V-A-T.
- Processo de focalização em cinco etapas e os indicadores de desempenho do sistema, a aplicação do ganho monetário por dia e a aplicação de decisões dos compostos de produção.
- Metodologia de soluções de problemas ou processos de pensamento, tendo como objetivo principal a solução de três questões: o que mudar, mudar para qual alternativa e como promover as mudanças.

Dentre todas as técnicas empregadas nas três diferentes áreas, o sistema TPC está entre as mais conhecidas e difundidas, haja vista ser a ferramenta na qual a programação de sistemas produtivos que adotam a TDR é baseada. A referida ferramenta tem como metodologia principal a exploração máxima do recurso crítico ou restrição de um sistema produtivo, também chamado de “gargalo”, exercendo o controle e a programação de todo o processo priorizando este recurso em relação aos outros, denominados “não gargalo”.⁶

O cenário produtivo onde as técnicas citadas anteriormente foram empregadas está inserido no contexto da produção pública de medicamentos no Brasil, já que se trata de um laboratório farmacêutico estatal de grande porte. A referida unidade produtiva é um dos institutos da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), denominado Instituto de Tecnologia em Fármacos, mais comumente conhecido por Farmanguinhos. Em virtude de ser o laboratório farmacêutico oficial do Ministério da Saúde (MS), seu foco principal é a atuação no desenvolvimento de pesquisas científicas em diversas áreas da saúde e a produção de medicamentos para atendimento aos programas específicos do MS, tais como: DST - AIDS e Hepatites Virais, Alimentação e Nutrição, Diabetes, Endemias Focais, Excepcionais, Hanseníase, Penitenciário, Malária e Tuberculose.

Na vertente produtiva das atividades desempenhadas por Farmanguinhos, o atendimento das demandas dos programas citados é o principal item de avaliação para a definição da estratégia operacional do Instituto. Este conta com duas plantas produtivas, denominadas Prédio 40 (Produção de Penicilínicos) e Prédio 70 (Planta Multi-propósito) para realizar esse atendimento.

Em relação ao gerenciamento da demanda junto aos clientes externos, Farmanguinhos possui uma coordenação, denominada Coordenação de Assistência Farmacêutica (CAF), que anualmente recebe o quantitativo de unidades farmacêuticas (UF) que deverá ser produzido para atendimento aos diversos programas do MS, aos convênios junto às Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde e organizações sem fins lucrativos. A base de dados utilizada neste estudo considerou somente a demanda do principal cliente, o MS, em virtude da mesma responder por quase cem por cento do quantitativo total contratado por ano. Em 2009, esta demanda alcançou o quantitativo de 217.222.957 UF, correspondendo a 12,01% do total adquirido pelo MS em medicamentos, que naquele ano chegou a 1.808.122.096 UF.⁷

Os números citados anteriormente demonstram a importância de Farmanguinhos no mercado de produção de medicamentos no Brasil, portanto sendo estratégica a implantação de ferramentas de gestão da produção que proporcionem um melhor atendimento das demandas do MS e de seus demais clientes.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 A função produção na pré-história e nas oficinas artesanais

Para melhor entendimento do referido trabalho, faz-se necessário tecer alguns comentários de como surgiu e evoluiu ao longo dos tempos a Administração da Produção. A função produção, entendida como o conjunto de atividades que levam a produção de um bem tangível em outro com maior utilidade, acompanha o homem desde sua origem. Os homens pré-históricos quando realizavam o polimento de pedras e davam formatos a pedaços de madeira, a fim de transformá-los em utensílios ou armas, já desempenhavam uma atividade produtiva. Neste primeiro momento, a suposta produção realizada era para benefício próprio, não havendo nenhum interesse comercial ou de troca. Em um segundo momento, o homem começou a desenvolver habilidades manuais na produção de pequenos produtos, levando assim ao surgimento dos primeiros artesãos. Este tipo de produção é considerado o primeiro tipo de produção organizada, já que buscava atender a especificações previamente determinadas e estipulava preços para os produtos gerados.²

Com o passar dos anos, a evolução da produção artesanal e o aumento da demanda, os artesãos começaram a trabalhar em ambientes mais organizados, denominados de oficinas, dando-se assim início a divisão de trabalho, haja vista que artesãos menos experientes executavam trabalhos menos complexos e artesãos mais experientes executavam trabalhos com maior grau de complexidade.²

1.2 A Revolução Industrial

A redução da produção artesanal teve início com o advento da Revolução Industrial, a descoberta da máquina à vapor por James Watt em 1764 na Inglaterra proporcionou a substituição dos trabalhos realizados estritamente por processos manuais pelos primeiros processos mecânicos. Outros fatores inovadores para época foram: o agrupamento dos trabalhadores em fábricas (com organograma definido), a padronização de produtos e processos, o desenvolvimento de técnicas de planejamento e controle da produção, com foco em controle financeiro e a expectativa de atendimento de demandas através do desenvolvimento de técnicas de vendas.²

Eli Whitney em 1790 nos Estados Unidos da América (EUA) deu origem a mais um novo conceito para a época, ou seja, a padronização por componentes. Isto foi estabelecido com a implementação da produção de mosquetões com peças intercambiáveis. Até então, a produção de um rifle era feita artesanalmente com peças dedicadas a uma única unidade, sem possibilidade de troca entre elas, este conceito só pôde ser posto em prática em virtude de todas as peças que compunham uma unidade terem sido previamente registradas por meio de croquis e moldes, empregando o princípio da divisão do trabalho, com repetibilidade de atividades, executando a produção por meio do sistema de manufatura. Com a utilização de moldes, os trabalhadores da época podiam cortar os materiais baseando-se nos moldes de cada peça, iniciava-se assim a função projeto de produto, ao qual trouxe a preocupação com a precisão das peças manufaturadas. Cabe ressaltar que Whitney já havia revolucionado anteriormente o setor algodoeiro americano ao inventar a máquina de processar algodão, aumentando intensamente a produtividade neste setor.⁸

1.3 Frederick Wislow Taylor e a Administração Científica

No fim do século XIX, Frederick Wislow Taylor começou a desenvolver nos EUA trabalhos que evidenciavam um conceito sistemático de produtividade. O foco no aumento da eficiência dos processos com redução de custos era um dos principais pilares de seus estudos, impulsionado pela franca expansão da indústria norte-americana naquele período. Para Taylor, a elevação dos níveis de eficiência de processos produtivos só poderia ser alcançada se os referidos processos fossem minuciosamente estudados, podendo denominá-los de estudo do trabalho, sendo estes divididos em estudo do método e medida do trabalho. O estudo do método consistia em registrar e criticar sistematicamente os métodos adotados de realização do trabalho, objetivando desenvolvê-los com a aplicação de métodos mais eficazes e de menor custo. Já a medição do trabalho pautava-se no estabelecimento de tempo para que um trabalhador específico pudesse realizar um determinado trabalho em um nível de desempenho pré-estabelecido. ^{1,2,8}

Em 1911 Taylor publicou o livro intitulado de “Administração Científica”, onde constam alguns tópicos que nortearam seus estudos, como: ¹

- Os métodos de trabalho deveriam ser investigados de forma científica para poderem estabelecer leis, regras e fórmulas dos melhores métodos.
- A abordagem investigativa do estudo do trabalho era necessária para poder parametrizar a carga diária de trabalho.
- Os trabalhadores deveriam ser selecionados, treinados e desenvolvidos para desempenhar com máxima eficiência suas funções.
- Os administradores deveriam desempenhar função de planejadores do trabalho, analisando e padronizando o melhor método a ser empregado, enquanto os outros trabalhadores deveriam ser os executores dos trabalhos previamente estabelecidos.

- A cooperação entre a administração e os trabalhadores deveria ser estimulada para que o objetivo de ambos pudesse ser alcançado.

Posteriormente a publicação de seu livro, Taylor foi bastante criticado em virtude dos métodos empregados em seus estudos, que segundo os críticos da época, davam uma conotação extremamente mercadológica e despreocupada em relação aos aspectos sociais, tendo segundo eles, uma visão do ser humano denominada de *homo economicus*.⁹

1.3.1 Henry Gantt e Frank Gilbreth

A difusão e desenvolvimento dos conceitos abordados pela Administração Científica contaram com a participação de outros nomes de importância a época, dentre estes destacam-se Henry Gantt e Frank Gilbreth. O primeiro trabalhou com Taylor na *Midvale Steel* e em outras empresas, tendo como marco principal de seus estudos o desenvolvimento da programação de atividades ao longo do tempo através de gráficos horizontais ilustrativos, denominados de “Gráficos de Gantt”. Sua técnica foi amplamente empregada durante a Primeira Guerra Mundial durante a construção de navios para a Marinha Americana, tais gráficos são utilizados até os dias atuais como uma das principais ferramentas no gerenciamento de projetos.⁸

Gilbreth, outro renomado estudioso da época, focou seus trabalhos na área da construção civil onde desdobrou os estudos de tempos, anteriormente difundidos por Taylor, denominando-os estudos de movimentos. Nestes estudos, Gilbreth elencou dezoito movimentos humanos básicos, chamados de “Therbligs”, sendo o primeiro estudioso a empregar a técnica de registro de imagens em estudo de movimentos.⁸

1.3.2 Henry Ford

No início do século XX ocorreu um dos grandes marcos da Administração Científica: a fabricação do primeiro Ford T, em 1908, por Henry Ford. Cabe ressaltar que anteriormente a este lançamento, alguns precursores já haviam sido fabricados por Ford artesanalmente, como foi o caso do quadriciclo que foi batizado com seu nome em 1896. Além deste, o Arrow e o 999 já haviam sido fabricados com o objetivo de participar de corridas automobilísticas. Seu primeiro carro produzido em ambiente industrial foi o Ford Modelo A em 1903 na *Ford Motor Company*, sua terceira experiência industrial no ramo automobilístico, já que duas experiências anteriores com a *Detroit Automobile* e a *Henry Ford Company* não haviam prosperado. A partir de 1910, com a inauguração da fábrica de *Highland Park*, Ford inseriu o conceito de linha de montagem seriada no ambiente produtivo, uma inovação tecnológica para a época, que ficou consagrada com o nome de produção em massa. As principais características deste tipo de produção são: ^{2,8}

- Padronização do produto final.
- Intercambialidade de peças.
- Linha de montagem por esteira transportadora.
- Divisão do trabalho.
- Desconhecimento do processo global.
- Velocidade de produção ditada pela linha de montagem.
- Surgimento de trabalhos indiretos para dar suporte à atividade principal.

1.4 A crise de 1929 nos EUA

Os anos 30 foi um período marcado por extremas turbulências, iniciado pelos reflexos da quebra da bolsa de valores em 1929, que desencadeou um ambiente econômico recessivo com queda brusca de demanda. Em virtude dos diversos segmentos industriais estarem operando a época com o sistema de produção em massa, havia um desbalanceamento entre oferta e a procura de produtos, forçando as indústrias a buscarem consumidores para possibilitar o escoamento da produção. Com este cenário as empresas passaram a apostar na diferenciação dos produtos para ganhar mercado, com estratégias voltadas para o *design* e a qualidade. Esta última, até então, era baseada em inspeções realizadas ao término dos processos produtivos, utilizando a segregação de produtos defeituosos como a principal ferramenta de qualidade. A alteração desta filosofia começou com a inserção da política de monitoramento da qualidade dos processos produtivos e não mais somente dos produtos finais, Walter A. Shewhart foi um dos grandes responsáveis por esta alteração, haja vista que desde 1926 desenvolvia estudos sobre controle estatístico de processo.¹⁰

1.5 A 2ª Grande Guerra Mundial (2ª GM) e o período pós-guerra

O início da 2ª GM em 1939 levou as grandes empresas a voltarem seus esforços ao apoio dos respectivos países envolvidos no conflito de caráter mundial. Neste período algumas áreas foram fortemente desenvolvidas, como logística, programação, produção, controle de qualidade e análise matemática para identificação de pontos favoráveis no ambiente operacional, surgindo assim a pesquisa operacional. A utilização e o desenvolvimento desta pesquisa no período da 2ª GM, onde a tomada de decisão passou a ser influenciada por uma abordagem científica, teve influência determinante na gestão operacional das empresas no período do pós-guerra. Isto foi devido à migração da aplicação destas técnicas dos campos de batalha para o cenário industrial.¹⁰

Com o término da guerra em 1945, o cenário industrial na Europa e Japão, locais onde se concentraram as atividades bélicas, era de devastação. A capacidade produtiva das fábricas estava seriamente abalada. Em contrapartida, com o término da demanda reprimida pelos confrontos, iniciou-se um retorno acelerado pela busca por produtos, ou seja, o aquecimento da economia se tornava uma realidade. Neste ambiente, a tendência de mercado era de consumidores menos exigentes com padrões de qualidade, desenhando-se oportunidades para os produtos fabricados com o conceito de produção em massa, onde praticamente “qualquer” produto posto no mercado era rapidamente consumido. Este cenário fortemente “comprador” fez com que as técnicas recém desenvolvidas fossem subutilizadas principalmente nos EUA, gerando um longo período de estagnação na gestão de operações nas empresas ocidentais.¹⁰

1.6 A reconstrução do Japão e o surgimento do *Just in Time* (JIT)

O período pós-guerra no Japão, iniciado em 15 de agosto de 1945 com a rendição das tropas japonesas, foi marcado pelo forte envolvimento da sociedade na reconstrução do país e das atividades produtivas. A superação das dificuldades oriundas de um país arrasado com os bombardeios da guerra, com forte escassez de recursos para as atividades industriais, tornou-se um complicador para a retomada do crescimento, porém em contrapartida, acabou sendo fator motivador para o desafio que estava posto naquela ocasião.¹⁰

Um dos personagens principais da reconstrução do Japão foi Toyoda Kiichiro, presidente da *Toyota Motor Company*, empresa que inicialmente produzia teares para a indústria têxtil e que a partir de 1934 começou a produção de automóveis. Para Kiichiro a retomada da capacidade produtiva da Toyota em níveis competitivos, deveria acontecer em um curto espaço de tempo e com foco em produtividade, sendo então lançado o desafio que em três anos sua empresa deveria alcançar os níveis das empresas americanas, caso contrário ela não sobreviveria. Surgiria então o Sistema Toyota de Produção, desenvolvido por Taiichi Ohno, Gerente de Produção da Toyota na época, renomeado posteriormente de JIT pelos ocidentais. O cerne do referido sistema consistia em identificar e eliminar qualquer possibilidade de desperdício, até por que as condições de escassez de recursos impostos pela época não permitiriam, para assim elevar a produtividade.¹⁰

Como forma de conceituar o que significa o termo JIT, pode-se dizer que esta filosofia preconiza que a produção de bens e serviços deve ocorrer exatamente no momento em que são necessários, sem a antecipação que proporcione estoques em processo e sem atrasos para que a demanda possa ser atendida dentro dos prazos estabelecidos. Seguindo uma lógica de “produção puxada”.¹

Alguns requisitos devem ser atendidos para que o gerenciamento das atividades produtivas, fazendo uso do JIT, possa obter sucesso: ^{1, 11}

- A qualidade deve ser uma ferramenta amplamente empregada e difundida, as falhas de processamento afetam diretamente o fluxo de materiais pela cadeia produtiva e geram estoques em processo caso a taxa de produção seja reduzida.
- A velocidade do fluxo de materiais é essencial para atender a demanda estabelecida através da produção e não por estoques de proteção de produtos acabados.
- A confiabilidade nos materiais e equipamentos são itens primordiais para a obtenção de um fluxo rápido de processamento.
- A flexibilidade é importante, devido ao fato da necessidade de atendimento de demanda de uma gama variada de produtos e diferentes volumes.
- Com a busca da excelência nos itens anteriores, consegue-se a redução de custo.

A definição pura e simples do termo JIT não consegue englobar todos os seus desdobramentos na gestão da cadeia produtiva, portanto a análise comparativa com os métodos adotados pela gestão tradicional é a melhor forma de analisá-lo. ¹

1.6.1 Comparação JIT com métodos tradicionais

A forma tradicional de processamento da manufatura adota uma lógica de “produção empurrada”, com consideráveis níveis de estoque em processo entre os estágios produtores, objetivando reduzir a possibilidade de interrupção do processo produtivo em qualquer um dos centros de trabalho que compõem a cadeia produtiva, seja por problemas de qualidade nos lotes em processo, ou por possíveis quebras de equipamentos nos centros de trabalho, conforme ilustrado na Figura 2.¹

A comparação mais comumente utilizada para entender melhor o JIT é fazendo um paralelo com a técnica que emprega o planejamento da necessidade de materiais ou *Materials Requirements Planning* (MRP), conforme apresentado à seguir na Tabela 1. Esta ferramenta teve origem na década de 50 e possibilita o cálculo da necessidade futura dos itens que compõem as diversas “árvores de produto” do portfólio de uma empresa, como também em que momento estes itens devem ser disponibilizados para a produção. Até a década de 60 estes cálculos eram realizados manualmente, porém a partir do surgimento dos computadores, estes cálculos passaram a ser realizados de forma rápida e prática. Com o passar dos anos, mais precisamente nas décadas de 80 e 90, o conceito de MRP expandiu-se para outras áreas das empresas além do universo do planejamento de materiais, passando a ser denominado *Manufacturing Resource Planning* (MRP II) ou planejamento das necessidades de manufatura, permitindo a avaliação do impacto da futura demanda também nas áreas financeiras e de engenharia.^{1,10}

Um dos fatores mais importantes nos cálculos elaborados pelo MRP é a determinação do tipo de demanda que será atendida, podendo esta ser dependente ou independente. No caso da primeira, ocorre uma estimativa de demanda para que o cálculo da necessidade de materiais possa ser realizado, já na segunda, o cálculo é feito baseado em uma demanda dita “firme”.¹⁰

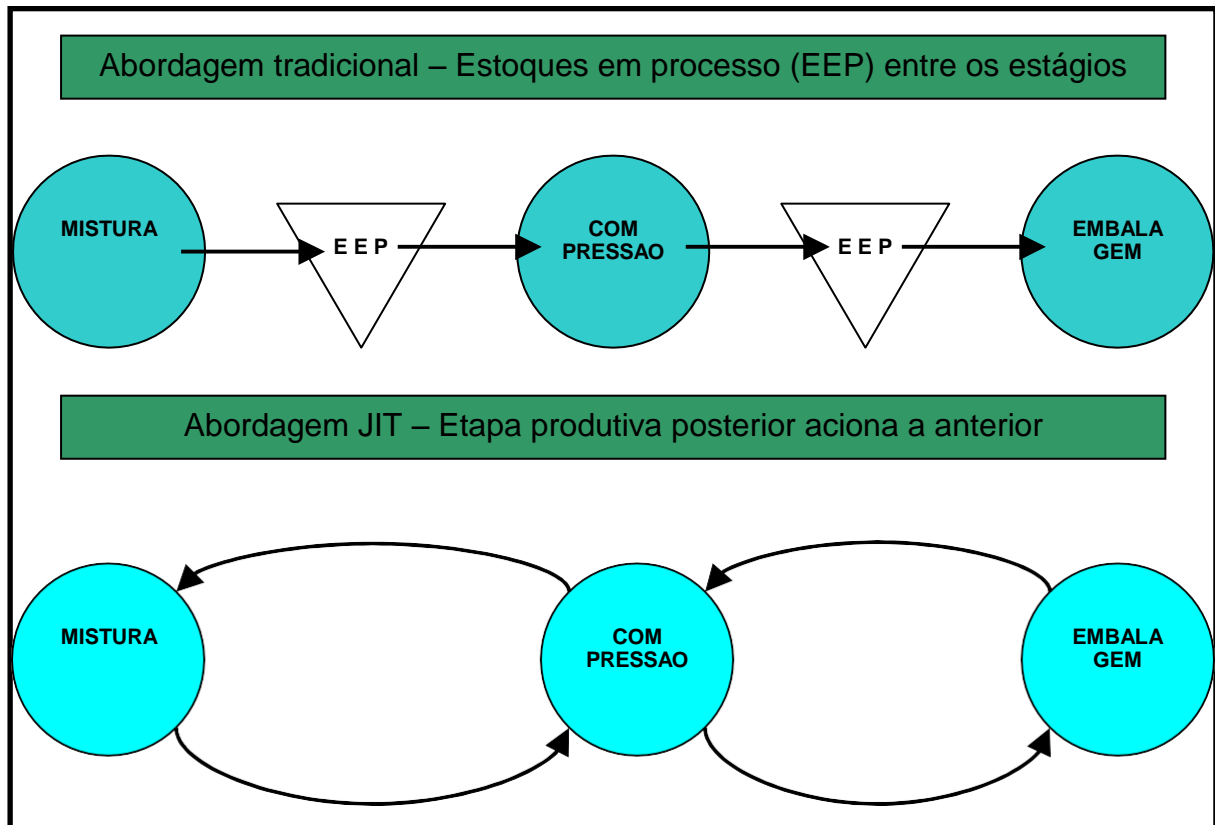


Figura 2 – Fluxo comparativo entre a abordagem tradicional e a abordagem JIT

Um componente importante como dado de entrada para a sinalização de demanda é o programa mestre de produção ou *Master Production Schedule* (MPS), que compila a projeção de demanda, levando em consideração as variações econômicas e as novas tecnologias para poder disparar as necessidades de materiais, mão de obra e as ordens de produção. ²

Tabela 1 – Análise comparativa entre JIT e MRP

JIT	MRP
<ul style="list-style-type: none"> O fluxo do processo ocorre de forma “puxada” pela demanda do centro de trabalho posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> O MPS inicia o processo de “puxada” do sistema, porém o processo ocorre pela lógica “empurrada”.
<ul style="list-style-type: none"> Sistema de controle do fluxo extremamente simples, utilizando cartões, denominados kanbans, entre os centros de trabalho que compõem a cadeia produtiva, como forma de movimentar ou produzir materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> O MRP lança ordens de produção demandadas pelo MPS como unidade de controle, sendo o atendimento do programa o principal aspecto do monitoramento.
<ul style="list-style-type: none"> Planejamento e controle descentralizados, decisões não se baseiam em sistemas computadorizados. 	<ul style="list-style-type: none"> Sistema requer organização computadorizada, isso torna as necessidades dos clientes aparentemente distantes para os funcionários.
<ul style="list-style-type: none"> Programação por taxa de produção, itens por unidade de tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> O MRP é extremamente dependente da exatidão dos dados de entrada da lista de materiais, controles de estoques e outros controles.
<ul style="list-style-type: none"> Incentivo na flexibilização dos recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> O MRP adota um cenário de produção estático, usando <i>lead times</i> (tempos de ressuprimento) fixos nos cálculos de quando os materiais deverão chegar aos centros de trabalho, porém estes podem variar.
<ul style="list-style-type: none"> Planejamento e controle é parte de uma filosofia maior. 	<ul style="list-style-type: none"> O sistema tem a necessidade de atualização constante.

1.7 A *Optimized Production Technology* (OPT) e a TDR

A TDR ou TOC originou-se da evolução de estudos iniciados na década de 60 por um grupo de pesquisadores israelenses, do qual fazia parte o físico Eliyahu Moshe Goldratt. Ele desenvolveu uma lógica aplicada à gestão de operações que seguiam duas premissas principais: o gerenciamento da capacidade produtiva e de seus fluxos processados submetidos a esta capacidade.¹⁰

Os conceitos aplicados por esta teoria evidenciam a importância da realização da programação de produção priorizando o recurso “gargalo”, de forma a não sobrecarregar desnecessariamente centros de trabalho que não são considerados a restrição do sistema - recursos “não gargalo”. A tecnologia que inicialmente utilizou esta sistemática foi o OPT, que originalmente em 1979 significava programação otimizada da produção ou *Optimized Production Timetables*. Esta era baseada na programação de produção de maneira informatizada através da utilização de um *software* específico e que somente em 1982 teve seu nome oficialmente alterado para *Optimized Production Technology*.^{1,6}

Os conceitos difundidos na tecnologia OPT consideravam que para se ter sucesso em sistemas produtivos, as empresas deveriam obter altos índices de desempenho em três objetivos operacionais: maximizar o fluxo de produtos vendidos (Ganho ou *Throughput*), reduzir os níveis de estoque no sistema (Inventário ou *Inventory*) e reduzir despesas com a transformação dos estoques em fluxo de produtos vendidos (Despesas Operacionais ou *Operating Expense*).^{10,12}

Ao longo dos anos foram desenvolvidas novas versões do *software* OPT, porém a utilização do referido termo deve-se limitar somente à descrição deste *software*, que baseia-se na programação finita de produção com foco na elevação dos níveis de produção do recurso “gargalo”.^{1,6,12}

A tecnologia OPT preconizava que alguns princípios básicos deveriam ser seguidos para que houvesse sucesso na sua implantação: ¹⁰

- Balancear o fluxo e não a capacidade.
- A utilização de um recurso “não gargalo” não é determinado por sua disponibilidade, mas sim pela restrição do sistema, recurso “gargalo”;
- Utilização e ativação não são sinônimas.
- Uma hora ganha no recurso “gargalo” é uma hora ganha para todo o sistema.
- Uma hora ganha em um recurso “não gargalo” não é nada, e só uma miragem.
- O lote de transferência pode não ser e, frequentemente não deveria ser, igual ao lote de processamento.
- O lote de processamento deve ser variável e não fixo.
- Os “gargalos” não só determinam o fluxo do sistema todo, mas também definem seus estoques.
- A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não sequencialmente. *Lead times* são resultados da programação e não podem ser assumidos *a priori*.

Goldratt em 1984 publicou o livro *A Meta*, que teve o propósito de apresentar de forma lúdica os problemas que um gerente de produção tem em seu cotidiano. Os destaques desta obra foram para a importância e a correta exploração do recurso “gargalo” no ambiente produtivo como forma de aumentar o desempenho do sistema como um todo. Na referida publicação, Goldratt não citou os termos: “Tecnologia de Produção Otimizada (OPT)”, “Sistema Tambor – Pulmão – Corda (TPC)” ou “*Drum-Buffer-Rope*” (DBR) e “gerenciamento baseado em pulmões” ou “*Buffer Management*” (BM). Todavia, algumas empresas começaram a adotar os conceitos descritos no livro, sem a utilização do *software* OPT, e alcançaram bons resultados. A partir do sucesso destas empresas e do surgimento de conceitos subjacentes após a publicação daquele livro, Goldratt concluiu que deveria

desenvolver um método pelo qual os conceitos difundidos em seu estudo pudessem ser uma ferramenta de melhoria contínua. Ele entendeu que era necessário priorizar a criação de uma teoria para administrar as organizações ao invés de aprimorar a metodologia de programação do *software* OPT. Diante disso, em 1987, surgiu o termo Teoria das Restrições ou *Theory of Constraints*.^{6,13}

A partir deste ponto começa a ficar clara a diferença entre o OPT e a TDR, haja vista a *Theory of Constraints* tratar-se de uma ampla filosofia gerencial que extrapola os conceitos restritos ao uso de um *software* de programação de produção (*software* OPT), não podendo, portanto, ser considerado sinônimos.¹²

Para que se possa obter um melhor entendimento da TDR é recomendável dividi-la em três partes principais e abordá-las separadamente, sendo elas: Logística; Sistema de indicadores de desempenho / Processo de focalização de cinco etapas; e Processos de pensamento, conforme já mencionado anteriormente na Introdução deste trabalho.

1.7.1 Logística

1.7.1.1 Sistema TPC

A principal ferramenta utilizada neste ramo da TDR é a metodologia de programação de produção pelo Sistema TPC, ilustrado a seguir na Figura 3, sendo composto de três elementos principais: o Tambor, o Pulmão e a Corda.¹

O recurso denominado “gargalo” dita o ritmo de produção para toda a linha produtiva, sendo chamado de Tambor do Sistema TPC, seu ritmo determina a programação dos recursos que não são considerados restrições do sistema, denominados “não gargalo”. É de extrema importância que o MPS seja elaborado de tal forma que o “gargalo” opere o máximo de tempo possível, tendo como meta 100% de ocupação. Já os outros centros de trabalho devem ter uma programação de produção que suporte a premissa de não deixar o recurso “gargalo” ocioso, sob pena de perda de ganho de todo o sistema.^{1,6}

Como o ritmo do sistema está condicionado ao ritmo do Tambor, este deve ser utilizado ao máximo, conseqüentemente havendo a necessidade de protegê-lo contra eventuais desabastecimentos. Sendo assim, lotes produtivos em estágio intermediário são posicionados nas periferias do recurso “gargalo”, sendo chamados de Pulmão. De acordo com o posicionamento dos lotes no fluxo produtivo, o Pulmão terá uma nomenclatura específica, sendo denominado Pulmão de Recurso ou de Tempo quando posiciona-se antes da restrição e Pulmão de Espaço (PE) ou de Montagem quando está posicionado após a restrição. Para melhor entendimento, chamaremos de Pulmão de Proteção da Restrição (PPR) quando este estiver posicionado antes da restrição e Pulmão de Espaço (PE) quando o posicionamento for após a restrição. O PPR tem a função específica de proteger a restrição de desabastecimentos de materiais a serem processados, principalmente em virtude da parada de máquinas posicionadas antes do recurso crítico, o preenchimento deste Pulmão, como fator de segurança para todo o sistema, deve ocorrer constantemente. O PE tem a função específica de evitar o bloqueio da restrição por flutuações estatísticas que possam ocorrer em centros de trabalho posteriores a ele, o que poderia causar a interrupção de sua atividade. Com o dimensionamento

correto destes dois Pulmões, a restrição tende a ficar protegida e pode operar independente dos problemas que possam ocorrer nos outros centros de trabalho que compõem o sistema produtivo, a não ser que ocorra a quebra da máquina considerada o “gargalo” ou restrição do processo. Como nenhum sistema está imune a este tipo de ocorrência, um plano de manutenção preventiva deve ser elaborado pelo Departamento de Engenharia das organizações produtivas de tal forma que minimize a possibilidade de paradas por quebra. Entretanto, em algum momento, este tipo de evento poderá existir, cabendo ao sistema estar preparado de tal forma que, mesmo com a parada da restrição, o sistema continue operando por determinado tempo. Para isso, neste estudo adotou-se a premissa que o PE estaria dimensionado de tal forma a contemplar as flutuações estatísticas dos centros de trabalho pós-restrição, como também sua parada, seja por quebra ou para manutenção preventiva.^{1, 6, 12}

O conjunto de operações realizadas nos centros de trabalho anteriores a restrição tem seus ritmos de produção determinados pelo desempenho obtido no “gargalo” e não de acordo com suas próprias capacidades, caso contrário poderia gerar elevados Estoques em Processo (EEP) entre estes centros por assumir erradamente uma lógica de produção empurrada (*Push System*). A correta sintonia e sincronismo de produção dos centros de trabalho anteriores a restrição deve ser contemplada no MPS através de uma programação que tenha como premissa o acionamento destes centros no tempo correto e de tal forma que não desabasteça o PPR (*Pull System*), haja vista poder ocasionar a interrupção do “gargalo” como já dito anteriormente. Portanto, o conjunto de operações envolvidos neste processo, com o objetivo claro de repor os lotes do PPR, consumidos pelo “gargalo”, pode ser denominado de Corda.^{1, 6, 12}

Por fim, ainda existe a necessidade de proteção de uma restrição ainda não mencionada, o Mercado. O posicionamento de um Pulmão de Mercado ou de Expedição é comumente dimensionado e alocado nos Almojarifados de produtos acabados como forma de garantir as entregas de produtos nos prazos previamente acordados com os clientes. Este pulmão deverá contemplar o tempo de processamento produtivo nas etapas localizadas posteriormente à restrição.^{12, 14}

A ilustração da abordagem TDR / TPC pode ser vista na Figura 3.

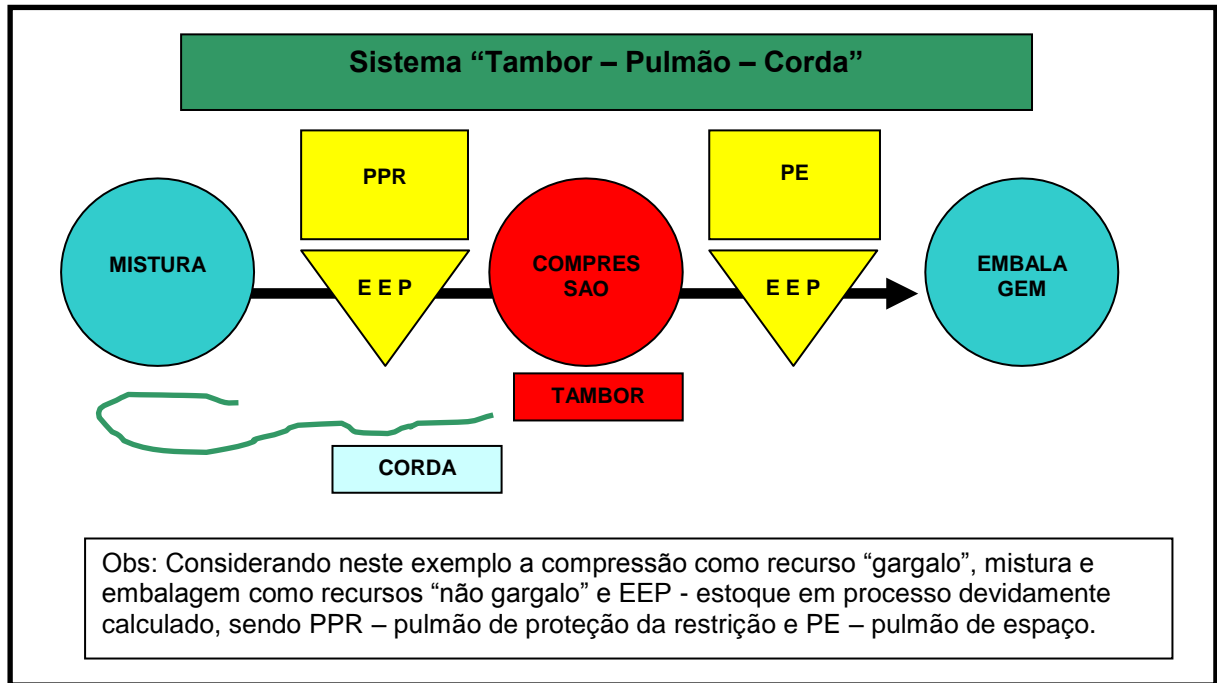


Figura 3 – Fluxo produtivo com a abordagem TDR / TPC

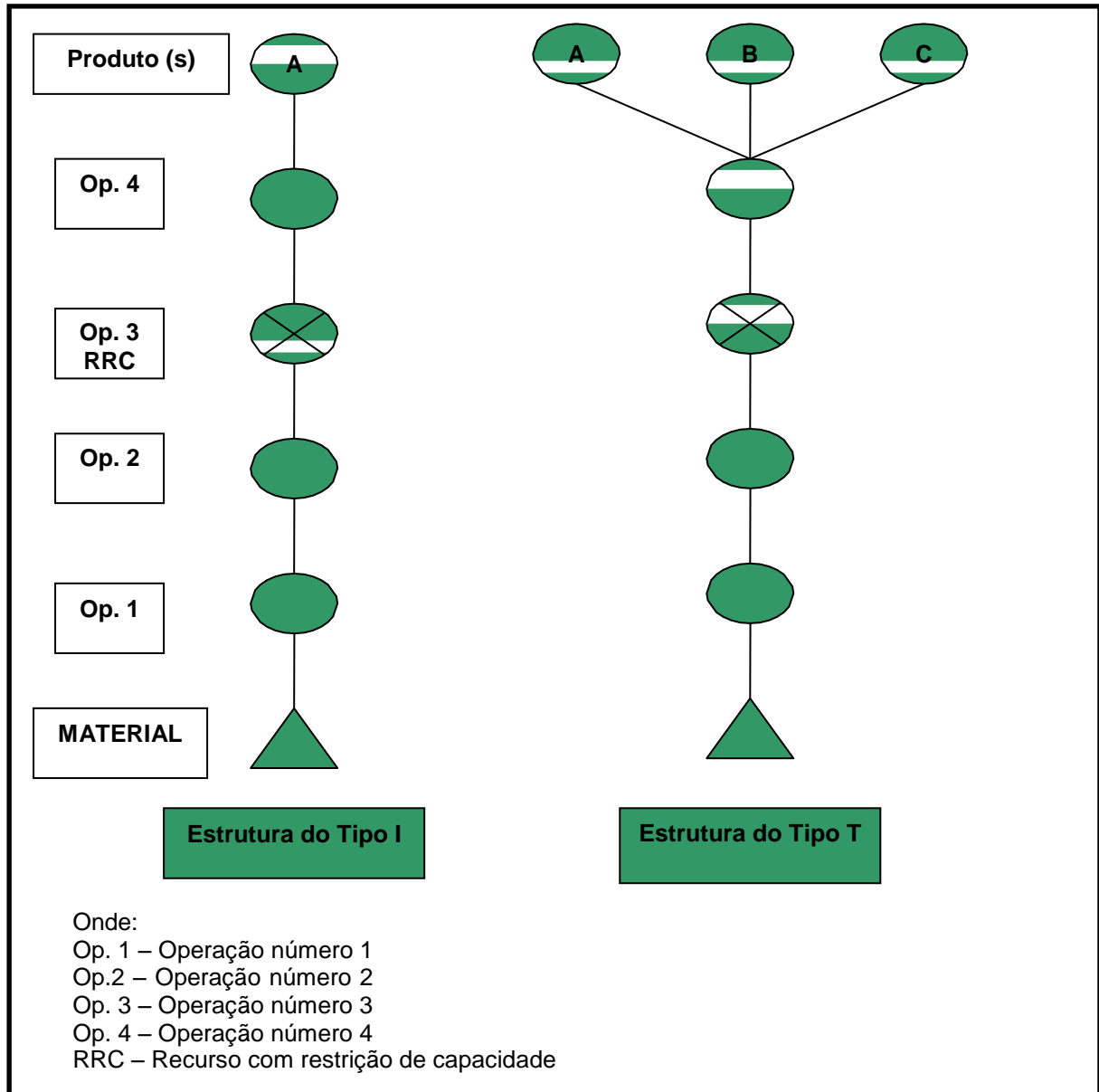
1.7.1.2 Análise V–A-T

Esta análise é baseada na determinação do fluxo geral de produtos, desde as matérias-primas até os produtos acabados. Ela contempla também os pontos de controle e de posição estratégica dos Pulmões, objetivando classificar os processos de produção. Tem por característica fazer uma interação entre produtos e processos, proporcionando uma abordagem sistêmica das organizações. A elaboração da estrutura lógica de cada produto é fundamental, esta deve conter a estrutura de produto ou árvore de produto que trata-se do documento que estabelece a relação do produto final e seus componentes. Adicionalmente, deve conter o roteiro de produção, este irá descrever a sequência operacional que as matérias primas e materiais deverão passar para que possa ser produzido o produto final. Neste roteiro deverão estar descrito o tempo de processamento em cada centro de trabalho, a hora padrão por operação e a identificação do centro produtor.⁶

Na análise V-A-T ocorre à combinação da estrutura de planejamento de materiais com a lógica dos roteiros de produção. Ela teve origem a partir das três formas típicas de processo que um produto ou uma família de produtos podem ter. Dessa maneira, podem ser definidas como: Estrutura Lógica V, Estrutura Lógica A e Estrutura Lógica T. Cabe ainda destacar que existem outros tipos de Estruturas Lógicas, como é o caso da Estrutura Lógica I, mais simples que as demais, utilizada neste trabalho.⁶

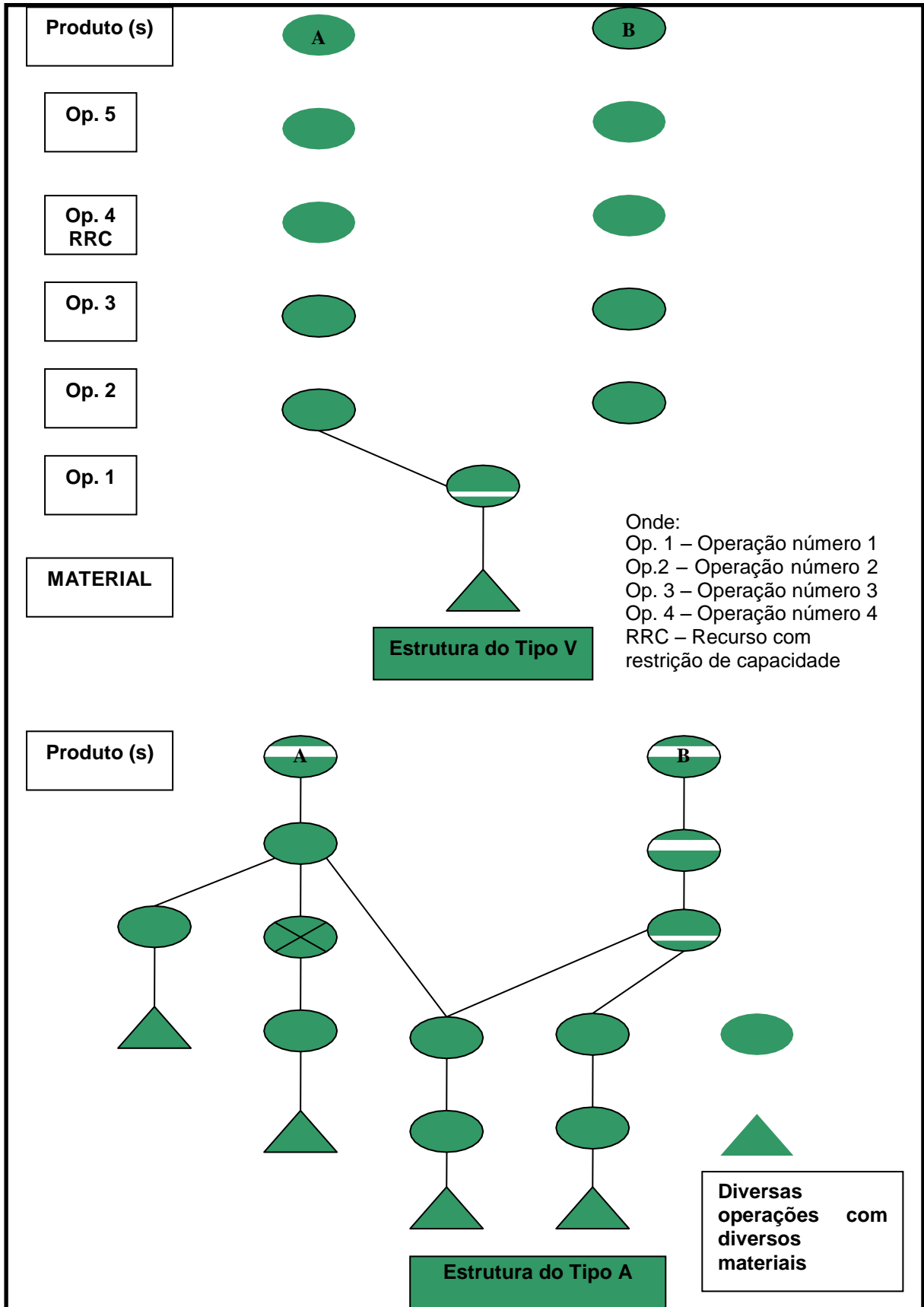
A Estrutura Lógica V tem, por definição, o início do processo com uma ou mais matérias-primas dando origem a vários produtos diferentes no decorrer do fluxo produtivo. A Estrutura Lógica A é caracterizada por pontos de convergência, muitas matérias-primas são fabricadas para a obtenção de poucos produtos finais. A Estrutura Lógica T caracteriza-se por muitos produtos finais similares, montados a partir de sub-montagens comuns. A Estrutura Lógica I assemelha-se a T, porém com a especificidade de geração de único produto final ao término do processo produtivo.⁶

As Figuras 4 e 5 apresentam uma forma de melhor visualizar os tipos de estruturas envolvidas na análise V-A-T.



Fonte: Cox e Spencer (2002)

Figura 4 – Estruturas Tipo I e T



Fonte: Cox e Spencer (2002)

Figura 5 – Estruturas Tipo V e A

1.7.2 Sistema de indicadores de desempenho e o processo de focalização de cinco etapas

Três indicadores de desempenho foram desenvolvidos por Goldratt objetivando apoiar o alcance das metas estabelecidas pelas empresas, estes indicadores foram divididos em abordagens no que tange ao Ganho (*Throughput*), Inventário (*Inventory*) e Despesas Operacionais (*Operating Expense*) com uma definição particularizada para o gerenciamento das restrições. O Ganho (*Throughput*) é definido como a taxa pela qual a empresa gera dinheiro; o Inventário (*Inventory*) está diretamente relacionado aos valores dos itens que ela adquire e por quanto irá vendê-los e Despesas Operacionais (*Operating Expense*) consiste nos valores investidos para que o inventário possa ser convertido em ganho.^{6, 15, 16}

O sistema de indicadores tem participação na decisão do *mix* de produtos a serem produzidos. O lucro é baseado pelo tempo gasto na restrição e não na alocação dos custos indiretos como preconizado na contabilidade tradicional. Outro fator importante é o processo de aprimoramento contínuo dos sistemas produtivos através do monitoramento de suas restrições, recomendando-se que o processo de focalização de cinco etapas ou passos sejam seguidos.⁶

O primeiro passo consiste em identificar a restrição do processo, podendo esta ser a própria demanda. Inicialmente esta identificação pode ser difícil em virtude do emprego de sistemas de controle e programação da produção que não priorizam a ocupação do “gargalo”. Isso pode indicar erroneamente a existência de mais de uma restrição no processo a ser analisado. A utilização da Estrutura Lógica V-A-T é uma excelente ferramenta para correta identificação da restrição de um sistema produtivo.^{6,17}

O segundo passo é dedicado à decisão de como explorar ao máximo a restrição do processo, buscando eliminar todos os desperdícios que possam haver como forma de aproveitar ao máximo a capacidade da restrição do sistema. Eleger a ordem de prioridade dos produtos a serem processados na restrição é de suma importância, já que os lucros devem ser maximizados. Portanto os produtos mais rentáveis devem ser programados prioritariamente. Um programa de redução de tempos não operacionais deve ser elaborado objetivando reduzir tempos de

preparação, otimizar processos de limpeza, reduzir retrabalhos, adotar a prática de manutenção preventiva.^{6,17}

O terceiro passo é o mais difícil de ser executado tendo em vista a necessidade de quebra de paradigmas, já que subordinar as decisões de todo o sistema à restrição requer a mudança das técnicas tradicionais de gestão no que tange à produtividade, a contabilidade de custos e as técnicas de avaliação de desempenho dos funcionários. A adequação da utilização da capacidade de centros de trabalho não restritivos, podem traduzir-se em redução de desempenho operacional destes centros caso o paradigma de que não necessariamente todos devem operar com o máximo de suas capacidades, mas sim operar de forma sincronizada de acordo com a necessidade da restrição do sistema.^{6,17}

O quarto passo consiste em elevar de alguma forma a capacidade da restrição do sistema, quando isto ocorre diz-se que houve um relaxamento da restrição. Para que esta etapa aconteça geralmente alguma intervenção é feita no centro de trabalho restrição do sistema, podendo ser adequação de um equipamento para elevar sua velocidade ou aquisição de mais equipamentos.^{6,17}

O quinto passo consiste em retornar ao primeiro caso a restrição tenha sido relaxada no quarto passo. O objetivo de retornar ao primeiro passo é identificar a nova restrição do sistema. No entanto, esta decisão deve ser estratégica, já que o posicionamento da restrição no sistema deve ser a mais rentável para a organização e a sua alteração deve ser bem avaliada pelos seus gestores.^{6,17}

1.7.3 Processos de pensamento

A terceira área da TDR é baseada na metodologia de identificação, análise e solução de problemas, focalizando suas ações em três questões principais: o que mudar, mudar para qual alternativa e como promover as mudanças. A lógica dos processos de pensamento é fortemente pautada nos diagramas de Efeito-Causa-Efeito (ECE) e na visão crítica da realidade. A TDR procura responder as três questões principais em que baseia sua metodologia utilizando importantes ferramentas, sendo elas: Árvore da Realidade Atual (ARA), Árvore de Dispersão de Conflitos ou Dispersão de nuvens, Árvore da Realidade Futura (ARF), Árvore de pré-requisito, Árvore de transição e Ramo negativo.^{6, 18}

- Árvore da Realidade Atual baseia-se na utilização de diagramas que utilizam relacionamentos de causa e efeito que tem o objetivo de determinar o problema raiz que causou o efeito ou efeitos indesejáveis no sistema.
- Árvore de Dispersão de conflitos ou Dispersão de nuvens baseia-se na lógica de revelar pressupostos ou supor eventos relacionados a um determinado problema, quando o pressuposto ou suposição é revelada torna-se possível determinar ações para eliminá-lo.
- Árvore da Realidade Futura retrata a lógica de construir e testar possíveis soluções antes de implementá-las. Esta ferramenta tem por objetivo inicial desenvolver, expandir e completar uma possível solução, em seguida promove a identificação e a solução dos novos problemas gerados a partir das soluções construídas inicialmente.
- Árvore de pré-requisito baseia-se na lógica de determinar os obstáculos que impedem a implantação de uma solução ou idéia; após a identificação dos obstáculos torna-se possível elencar os objetivos necessários para superá-los.
- Árvore de transição baseia-se na lógica de identificar e sequenciar ações necessárias para alcançar um objetivo. A transição denota o

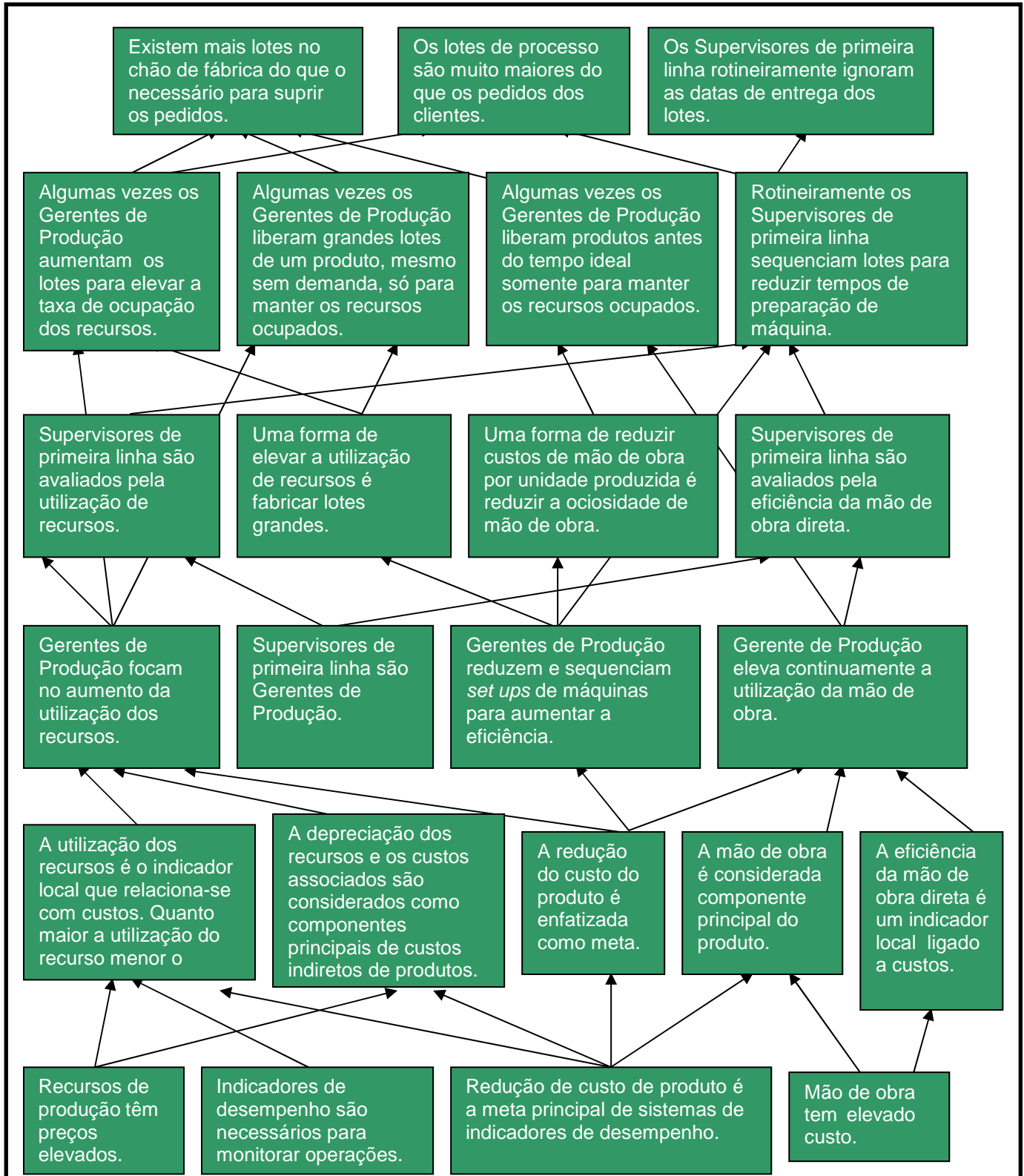
estágio de mudança da situação atual para a situação retratada no objetivo proposto.

- Ramo negativo baseia-se na estratégia de construir e testar possíveis soluções antes da sua implantação. A ferramenta tem por objetivo identificar o impacto de uma ação, mapear as consequências negativas desta ação e identificar ações extras que possibilitem alcançar os resultados desejados.

A Figura 6, ilustrada a seguir, traz um exemplo de ARA e para que se possa haver o entendimento correto de um diagrama, montado a partir da lógica de ECE, ele deve ser lido de baixo para cima e deve-se utilizar a lógica SE - ENTÃO para afirmações simples e a lógica SE – E – ENTÃO para lógicas compostas. Na origem da seta, antes de realizar a leitura da caixa de texto, lê-se inicialmente SE e respectivamente, na ponta da seta lê-se ENTÃO antes da leitura da caixa de texto subsequente. Nos casos em que existe mais de uma seta chegando em uma caixa de diálogo, tem-se afirmações compostas e deve-se inserir SE antes da leitura da primeira caixa de diálogo e E antes da leitura da segunda caixa de diálogo, estando esta localizada ao lado da primeira; para em seguida inserir ENTÃO antes da leitura da última caixa de diálogo, localizada acima destas duas iniciais. Em uma das extremidades do diagrama descrito esta lógica pode ser exemplificada da seguinte forma:

SE – Recursos de produção têm preços elevados – E – Indicadores de desempenho são necessários para monitorar operações – E – Redução de custo é a meta principal de sistemas de indicadores de desempenho - ENTÃO – A utilização dos recursos é o indicador local que relaciona-se com custos. Quanto maior a utilização do recurso menor o custo.

Este raciocínio deve ser seguido entre todas as caixas de texto até chegar ao topo do diagrama, cabe mencionar que as caixas localizadas na base estão relacionadas a causas básicas e descrevem o ambiente ao qual está se estudando, ficam fora da influência do construtor da árvore. As caixas centrais, também relacionadas a causas básicas, são responsáveis por aproximadamente 70% dos efeitos indesejáveis da árvore.



Fonte: Cox e Spencer (2002)

Figura 6 – Árvore da Realidade Atual

Cabe destacar que embora todas as áreas da TDR tenham sido abordadas, este trabalho procurou utilizar as metodologias mais difundidas e utilizadas em um

ambiente de produção, sendo elas: o sistema TPC e o processo de focalização das cinco etapas no gerenciamento das restrições.

1.8 Classificação dos ambientes produtivos

Antes da implantação de uma ferramenta de gestão em qualquer cenário produtivo deve-se saber a que tipo de ambiente este cenário se enquadra. Um fator importante é saber onde estarão concentrados os estoques, haja vista que este se localizará em pontos diferentes de acordo com o tipo de ambiente estudado.

Os ambientes de manufatura podem ser classificados de acordo com o posicionamento do estoque no sistema produtivo e pelo tipo de programação que é realizada, tendo-se então um tipo específico de ambiente: ²

- Ambiente MTS, *make to stock* ou fabricar para estocar, é caracterizado por produzir produtos padronizados e ter um tempo de entrega bem reduzido, porém tem a desvantagem de gerar altos estoques de produtos acabados. Neste tipo de ambiente, programam-se os produtos acabados através de previsão de vendas.
- Ambiente ATO, *assemble to order* ou montagem sob encomenda, é caracterizada pela configuração do produto final pelo cliente, conseqüentemente havendo a necessidade de manutenção de estoques de subconjuntos que farão parte do produto final. Neste ambiente, é feita a previsão e a programação dos componentes e dos subconjuntos e não dos produtos acabados.
- Ambiente MTO, *make to order* ou fabricação sob encomenda, o produto final é desenvolvido após o recebimento de uma demanda e seu projeto geralmente ocorre em paralelo com sua produção. No referido ambiente, faz-se uma previsão de aquisição de matérias-primas e de componentes mais críticos, baseados em uma possível demanda de produtos acabados, para estocá-los.
- Ambiente ETO, *engineering to order* ou engenharia sob encomenda, o projeto, a produção de componentes e a montagem final são feitas a partir de decisões do cliente, não havendo a manutenção de estoques. Este é um ambiente com características próprias, haja vista que a empresa detentora da tecnologia de produção trabalha com o

licenciamento de fabricantes para que possa produzir seus produtos. Neste caso o dimensionamento da capacidade instalada dos fabricantes é estratégico para a manutenção dos prazos de entrega dos produtos contratados aos clientes.

No caso da produção de medicamentos, pode-se assumir que o ambiente MTS e MTO são os que mais se enquadram na realidade da produção privada e estatal, sendo o primeiro mais próximo das empresas que trabalham com uma previsão de vendas determinada pelo Setor de *Marketing*, sendo comumente usado o sistema de metas para estimar a demanda a ser produzida, deslocando-se o estoque para o final da cadeia produtiva e o segundo caso mais próximo a uma realidade de demanda “firme” em que o fabricante trabalha contra pedido, deslocando-se o estoque para o início da cadeia.²

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Demonstrar as vantagens da aplicação da TDR na gestão da cadeia produtiva em um Laboratório Farmacêutico Oficial de grande porte, situado na cidade do Rio de Janeiro.

2.2 Objetivo específico

Empregar os conceitos da TDR nos fluxos dos processos produtivos dos produtos Antirretrovirais (ARV) e Antivirais (AV) da Planta Produtiva do Prédio 70 do Complexo Tecnológico de Medicamentos (CTM) de Farmanguinhos através das seguintes ações:

- Mapear os fluxos dos processos produtivos.
- Realizar estudo de cronoanálise dos eventos identificados no mapeamento dos fluxos produtivos.
- Identificar as restrições (“gargalos”) dos processos produtivos.
- Dimensionar “pulmões” de proteção das restrições e “pulmões” de espaço para cada processo produtivo.

3 JUSTIFICATIVA

3.1 Justificativa Técnica

Para justificar o presente trabalho faz-se necessária uma breve análise comparativa entre a abordagem tradicional e a que é proposta pela TDR. Para isso a quebra de paradigmas é fundamental, haja vista que na abordagem da manufatura tradicional a ocupação máxima da capacidade produtiva de todos os centros de trabalho de um sistema produtivo expõe uma idéia equivocada de melhor ocupação da capacidade instalada. Estando associado a esta forma de ocupação da capacidade, ocorre o planejamento de produção de forma “empurrada”, em que a premissa básica consiste em produzir e transferir a produção de um centro de trabalho anterior para um posterior independente da necessidade deste último receber o produto em processo, até porque o foco principal desta metodologia é a redução de ociosidade dos centros de trabalho. A consequência das decisões equivocadas da abordagem tradicional, em que não há uma visão ampla do processo, é o elevado número de estoques em processo, gastos elevados e desnecessários com o custeio de matérias-primas, materiais de embalagem, reagentes, elevado número de análises de controle de qualidade, dentre outras.^{2,6}

Em contrapartida, na metodologia apresentada pela tecnologia OPT / TDR, o gerenciamento do fluxo produtivo ocorre através do gerenciamento de sua restrição (“gargalo”), sendo a capacidade de produção do centro de trabalho restritivo definida como a capacidade de produção da linha ou sistema produtivo, estando, portanto, todo o sistema subordinado à sua capacidade de produção. Em virtude dos centros de trabalho não restritivos (“não gargalos”) terem capacidade produtiva superior à restrição, não há a necessidade de programá-los com toda a sua capacidade, mas sim ocupá-los de tal forma que a restrição nunca fique desabastecida. A estratégia utilizada para garantir a operacionalidade constante da restrição é protegê-la com um “pulmão”, que na verdade tratam-se de lotes em processo, previamente determinados quanto a número e tamanho, entre o centro de trabalho restritivo e o centro de trabalho anterior. Com estas medidas o fluxo do processo produtivo ocorre de forma equilibrada, numa dinâmica de produção “puxada” (*pull system*),

respeitando-se a capacidade de processamento do sistema produtivo, não sobrecarregando os centros de trabalho não restritivos desnecessariamente, reduzindo estoques em processo, níveis de estoques de matérias-primas, materiais de embalagem, reagentes e análises de controle de qualidade.^{2,6}

Portanto, é justificável o emprego da TDR no ambiente produtivo ao qual o referido estudo foi realizado, já que segue uma lógica tradicional de produção “empurrada” (*push system*), sem a priorização de programação de produção de lotes produtivos a partir das restrições dos fluxos produtivos e de suas proteções.

3.2 Justificativa Estratégica

Outro fator que justifica a implantação da TDR no ambiente produtivo em questão é a importância estratégica do programa DST – AIDS e Hepatites Virais no contexto das políticas públicas de saúde do Governo Brasileiro, já que os medicamentos ARV e AV fazem parte do arsenal terapêutico utilizado nos protocolos de tratamento de soro-positivos, sendo de suma importância a implantação de ferramentas de gestão que possam elevar a eficácia no atendimento das demandas contratadas do referido programa.

Como forma de evidenciar o problema que a epidemia de AIDS tem no Brasil e no mundo, cabe mencionar que o último relatório publicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2010 demonstrou que: 34 milhões pessoas no mundo são portadoras do vírus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*), sendo 30,6 milhões de adultos e 3,4 milhões de crianças abaixo de 15 anos, com uma taxa de mortalidade de 1,8 milhões de pessoas por ano. No Brasil, segundo a Versão Preliminar e Resumo Analítico do Boletim Epidemiológico DST – AIDS 2011 do MS foram notificados desde 1980 até junho de 2011 608.230 casos de portadores do vírus HIV, sendo deste quantitativo 397.662 portadores do sexo masculino (65,4%) e 210.538 portadores do sexo feminino (34,6%), com a seguinte distribuição pelas regiões: 343.095 casos no sudeste, 123.069 casos no sul, 78.686 casos no nordeste, 35.116 casos no centro-oeste e 28.248 casos no norte.^{19,20}

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos escolhidos para elaboração desta dissertação seguiram a premissa inicial de avaliação de qual grupo de medicamentos produzidos em Farmanguinhos a TDR deveria ser aplicada para demonstrar sua importância como ferramenta de gestão na cadeia produtiva, bem como qual forma seria utilizada para realizar os mapeamentos dos processos produtivos e a coleta de dados destes processos para dar suporte à implantação da referida ferramenta.






4.1 Delineamento de Escopo de Produtos

Para a definição do universo de produtos que participaram do estudo foi utilizada a metodologia de classificação ABC, priorizando-se a análise das receitas alocadas pelo MS no ano de 2009, bem como o quantitativo contratado em UF naquele ano. Para identificação dos produtos a serem estudados, inicialmente fez-se uma análise da demanda total contratada em UF e os valores destas receitas frente aos programas que responderam pelo maior percentual deste universo.

4.2 Metodologia de Mapeamento

Sequencialmente à escolha do grupo de medicamentos escolhidos, a forma de como descrever as atividades produtivas e a coleta dos tempos envolvidos em cada evento foram definidas, optando-se pela metodologia criada por Frank Gilbreth, que criou um conjunto de quarenta símbolos utilizados na preparação de diversos tipos de gráficos, possibilitando a enumeração rápida das atividades envolvidas num processo produtivo. Para melhor entendimento dos símbolos gráficos, a Tabela 2 ilustra o significado de cinco deles, padronizados pela *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) a partir da descoberta de Gilbreth: ²¹

Tabela 2 – Descrição da simbologia empregada nos fluxos de processo

	Operação – ocorre quando existe modificação intencional em uma ou mais características do objeto de estudo do fluxo.
	Transporte – ocorre quando há deslocamento de um lugar para outro, exceto quando o transporte é parte da operação ou inspeção.
	Inspeção – ocorre quando um objeto é comparado com um padrão.
	Espera – ocorre quando a próxima ação planejada não acontece.
	Armazenamento – ocorre quando um objeto é mantido sob controle e a sua retirada necessita de autorização.

Fonte: Barnes (1977)

Foram realizados dois tipos de mapeamento, um denominado Mapafluxo de Gilbreth Versão Total (Vs 1) e outro denominado Mapafluxo de Gilbreth Versão Compacta (Vs 2) para descrever as atividades fabris dos produtos com as seguintes formas farmacêuticas: comprimidos revestidos (Lamivudina 150 mg e Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg), comprimidos simples (Nevirapina 200 mg) e cápsulas (Ribavirina 250 mg). A Vs 1 contemplou todas as atividades produtivas que um lote obrigatoriamente tem que sofrer, desde o recebimento das matérias-primas que compõem a fórmula padrão de cada produto até a sua expedição final, conforme transcritos nos Anexos A, B e C. A partir destes a Vs 2 foi feita, contemplando somente os eventos ocorridos desde a programação dos lotes produtivos até a transferência de *pallets* contendo os produtos embalados, conforme ilustrado nos Anexos D, E e F.

Ambas as versões contemplam o descritivo das atividades realizadas em cada evento, os somatórios de todos os eventos, de cada tipo de atividade realizada durante todo o mapeamento e o setor executor de cada atividade. A Vs 2 contempla também o tempo gasto para execução de cada evento em horas, bem como o tempo

total de atravessamento do lote pelo sistema produtivo. Com estas informações, foi realizada análise criteriosa dos tempos de processamento de cada atividade produtiva, os tempos de espera que antecederam a entrada em uma operação e a identificação dos eventos que responderam pelo maior número de horas dos processos produtivos.

O universo pesquisado para a realização do levantamento das atividades produtivas e dos tempos despendidos em cada evento foi de 26 lotes para Lamivudina 150 mg (Anexo G), 30 lotes para Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg (Anexo H), 30 lotes para Nevirapina 200 mg (Anexo I) e 30 lotes para Ribavirina 250 mg (Anexo J), totalizando 116 lotes mapeados. A análise retrospectiva dos tempos transcorridos em cada atividade produtiva foi realizada tendo como base de consulta o apontamento de início e fim de cada etapa nas fichas técnicas dos lotes produzidos em 2010, arquivadas no Setor de Gestão de Documentos de Farmanguinhos, tendo sido restrita a análise dos tempos de processamento aos eventos ocorridos somente no ambiente de fabricação e embalagem, não tendo ocorrido coleta de dados dos eventos oriundos dos processos das áreas de almoxarifados de matéria-prima e expedição de produtos acabados.

Para melhor entendimento do tipo de processamento industrial que os produtos de escolha são submetidos, faz-se necessário ilustrar o fluxograma de produção de comprimidos revestidos - Lamivudina 150 mg e Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, comprimidos simples – Nevirapina 200 mg e cápsulas – Ribavirina 250 mg, conforme demonstrado na Figura 7.

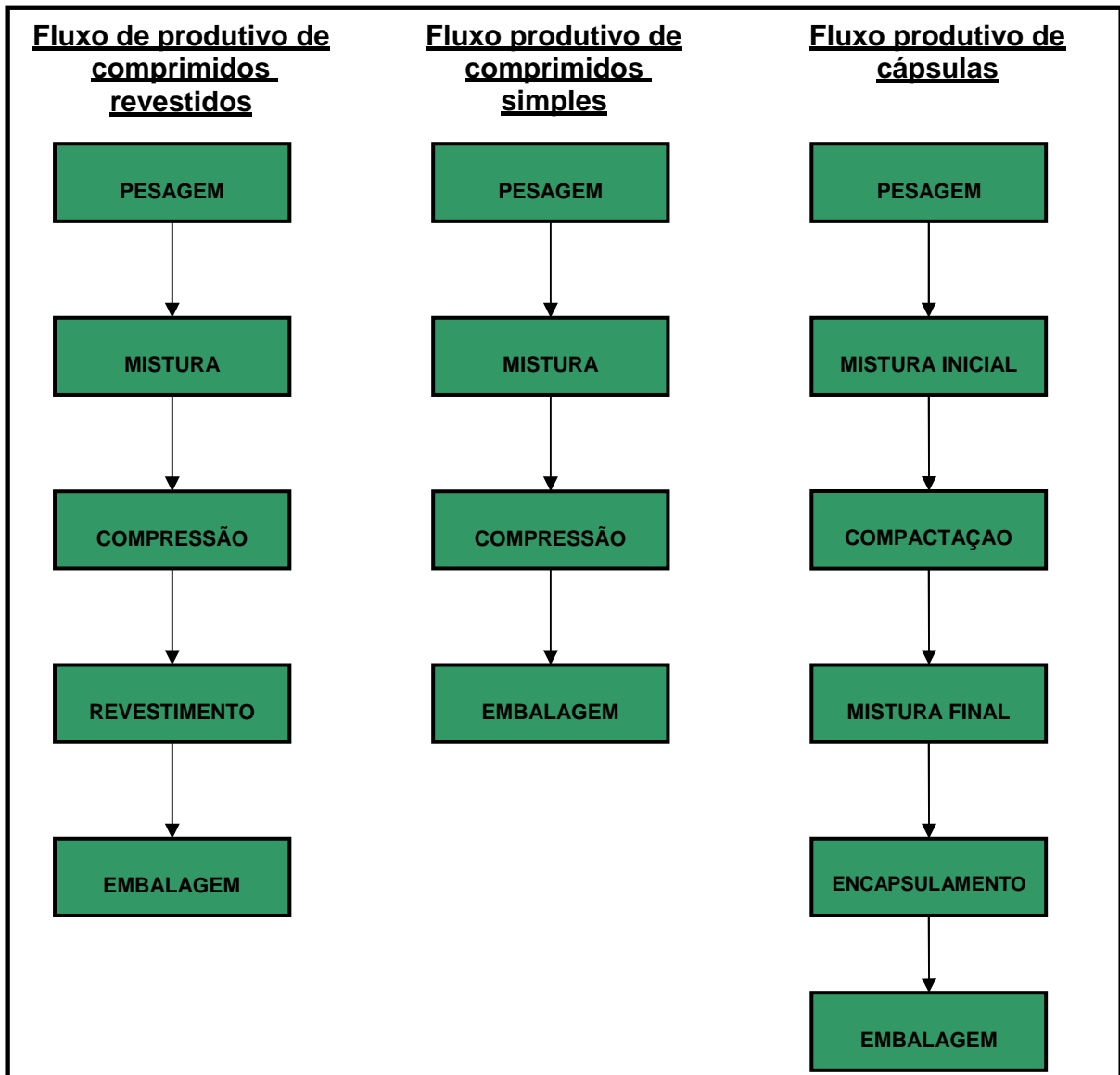


Figura 7 – Fluxos dos processos produtivos - ARV / AV

4.3 Tratamento Estatístico

Conforme mencionado anteriormente, os mapeamentos realizados (Anexos G, H, I e J) proporcionaram a visão clara de quantas horas cada lote dos produtos estudados permanece em cada centro de trabalho para ser processado, o tempo de espera ou de fila entre estes centros e o tempo de atravessamento. Porém, para poder ocorrer à análise global dos tempos observados, a compilação destes resultados teve que ser realizada, gerando-se assim duas matrizes estatísticas para cada produto, uma apontando todos os lotes mapeados, denominada de Matriz Estatística Inicial (MEI) e outra, mais reduzida, obtida a partir da primeira após exclusão de lotes que continham resultados desviados da média de cada evento, considerados *Outliers*, denominada Matriz Estatística Secundária (MES).

A identificação dos *Outliers* foi feita através da elaboração de uma Matriz de Identificação a partir dos resultados da MEI de cada produto. *Outliers* são observações realizadas a partir do cálculo do Escore Padronizado (Z_i), que trata-se de uma medida relativa de dispersão calculada segundo a seguinte fórmula. ²²

$Z_i = \frac{X_i - X}{S}$	<p>onde: X_i = observação da amostra</p> <p>X = média amostral</p> <p>S = desvio padrão amostral</p>
---------------------------	---

Fórmula 1 – Fórmula de Escore Padronizado (Z_i)

Os valores calculados através do Escore Padronizado são interpretados considerando-se *Outliers* observações em que os escores, em valores absolutos modulares, sejam maiores que três. Valores de Z_i negativos indicam que a observação X_i está à esquerda da média e valores positivos indicam que a observação X_i está à direita da média. ²²

As Matrizes Estatísticas foram elaboradas possibilitando visualizar os eventos operacionais, marcados em coloração laranja, e não operacionais, marcados em coloração verde, cabendo destacar que para efeito de interpretação de resultados de todos os produtos, o Evento 4 (Conferir e receber matérias primas) não contempla obrigatoriamente o tempo operacional gasto para realizar a pesagem de um lote, mas sim de uma campanha de lotes, o que torna inviável contemplá-lo para análise de identificação das restrições dos sistemas produtivos, haja vista que as campanhas podem variar de acordo com a demanda. As Matrizes trazem os resultados das médias de tempos de processamento de cada evento, seus desvios padrões, valores mínimos e máximos e a taxa de produção, onde se calcula quanto cada centro de trabalho operacional pode produzir em uma unidade de tempo conforme ilustrado na Fórmula 2.

$$\text{Taxa de Produção Diária (Lote/dia)} = \frac{21 \text{ (h)}}{X \text{ (h)}}$$

Onde: X = Média de tempo (h) que um lote é processado em cada centro de trabalho

Fórmula 2 – Fórmula da Taxa de Produção Diária (Lote/dia)

O cálculo da Média Lote / Dia considerou a rotina produtiva adotada no local onde o referido estudo ocorreu, que opera em regime de cinco dias por semana, vinte e quatro horas por dia, sendo vinte e uma horas produtivas e três horas reservadas para almoço, jantar e ceia nos primeiro, segundo e terceiro turnos.

4.4 Pulmão de Proteção da Restrição (PPR) e Pulmão de Espaço (PE)

Para a determinação de cada PPR e PE dos sistemas produtivos foram dimensionados os números de lotes que devem estar localizados antes e depois de cada centro de trabalho definido como restrição, de tal forma que este não deixe de operar em momento algum, sob pena de redução da capacidade produtiva de todo o sistema caso haja alguma falha em seu abastecimento.

A determinação dos PPRs está diretamente atrelada aos tempos de processamento nas etapas não restritivas predecessoras à restrição de cada sistema produtivo necessários para produzir os lotes que compõem estes pulmões, ou seja, em quanto tempo estes lotes poderão ser recompostos para que a restrição de cada sistema estudado não seja ameaçada por falta de materiais para processamento. Outro fator preponderante é a determinação do número de lotes posicionados à frente de cada restrição, já que estes devem proporcionar a visão clara de quanto tempo o “gargalo” de determinado processo produtivo estará protegido mesmo que algum centro de trabalho anterior a ele fique inoperante por algum motivo.

A metodologia empregada para o dimensionamento dos PPRs considerou basicamente os problemas operacionais que podem ocorrer nos centros de trabalho anteriores à restrição que fisicamente impossibilitam o processamento de lotes produtivos, como quebra de equipamentos ou falha nos sistemas de utilidades que dão suporte à estes equipamentos, a possibilidade de desabastecimento de itens presentes na árvore de materiais dos produtos elencados para a elaboração deste estudo não foi contemplada, partindo-se do pressuposto de existência de política de ressurgimento de estoques baseada nas demandas recebidas pelos clientes.

A determinação dos PEs considerou o número de dias necessários para possíveis intervenções da Engenharia em caso de manutenção corretiva e/ou preventiva em cada centro de trabalho determinado como restrição dos sistemas produtivos estudados, para que posteriormente, de acordo com a taxa produtiva da restrição de cada fluxo, pudessem ser determinados o número de lotes a serem posicionados posteriormente à restrição de cada processo produtivo. Sendo assim, mantendo-se o abastecimento de centros de trabalho posteriores a cada restrição mesmo que estas temporariamente estejam inoperantes.

A Figura 8 ilustra um fluxo de obtenção de comprimidos simples contemplando o Pulmão de Proteção da Restrição e o Pulmão de Espaço.

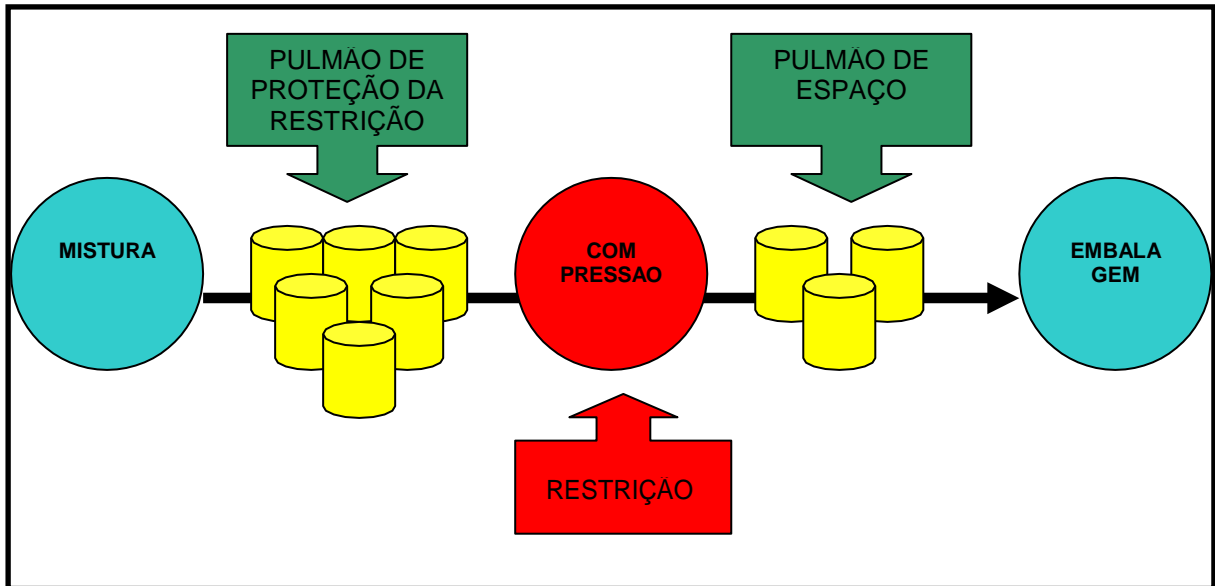


Figura 8 – Fluxo produtivo contemplando PPR e PE

4.5 Identificação do Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) através da análise global do sistema

A identificação do RRC através da análise global da capacidade instalada da área de Antirretrovirais considerou a demanda contratada em 2009, a ser produzida em 2010, dos produtos Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg.

Para que o RRC pudesse ser identificado, foi elaborada uma Matriz de Capacidade Global do Sistema contemplando as seguintes informações:

- Horas de processamento nos centros trabalho – horas produtivas necessárias para atendimento da demanda de cada produto em cada centro de trabalho.
- Total de horas de processamento (h) - somatório de horas produtivas necessárias para atender a demanda total em cada centro de trabalho;
- Total de horas disponíveis em um ano (h) – horas disponíveis para processamento considerando jornada diária de vinte e uma horas, em cinco dias por semana, durante cinquenta e oito semanas ao ano.
- Máquinas disponíveis (U_n) – número de equipamentos disponíveis em cada centro de trabalho.
- Percentual de utilização (%) – relação entre total de horas disponível e total de horas de processamento.

Para melhor entendimento e visualização das metodologias empregadas, segue Figura 9 com o fluxo resumido das ações desempenhadas.

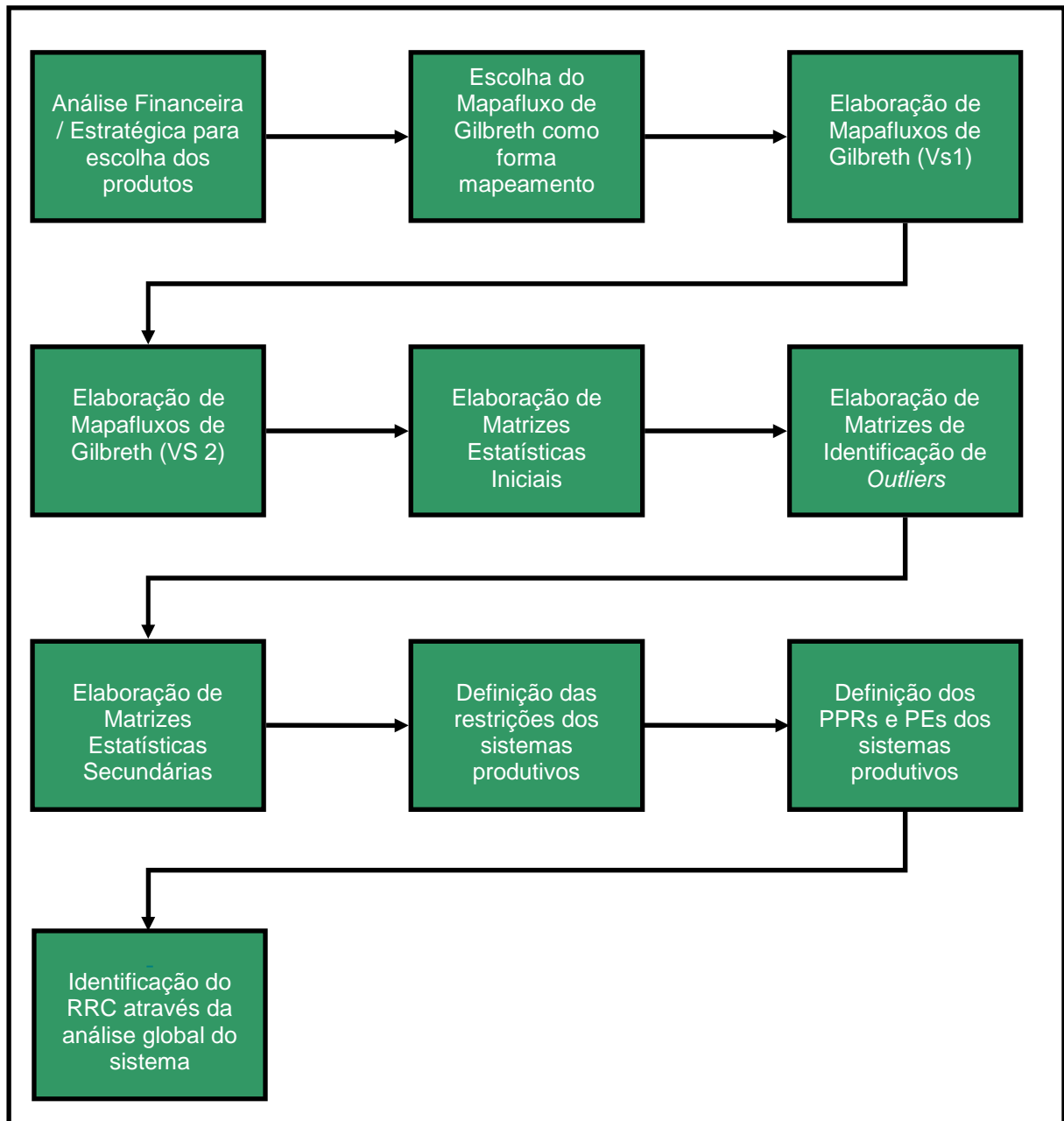


Figura 9 – Fluxo resumido de Material e Métodos

5 RESULTADOS

5.1 Classe de ARV / AV

O primeiro resultado obtido diz respeito ao critério de escolha para eleição do grupo ou classe de produtos escolhidos para que a ferramenta de gestão TDR fosse aplicada, estando descritos na Tabela 3 os valores contratados junto à Farmanguinhos no quarto trimestre de 2009, em UF e em Reais (R\$), para a produção de ARV / AV durante o ano de 2010.

Tabela 3 – Contratação de produção de medicamentos pelo MS a Farmanguinhos em 2009

Contratado pelo MS	Total geral (UF)	Total ARV / AV (UF)	ARV / AV (%)
Em unidades	217.222.957	185.194.728	85,25
Contratado pelo MS	Total geral (R\$)	Total ARV / AV (R\$)	ARV / AV (%)
Em Reais (R\$)	254.949.234,05	112.270.182,72	44,04

Fonte: Fundação Oswaldo Cruz, Instituto de Tecnologia em Fármacos, Coordenação de Assistência Farmacêutica. (2010)

A identificação dos produtos que responderam pelo maior percentual em UF e em receita dentro do universo previamente escolhido foi realizada, destacando-se os produtos Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Demanda e receita dos produtos Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150 + 300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg
















Demanda Contratada 2009				
ARV / AV	Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg / (%) Total	Lamivudina 150 mg / (%) Total	Nevirapina 200 mg / (%) Total	Ribavirina 250 mg / (%) Total
185.194.728 UF	60.349.980 UF / 32,59%	15.150.000 UF / 8,18%	7.272.000 UF / 3,93%	85.222.748 UF/ 46,02%
Receita 2009				
ARV / AV	Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg / (%) Total	Lamivudina 150 mg / (%) Total	Nevirapina 200 mg / (%) Total	Ribavirina 250 mg / (%) Total
R\$112.270.182,72	R\$ 66.384.978,00 / 59,13%	R\$ 8.332.500,00 / 7,42%	R\$ 4.799.520,00 / 4,27%	R\$ 11.931.184,72 / 10,63%
Preço Unitário	R\$ 1,10	R\$ 0,55	R\$ 0,66	R\$ 0,14

Fonte: Fundação Oswaldo Cruz, Instituto de Tecnologia em Fármacos, Coordenação de Assistência Farmacêutica. (2010)

5.2 Mapafluxos de Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg

Com a realização do mapeamento do processo produtivo dos produtos, utilizando a metodologia de mapafluxo de Gilbreth, houve a possibilidade de avaliar o número de eventos envolvidos na produção de cada produto e o somatório de cada tipo de atividade realizada conforme descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Somatório dos eventos e dos tipos de atividades executadas nos mapafluxos

Comprimidos revestidos – Lamivudina 150 mg e Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg						
Versão						Eventos
Total (Vs 1)	17	16	10	11	2	44
Compacta (Vs 2)	14	13	7	8	0	32
Comprimidos simples – Nevirapina 200 mg						
Versão						Eventos
Total (Vs1)	15	14	9	10	2	40
Compacta (Vs 2)	12	11	6	7	0	28
Cápsulas – Ribavirina 250 mg						
Versão						Eventos
Total (Vs 1)	19	16	9	10	2	46
Compacta (Vs 2)	16	13	6	7	0	32

5.3 Lamivudina 150 mg

O resumo da MEI obtida para o produto Lamivudina 150 mg (Anexo K) descreve a média dos tempos dos eventos operacionais (h) e as médias das taxas produtivas (Lote/Dia) em cada centro de trabalho, dos 26 lotes mapeados, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Resumo da MEI de Lamivudina 150 mg (Anexo K)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 18 Comprimir Amostra	Evento 20 Comprimir	Evento 24 Revestir	Evento 31 Embalar
Média (h)	2,59	0,24	5,37	7,80	7,80
Média Lote/Dia	8,11	87,78	3,91	2,60	2,69

A TDR descreve que todo o sistema tem sua restrição e que esta deve estar bem definida, neste caso dois centros de trabalho tiveram a mesma taxa produtiva. Portanto, a identificação dos lotes que poderiam estar contribuindo negativamente para a determinação da restrição em virtude de um comportamento anormal em algum centro de trabalho foi feita com a elaboração da Matriz de Identificação de *Outliers*, conforme Tabela 7 apresentada a seguir.

Tabela 7 – Matriz de Identificação de *Outliers* – Lamivudina 150 mg

Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> - Lamivudina 150 mg								
Lotes	Observações / Escores Padronizados (Z_i)							
	13	Z_i	20	Z_i	24	Z_i	31	Z_i
10040275	2,33	-0,33	4,82	-0,27	7,83	0,02	6,33	-0,29
10040276	2,67	0,10	6,06	0,34	7,33	-0,26	14,42	1,32
10040277	3,33	0,95	5,30	-0,03	7,83	0,02	5,00	-0,56
10040278	3,50	1,17	5,57	0,10	8,50	0,38	4,08	-0,74
10040279	1,92	-0,86	6,03	0,32	7,33	-0,26	5,50	-0,46
10040280	2,92	0,42	5,48	0,05	8,17	0,20	8,17	0,07
10040281	4,17	2,03	4,72	-0,32	7,83	0,02	5,92	-0,37
10040282	2,42	-0,22	4,60	-0,38	8,83	0,56	25,67	3,55
10040283	3,42	1,06	4,13	-0,60	7,00	-0,43	15,83	1,60
10040284	2,33	-0,33	6,83	0,71	6,50	-0,71	7,67	-0,03
10040285	2,42	-0,22	4,10	-0,62	6,67	-0,61	14,33	1,30
10040288	2,50	-0,12	6,85	0,72	6,58	-0,66	7,42	-0,08
10040289	2,50	-0,12	4,88	-0,24	6,83	-0,53	13,67	1,17
10050340	3,58	1,27	12,75	3,60	13,17	2,92	5,33	-0,49
10050341	2,83	0,31	7,70	1,14	5,67	-1,16	3,17	-0,92
10050342	3,67	1,38	3,35	-0,99	6,92	-0,48	4,50	-0,66
10050343	1,50	-1,40	3,60	-0,86	6,42	-0,75	6,50	-0,26
10050344	1,50	-1,40	7,11	0,85	13,17	2,92	6,00	-0,36
10050345	1,33	-1,62	3,32	-1,00	8,17	0,20	5,75	-0,41
10050346	1,50	-1,40	3,53	-0,90	7,33	-0,26	5,25	-0,51
10050347	1,92	-0,86	3,28	-1,02	5,75	-1,11	6,58	-0,24
10050348	1,50	-1,40	4,98	-0,19	9,42	0,88	6,67	-0,22
10050411	2,92	0,42	6,97	0,78	6,00	-0,98	5,67	-0,42
10050412	2,42	-0,22	3,22	-1,05	7,33	-0,26	4,92	-0,57
10050413	2,75	0,21	3,62	-0,85	7,50	-0,16	4,67	-0,62
10050414	3,50	1,17	6,92	0,76	8,67	0,47	3,90	-0,78
Média	2,59	NA	5,37	NA	7,80	NA	7,80	NA
Desvio Padrão	0,78	NA	2,05	NA	1,84	NA	5,03	NA

Nota: NA = Não Aplicável

Após a interpretação dos resultados da Matriz de Identificação de *Outliers*, foi elaborada a MES (Anexo L) com 24 lotes, tendo sido excluídos os lotes 10040282 e 10050340, podendo o resumo de seus resultados ser visualizado na Tabela 8 onde estão descritas as médias dos tempos dos eventos operacionais (h) e as médias das taxas produtivas (Lote/Dia) em cada centro de trabalho.

Tabela 8 – Resumo da MES de Lamivudina 150 mg (Anexo L)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 18 Comprimir Amostra	Evento 20 Comprimir	Evento 24 Revestir	Evento 31 Embalar
Média (h)	2,56	0,25	5,10	7,53	7,16
Média Lote/Dia	8,22	84,14	4,12	2,79	2,93

Os resultados da MES evidenciaram que o Evento 24 (Revestimento) foi o centro de trabalho com a menor taxa produtiva do sistema, obtendo o valor de 2,79 lotes / dia.

5.4 Lamivudina + Zidovudina (150+ 300) mg

O resumo da MEI do produto Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg (Anexo M) descreve a média dos tempos dos eventos operacionais (h) e as médias das taxas produtivas (Lote/Dia), em cada centro de trabalho, dos 30 lotes mapeados conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Resumo da MEI de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg (Anexo M)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 18 Comprimir Amostra	Evento 20 Comprimir	Evento 24 Revestir	Evento 31 Embalar
Média (h)	3,34	1,05	12,40	14,26	11,38
Média Lote/Dia	6,29	19,94	1,69	1,47	1,84

Após a elaboração da MEI de Lamivudina + Zidovudina (150 + 300) mg, a elaboração de Matriz de Identificação de *Outliers*, ilustrada na Tabela 10 em seguida, fez-se necessária como forma de evidenciar mais claramente a restrição do sistema produtivo, haja vista a proximidade dos valores 1,69, 1,47 e 1,84 Lote/Dia para taxas produtivas dos centros de trabalho: Compressão, Revestimento e Embalagem, respectivamente.

Tabela 10 - Matriz de Identificação de *Outliers* – Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg

Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> - Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg								
LOTES	Observações / <i>Outliers</i>							
	13	Z _i	20	Z _i	24	Z _i	31	Z _i
10030196	2,25	-0,92	73,17	4,09	12,08	-0,36	18,50	0,65
10030198	3,08	-0,22	16,18	0,25	10,33	-0,64	27,92	1,51
10030200	2,25	-0,92	12,58	0,01	9,67	-0,75	17,33	0,54
10030201	3,50	0,14	6,37	-0,41	11,67	-0,42	9,33	-0,19
10030206	3,50	0,14	7,50	-0,33	10,50	-0,62	5,25	-0,56
10030207	4,00	0,56	13,06	0,04	11,00	-0,53	2,75	-0,79
10030208	3,17	-0,14	8,00	-0,30	12,42	-0,30	26,50	1,38
10030209	4,33	0,84	9,18	-0,22	12,60	-0,27	17,00	0,51
10030210	5,67	1,97	7,08	-0,36	27,83	2,22	2,25	-0,83
10030211	2,50	-0,71	58,17	3,08	11,08	-0,52	2,25	-0,83
10030212	2,83	-0,43	6,55	-0,39	17,58	0,54	3,58	-0,71
10030246	2,83	-0,43	14,67	0,15	10,30	-0,65	6,33	-0,46
10030247	3,33	-0,01	6,37	-0,41	11,25	-0,49	11,42	0,00
10030249	4,00	0,56	7,03	-0,36	12,58	-0,27	3,83	-0,69
10030250	3,83	0,42	11,33	-0,07	13,83	-0,07	2,83	-0,78
10030251	2,67	-0,57	9,17	-0,22	8,83	-0,89	2,75	-0,79
10030252	2,33	-0,86	6,33	-0,41	8,00	-1,02	3,50	-0,72
10040255	4,08	0,63	10,48	-0,13	33,00	3,07	3,67	-0,70
10040256	4,17	0,70	6,57	-0,39	9,75	-0,74	6,75	-0,42
10040257	7,67	3,67	7,82	-0,31	10,58	-0,60	3,50	-0,72
10040258	3,00	-0,29	6,98	-0,36	13,50	-0,12	3,67	-0,70
10040260	3,75	0,35	9,42	-0,20	19,00	0,78	16,92	0,51
10040296	3,75	0,35	6,38	-0,41	28,33	2,30	5,00	-0,58
10040297	2,75	-0,50	7,67	-0,32	13,00	-0,21	9,50	-0,17
10040298	3,25	-0,08	5,97	-0,43	10,00	-0,70	2,50	-0,81
10040303	1,92	-1,20	9,15	-0,22	13,17	-0,18	2,33	-0,83
10040307	2,00	-1,14	8,25	-0,28	19,50	0,86	41,75	2,78
10040308	2,17	-0,99	6,63	-0,39	18,33	0,67	33,50	2,02
10040309	2,17	-0,99	5,60	-0,46	18,00	0,61	27,83	1,50
10040310	3,33	-0,01	8,20	-0,28	10,00	-0,70	21,25	0,90
Média	3,34	NA	12,40	NA	14,26	NA	11,38	NA
Desvio Padrão	1,18	NA	14,85	NA	6,11	NA	10,94	NA

Nota: NA = Não Aplicável

Sequencialmente à interpretação da Matriz de Identificação de *Outliers*, com a exclusão dos lotes 10030211, 10040255 e 10040257, foi elaborada a MES (Anexo N) com vinte e seis lotes, podendo o resumo dos seus resultados ser visualizado abaixo na Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo da MES de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg (Anexo N)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 18 Comprimir Amostra	Evento 20 Comprimir	Evento 24 Revestir	Evento 31 Embalar
Média (h)	3,47	0,75	8,62	11,94	6,90
Média Lote/Dia	6,05	27,90	2,44	1,76	3,04

Os resultados da MES ratificaram o Evento 24 (Revestimento) como a menor taxa de produção do sistema com 1,76 lote/dia.

5.5 Nevirapina 200 mg

A MEI feita para o produto Nevirapina 200 mg (Anexo O) demonstra os tempos individuais e as médias dos eventos presentes nos 30 lotes mapeados, podendo o resumo dos resultados ser visto a seguir na Tabela 12.

Tabela 12 - Resumo da MEI de Nevirapina 200 mg (Anexo O)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 18 Comprimir Amostra	Evento 20 Comprimir	Evento 31 Embalar
Média (h)	6,31	0,59	10,38	4,26
Média Lote/Dia	3,33	35,82	2,02	4,92

Após a elaboração da MEI de Nevirapina 200 mg foi feita a Matriz de Identificação de *Outliers* para identificar possíveis resultados que pudessem ter apresentado comportamento diferenciado em seus centros de trabalho, conforme Tabela 13 a seguir.

Tabela 13 - Matriz de Identificação de *Outliers* – Nevirapina 200 mg

Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> - Nevirapina 200 mg						
Lotes	Observações / <i>Outliers</i>					
	13	Z _i	20	Z _i	27	Z _i
10050374	2,58	-0,27	5,70	-0,24	4,42	0,03
10050375	3,83	-0,18	8,62	-0,09	2,00	-0,49
10050381	3,17	-0,23	4,72	-0,29	3,75	-0,11
10050382	11,67	0,39	3,53	-0,36	2,67	-0,34
10050383	2,33	-0,29	5,00	-0,28	2,58	-0,36
10050384R	78,17	5,24	3,48	-0,36	1,33	-0,63
10050385	2,67	-0,27	4,70	-0,29	3,33	-0,20
10050386	4,17	-0,16	5,25	-0,27	2,67	-0,34
10050387	2,50	-0,28	4,75	-0,29	3,00	-0,27
10050388	3,67	-0,19	3,63	-0,35	1,50	-0,60
10050389	5,83	-0,03	4,62	-0,30	2,17	-0,45
10050390	2,50	-0,28	8,06	-0,12	3,58	-0,15
10050391	3,58	-0,20	4,93	-0,28	24,92	4,47
10050392	4,00	-0,17	2,27	-0,42	1,67	-0,56
10050393	3,00	-0,24	5,25	-0,27	1,67	-0,56
10050394	3,67	-0,19	4,82	-0,29	2,50	-0,38
10050395	5,00	-0,10	5,33	-0,26	3,00	-0,27
10060536	2,17	-0,30	4,73	-0,29	3,67	-0,13
10060537	3,33	-0,22	3,42	-0,36	4,00	-0,06
10060538	4,50	-0,13	4,37	-0,31	12,75	1,84
10060539	8,50	0,16	4,11	-0,33	3,75	-0,11
10060540	4,50	-0,13	3,28	-0,37	2,33	-0,42
10060541	4,00	-0,17	9,17	-0,06	11,00	1,46
10060542	2,67	-0,27	79,60	3,59	4,50	0,05
10060543	2,25	-0,30	5,83	-0,24	1,92	-0,51
10060544	3,00	-0,24	5,00	-0,28	3,50	-0,16
10100927	2,25	-0,30	13,42	0,16	5,25	0,21
10100928	2,33	-0,29	82,17	3,72	2,08	-0,47
10100929	5,17	-0,08	4,43	-0,31	3,67	-0,13
10100930	2,17	-0,30	7,25	-0,16	2,75	-0,33
Média	6,31	NA	10,38	NA	4,26	NA
Desvio Padrão	13,72	NA	19,29	NA	4,62	NA

Nota: NA = Não Aplicável

Em seguida à interpretação da Matriz de Identificação de *Outliers*, após a exclusão dos lotes 10050384R, 10050391, 10060542 e 10100928, foi elaborada a MES (Anexo P) com vinte e seis lotes, podendo o resumo dos seus resultados ser visualizado abaixo na Tabela 14.

Tabela 14 - Resumo da MES de Nevirapina 200 mg (Anexo P)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 18 Comprimir Amostra	Evento 20 Comprimir	Evento 31 Embalar
Média (h)	3,41	0,47	4,71	3,17
Média Lote/Dia	6,15	44,52	4,46	6,62

Os resultados da MES ratificaram o Evento 20 (Compressão) como restrição do sistema, com uma taxa de produção de 4,46 lote/dia.

5.6 Ribavirina 250 mg

A MEI feita para o produto Ribavirina 250 mg (Anexo Q) demonstra os tempos individuais e as médias dos eventos presentes nos trinta lotes mapeados, podendo o resumo dos resultados ser visto a seguir na Tabela 15.

Tabela 15 - Resumo da MEI de Ribavirina 250 mg (Anexo Q)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 15 Compact.	Evento 18 Mistura Final	Evento 22 Encaps. Amostra	Evento 24 Encapsular	Evento 27 Selecion.	Evento 33 Embalar
Média (h)	6,10	33,47	4,84	3,86	41,42	23,63	32,92
Média Lote/Dia	3,44	0,63	4,33	5,45	0,51	0,89	0,64

Após a observação dos dados obtidos na MEI, foi elaborada a Matriz de Identificação de *Outliers*, que proporcionou a observação de dados discrepantes, conforme demonstrado na Tabela 16 a seguir.

Tabela 16 - Matriz de Identificação de *Outliers* – Ribavirina 250 mg

Matriz de Identificação de <i>Outliers</i> - Ribavirina 250 mg												
Lotes	Observações / <i>Outliers</i>											
	13	Z _i	15	Z _i	18	Z _i	24	Z _i	27	Z _i	33	Z _i
09111105	3,17	-0,72	20,42	-0,46	2,33	-0,33	45,75	0,30	37,67	0,84	12,00	-0,37
10010017	7,08	0,75	14,00	-0,69	43,50	5,03	34,50	-0,48	31,67	0,48	18,17	-0,26
10010018	2,17	0,54	30,00	-0,12	1,33	-0,46	53,58	0,84	68,08	2,66	18,75	-0,25
10010019	5,08	1,25	9,67	-0,85	2,00	-0,37	29,08	-0,85	20,00	-0,22	14,42	-0,33
10010020	5,33	1,32	36,00	0,09	1,83	-0,39	39,00	-0,17	27,00	0,20	9,58	-0,41
10010049	4,37	1,08	29,00	-0,16	3,17	-0,22	33,25	-0,56	8,50	-0,90	25,83	-0,13
10010050	4,83	1,19	34,33	0,03	3,33	-0,20	30,42	-0,76	34,83	0,67	9,75	-0,41
10010051	3,42	0,84	31,58	-0,07	2,00	-0,37	32,08	-0,64	61,25	2,25	9,00	-0,42
10010052	4,67	1,15	20,83	-0,45	2,00	-0,37	30,25	-0,77	18,33	-0,32	12,00	-0,37
10020105	9,50	2,35	148,50	4,09	13,75	1,16	35,75	-0,39	13,50	-0,61	12,75	-0,36
10020106	3,75	0,93	18,67	-0,53	8,50	0,48	33,25	-0,56	15,17	-0,51	9,67	-0,41
10020107	5,42	1,34	42,92	0,34	3,75	-0,14	41,00	-0,03	9,67	-0,83	18,33	-0,26
10020108	4,33	1,07	62,83	1,04	2,42	-0,32	49,00	0,52	11,83	-0,71	20,50	-0,22
10020109	2,92	0,72	14,33	-0,68	2,50	-0,30	34,00	-0,51	14,00	-0,58	29,50	-0,06
10020110	3,67	0,91	95,00	2,19	3,17	-0,22	32,50	-0,62	22,00	-0,10	18,75	-0,25
10030231	10,33	2,55	23,17	-0,37	2,50	-0,30	21,42	-1,38	17,50	-0,37	79,50	0,82
10050326	3,58	0,88	8,33	-0,89	2,83	-0,26	41,75	0,02	46,50	1,37	9,67	-0,41
10050327	3,17	0,78	64,17	1,09	4,00	-0,11	45,67	0,29	21,50	-0,13	16,75	-0,29
10050328	4,00	0,99	22,00	-0,41	4,50	-0,04	38,67	-0,19	18,58	-0,30	21,83	-0,20
10050329	4,33	1,07	27,50	-0,21	5,17	0,04	44,73	0,23	14,67	-0,54	17,25	-0,28
10050330	22,00	5,43	21,00	-0,44	3,50	-0,17	69,42	1,93	23,25	-0,02	70,42	0,66
10050331	4,33	1,07	34,83	0,05	2,75	-0,27	49,83	0,58	9,17	-0,86	8,33	-0,44
10050332	7,68	1,90	40,17	0,24	4,00	-0,11	42,50	0,07	14,25	-0,56	24,83	-0,14
10050333	6,50	1,60	28,75	-0,17	2,58	-0,29	41,17	-0,02	16,25	-0,44	58,08	0,45
10050464	14,92	3,68	18,42	-0,53	2,33	-0,33	45,33	0,27	65,00	2,47	17,42	-0,27
10050465	5,17	1,28	18,67	-0,53	2,42	-0,32	39,25	-0,15	15,50	-0,49	29,50	-0,06
10060589R	8,25	2,04	14,58	-0,67	1,50	-0,43	17,00	-1,69	3,33	-1,21	20,83	-0,21
10090835	9,00	2,22	25,25	-0,29	4,25	-0,08	96,25	3,78	24,50	0,05	31,58	-0,02
10090836	6,83	1,69	26,17	-0,26	3,17	-0,22	44,75	0,23	13,50	-0,61	24,75	-0,14
10090837	3,25	0,80	23,08	-0,37	4,25	-0,08	51,33	0,68	11,75	-0,71	318,00	5,04
Média	6,10	NA	33,47	NA	4,84	NA	41,42	NA	23,63	NA	32,92	NA
Desvio Padrão	4,05	NA	28,15	NA	7,68	NA	14,49	NA	16,73	NA	56,52	NA

Nota: NA = Não Aplicável

Após a interpretação dos resultados da Matriz de Identificação de *Outliers*, com a exclusão dos lotes 10010017, 10020105, 10050330, 10050464, 10090835 e 10090837 foi elaborada a MES (Anexo R) com vinte e quatro lotes, podendo o resumo dos seus resultados ser visualizado abaixo na Tabela 17.

Tabela 17 - Resumo da MES de Ribavirina 250 mg (Anexo R)

Eventos / Médias	Evento 13 Peneirar e Misturar	Evento 15 Compact.	Evento 18 Mistura Final	Evento 22 Encaps. Amostra	Evento 24 Encaps.	Evento 27 Selecion.	Evento 33 Embalar
Média (h)	4,89	31,41	3,07	3,23	37,91	22,46	21,64
Média Lote/Dia	4,30	0,67	6,83	6,50	0,55	0,93	0,97

Os resultados da MES ratificaram o Evento 24 como menor taxa de produção, com um valor de 0,55 lote/dia, confirmando-se o Encapsulamento como centro de trabalho restrição do sistema.

5.7 Determinação do Pulmão de Proteção da Restrição (PPR) e do Pulmão de Espaço (PE)

Determinadas as restrições dos processos produtivos, o próximo passo adotado para a implantação das técnicas recomendadas pela TDR, mais precisamente utilizando análise de Estrutura Lógica V-A-T, foi a determinação do PPR e PE de cada fluxo do processo produtivo dos produtos Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg.

5.7.1 Lamivudina 150 mg

A determinação do PPR para Lamivudina 150 mg contemplou 9 lotes entre os centros de trabalho Compressão e Revestimento e seis lotes para PE posteriormente à restrição, com um tempo de reposição de lote no PPR de 7,66 horas, conforme ilustrado na Figura 10.

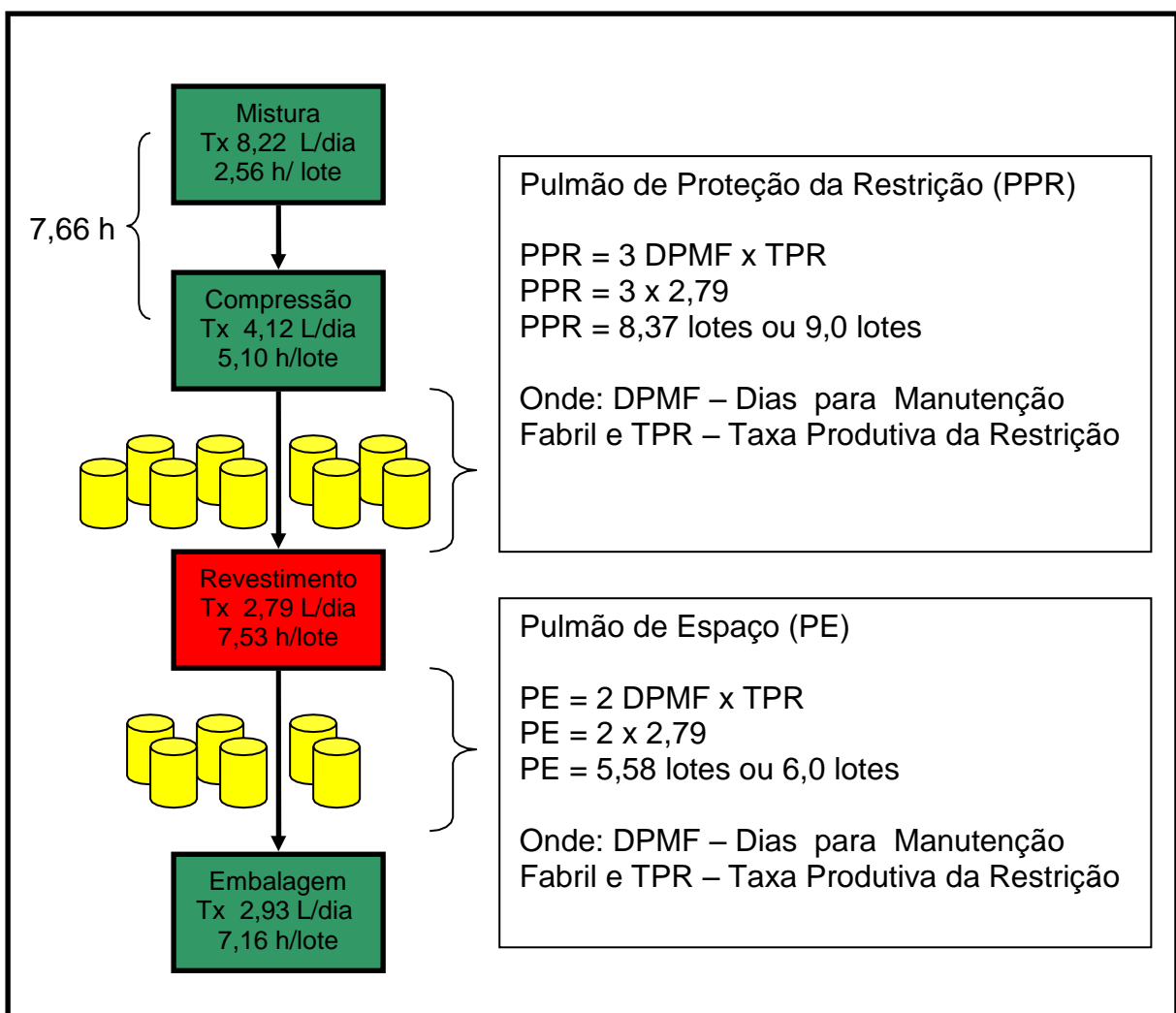


Figura 10 – PPR e PE de Lamivudina 150 mg

5.7.2 Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg

A determinação do PPR para Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg contemplou a alocação de 6 lotes entre os centros de trabalho Compressão e Revestimento e quatro lotes para PE posteriores à restrição, com um tempo de reposição de lote no PPR de 12,09 horas, conforme ilustrado na Figura 11.

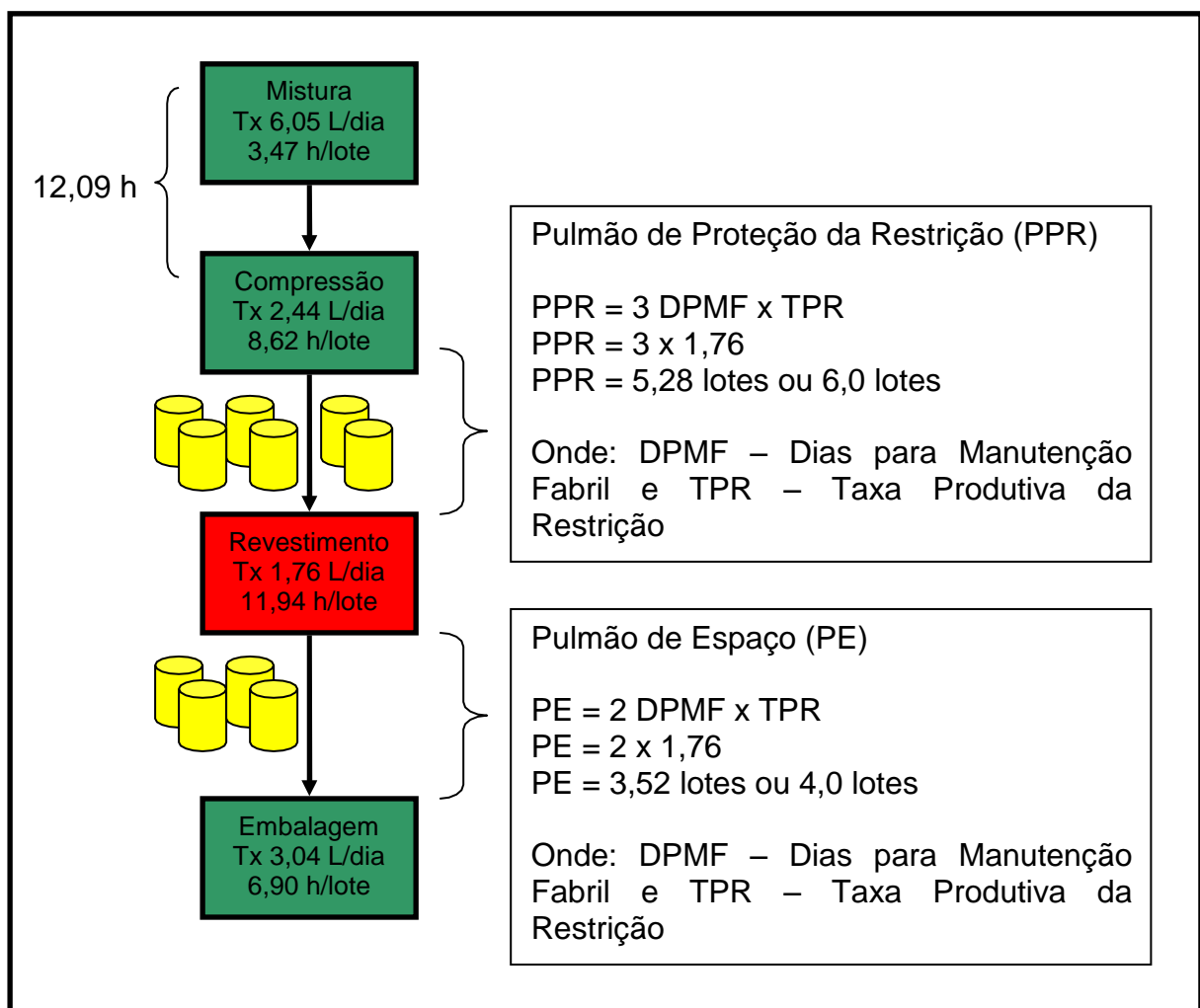


Figura 11 – PPR e PE de Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg

5.7.3 Nevirapina 200 mg

A determinação do PPR para Nevirapina 200 mg contemplou a alocação de cinco lotes entre os centros de trabalho Mistura e Compressão, nove lotes para PE posteriores à restrição, com um tempo de reposição de lote no PPR de 3,41 horas, conforme ilustrado na Figura 12.

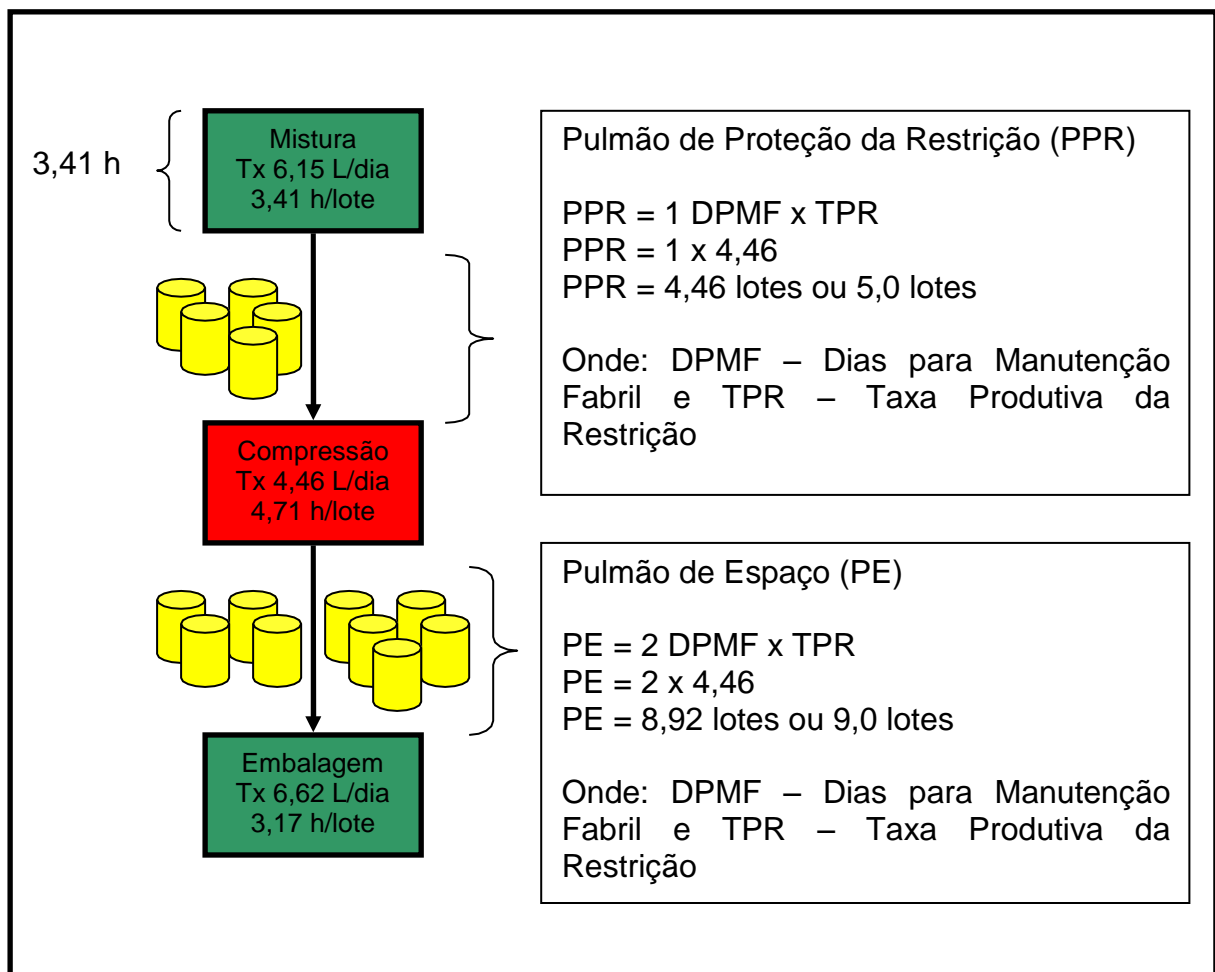


Figura 12 – PPR e PE de Nevirapina 200 mg

5.7.4 Ribavirina 250 mg

A determinação do PPR para Ribavirina 250 mg contemplou a alocação de três lotes entre os centros de trabalho Mistura Final e Encapsulamento e dois lotes para PE posterior à restrição, com um tempo de reposição de lote no PPR de 39,37 horas, conforme ilustrado na Figura 13.

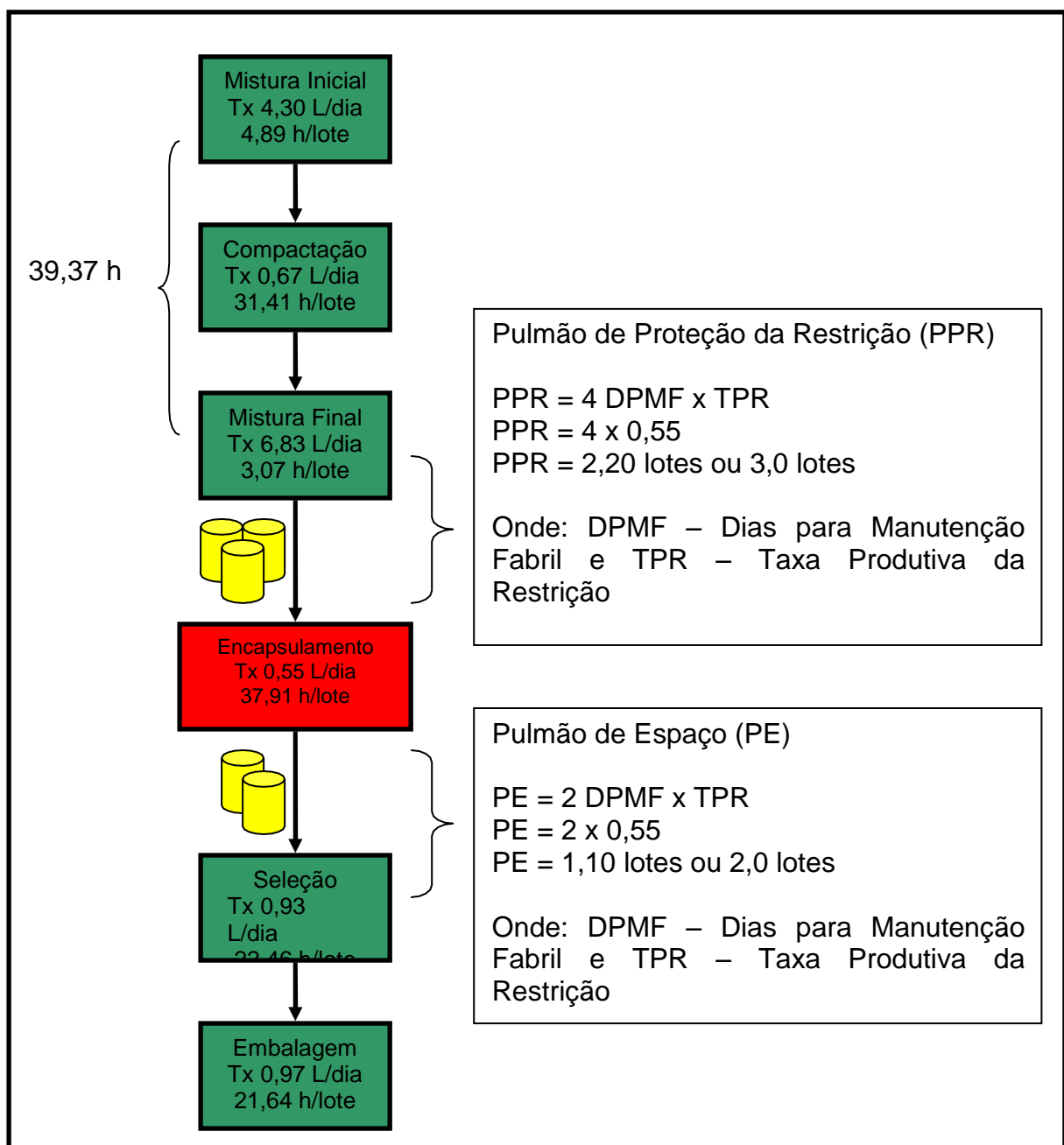


Figura 13 – PPR e PE de Ribavirina 250 mg

5.8 Identificação do Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) através da análise global do sistema

A análise de capacidade global do sistema, considerando a demanda total contratada em 2009, revelou o centro de trabalho encapsulamento como RRC do sistema com 152,70% de ocupação, seguido pela compactação com 104,88%, ficando todos outros centros de trabalho com taxas de ocupação inferiores a 100%.

A Tabela 16 a seguir, Matriz de Capacidade Global do Sistema, ilustra a capacidade produtiva anual de cada centro produtivo da Área de Antirretrovirais de Farmanguinhos frente à demanda contratada em 2009.

Tabela 18 – Matriz de Capacidade Global do Sistema

PRODUTOS / DEMANDA	HORAS DE PROCESSAMENTO NOS CENTROS DE TRABALHO						
	MISTU RADOR EM V	COM PACTA DOR	COM PRES SORA	ENCAP SULA DORA	SELE CIONA DORA	REVES TIDO RA	EMBA LADO RA
Lamivudina 150 mg / 31 lotes	79,67	0,00	156,86	0,00	0,00	228,16	175,77
Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg /	839,74	0,00	2086,04	0,00	0,00	2889,48	1669,80
Nevirapina 200 mg / 37 lotes	132,46	0,00	199,80	0,00	0,00	0,00	110,63
Ribavirina 250 mg / 214 lotes	760,22	5726,64	0,00	8337,44	3860,56	0,00	3907,64
Total de horas de processamento (h)	1812,09	5726,64	2442,70	8337,44	3860,56	3117,64	5863,84
Total de horas disponíveis	5460,00	5460,00	10920,00	5460,00	5460,00	5460,00	10920,00
Máquinas disponíveis	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00
Percentual de utilização	33,19	104,88	22,37	152,70	70,71	57,10	53,70

Fonte: Cox e Spencer. (2002)

6 DISCUSSÃO

6.1 Classe de ARV / AV

A importância que a classe de ARV / AV tem nos recursos financeiros de Farmanguinhos pode ser demonstrada através dos resultados ilustrados anteriormente na Tabela 3, haja vista ter respondido por 85,25% e 44,04% das demandas e receitas totais contratadas, respectivamente, no ano de 2009.

O destaque que os produtos Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg tem na classe terapêutica de medicamentos ARV / AV pode ser observado, já que, juntos, responderam por 90,72% do total contratado de demanda e a 81,45% do total contratado em receita, conforme descrito na Tabela 4. Sendo, portanto, estratégica a utilização da TDR neste grupo de produtos, já que o aumento de desempenho produtivo nestes sistemas ocasiona impacto direto no cumprimento dos prazos estabelecidos junto ao principal cliente do Instituto, o Ministério da Saúde.

6.2 Mapafluxos de Lamivudina 150 mg, Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg

Os resultados obtidos nas Versões Totais (Vs 1) e Compactas (Vs 2) dos Mapafluxos dos sistemas produtivos para comprimidos revestidos, comprimidos simples e cápsulas com compactação demonstraram um elevado número de atividades, para efeito de discussão será priorizada a interpretação dos resultados das Versões Compactas (Vs 2), em virtude destas terem dado embasamento para a coleta de dados deste estudo.

Os Mapafluxos de Lamivudina 150 mg / Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, Nevirapina 200 mg e Ribavirina 250 mg apresentaram respectivamente um total de 32, 24 e 32 eventos, dentre estes, 14, 12 e 16 são diretamente relacionados à atividades produtivas, estando todo o restante relacionado à atividades de transporte, análise, espera e armazenagem.

Os eventos relacionados a transporte estão relacionados ao número de atividades operacionais, já que obrigatoriamente os lotes em fases intermediárias e em granéis são deslocados entre os centros de trabalho, não havendo processo em linha para estes tipos de atividades fabris. Porém, os eventos relacionados à análise entre fases operacionais poderiam ser reduzidos, já que responderam por sete eventos no Mapafluxo de Comprimidos Revestidos, seis eventos no Mapafluxo de Comprimidos Simples e seis eventos no Mapafluxo de Cápsulas com Compactação, já que, com a validação de processos produtivos e a adoção do conceito de *Quality by Design*, os produtos farmacêuticos tendem a ser analisados somente ao término de seus processos, reduzindo assim: o tempo de atravessamento, o custo total de produção, o número de análises e os tempos relacionados a estoque em processo.

6.3 Lamivudina 150 mg

O resumo dos resultados da MEI (Anexo K) do produto Lamivudina 150 mg apresentados na Tabela 6 mostrou que os Eventos 24 e 31, revestimento e embalagem, respectivamente, possuem a mesma taxa de produção diária com média de 2,69 lotes / dia, ou seja, não se podendo definir inicialmente a restrição do sistema somente com esta primeira abordagem.

Os resultados individualizados por lote na MEI (Anexo K) mostram que nove lotes dos vinte e seis mapeados possuem tempos de processamento no Evento 31 (Embalagem) superiores ao Evento 24 (Revestimento) e dois lotes apresentam tempos de processamento no Evento 20 (Compressão) superiores aos Eventos 24 (Revestimento) e 31 (Embalagem), o que daria uma taxa de produção menor nestes centros de trabalho se os resultados fossem analisados individualmente, ou seja, podendo-se dizer que o gargalo do sistema apresentaria alternância entre os três centros de trabalho com uma permanência maior no Evento 24. Outro fator de destaque é o desvio padrão elevado (5,03) do Evento 31 (Embalagem) em relação ao valor de desvio padrão (1,84) do Evento 24 (Revestimento), havendo uma tendência de indicação do Evento 24 como restrição do sistema.

Como já comentado anteriormente, uma das premissas principais da TDR é a determinação clara da restrição de cada sistema produtivo, para que todas as decisões deste sistema possam ser subordinadas a esta restrição. Portanto, em virtude da impossibilidade da definição inicial do “gargalo” do sistema em questão, a Matriz de Identificação de *Outliers* foi feita para identificar resultados que estivessem contribuindo negativamente para a identificação da restrição. Sendo assim, as observações que apresentaram valores modulares de Z_i acima de três na Matriz de Identificação de *Outliers*, ilustrada na Tabela 7, foram: 25,67 no Evento 31 do lote 10040282 e 12,75 no Evento 20 do lote 10050340, sendo, portanto, os *Outliers* dentre os resultados dos mapeamentos do produto Lamivudina 150 mg, devendo ser desconsiderados.

Conforme ilustrado na Tabela 8 - Resumo dos Resultados da MES (Anexo L), com a eliminação dos lotes 10040282 e 10050340, ficou evidenciado o centro de trabalho Revestimento como a restrição do sistema produtivo com uma taxa produtiva de 2,79 lotes/dia. Ou seja, independente de quanto cada centro de

trabalho isoladamente possa produzir, a produção de Lamivudina 150 mg fica condicionada a uma taxa diária de produção de 2,79 lote/dia, devendo os centros de trabalho predecessores a este operarem de tal forma que não deixem em momento algum o centro produtivo restrição do sistema não operar por falta de materiais, neste caso específicos comprimidos a serem revestidos, sob pena de diminuir a taxa produtiva do sistema em questão.

O dimensionamento do PPR, ilustrado na Figura 9, é fator preponderante para que a atividade no centro de trabalho Revestimento não seja interrompida, o posicionamento de nove lotes à frente do centro de trabalho restrição do sistema produtivo garante a proteção de sua atividade por três dias, ou seja, caso haja qualquer interrupção no fluxo de produção nos centros de trabalho Mistura e Compressão esta deverá ser resolvida neste intervalo de tempo, observando-se o tempo de ressuprimento de lote no PPR de 7,66h. Ou seja, caso os nove lotes comecem a ser consumidos sem a devida reposição, e em virtude do tempo de processamento de um lote na restrição ser de 7,53h, a restrição só não interromperá suas atividades se o PPR começar a ser repostado quando restar 0,13h para o oitavo lote ser concluído no Revestimento, caso contrário, quando o nono lote iniciar o processo de revestimento não haverá mais tempo hábil para repor o PPR sem a interrupção da restrição em virtude do tempo de processamento neste centro ser inferior aos tempos de processamento somados das duas etapas anteriores.

O PE com seis lotes, posicionado posterior à restrição, garante tempo necessário para que se realizem as manutenções preventivas e, se for o caso, intervenções corretivas no equipamento restrição do processo produtivo. Em virtude da taxa produtiva no centro de trabalho Embalagem, posterior à restrição, ser de 2,93 lote/dia, os lotes posicionados no PE garantem um abastecimento do sistema como um todo por aproximadamente dois dias.

6.4 Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg

Após a análise inicial do resumo dos resultados da MEI (Anexo M) do produto Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, conforme apresentado na Tabela 9, ficou evidenciado que o Evento 24 (Revestimento) foi o que obteve menor taxa produtiva, com 1,47 lote/dia. Os maiores valores de tempo individualizados dos lotes em cada centro de trabalho alternaram-se de posição entre os Eventos 20 (Compressão), 24 (Revestimento) e 31 (Embalagem), o que poderia conferir ao sistema uma migração do recurso crítico (gargalo) caso as taxas de produção fossem consideradas individualmente e não pela média dos valores em cada evento. Alguns destes valores apresentaram comportamento irregular quando comparados com as médias de seus eventos. Há, portanto, a necessidade de uma segunda análise para identificação de resultados que pudessem estar contribuindo para a não evidência clara da restrição do sistema. Sendo assim, foi elaborada a Matriz de Identificação de *Outliers*, obtendo-se valores modulares de Z_i acima de três em: 73,17 no Evento 20 do lote 10030196, 58,17 no Evento 20 do lote 10030211, 33,00 no Evento 24 do lote 10040255 e 7,67 no Evento 13 do lote 10040257, sendo, portanto, os *Outliers* dentre os resultados dos mapeamentos do produto Lamivudina + Zidovudina (150+300) mg, devendo ser desconsiderados.

Após a eliminação dos lotes 10030196, 10030211, 10040255 e 10040257, em virtude da presença de resultados *Outliers*, o Resumo da MES (Anexo N) apresentado na Tabela 11 ratificou o Revestimento como centro de trabalho restrição do sistema produtivo, haja vista ter apresentado a menor taxa produtiva com 1,76 lote/dia, ficando todos os centros de trabalho subordinados a ele, não devendo deixá-lo desabastecido em momento algum para que não haja redução da taxa produtiva deste sistema.

A estratégia utilizada para minimizar a possibilidade de redução da taxa produtiva do sistema, foi dimensionar o PPR, ilustrado na Figura 10, com seis lotes. Com isso, o posicionamento destes lotes à frente do centro de trabalho Revestimento possibilita a proteção de sua atividade por três dias, ou seja, caso haja qualquer interrupção no fluxo de produção nos centros de trabalho Mistura e Compressão esta deverá ser resolvida neste intervalo de tempo, observando-se o tempo de ressurgimento de lote no PPR de 12,09h. Ou seja, caso os seis lotes

sejam consumidos sem a devida reposição, e em virtude do tempo de processamento de um lote na restrição ser de 11,94h, a restrição só não interromperá suas atividades se o PPR começar a ser repostado quando restar 0,15h para o quinto lote ser concluído no Revestimento, caso contrário, quando o sexto lote iniciar o processo de revestimento não haverá mais tempo hábil para repor o PPR sem a interrupção da restrição em virtude do tempo de processamento neste centro ser inferior aos tempos de processamento somados das duas etapas anteriores.

O PE com quatro lotes, posicionado posterior à restrição, garante tempo necessário para que se realizem as manutenções preventivas e, se for o caso, intervenções corretivas no equipamento restrição do processo produtivo. Em virtude da taxa produtiva no centro de trabalho Embalagem, posterior à restrição, ser de 3,04 lote/dia, os lotes posicionados no PE garantem um abastecimento do sistema por pouco mais que um dia.

6.5 Nevirapina 200 mg

O resumo dos resultados da MEI (Anexo O), transcritos na Tabela 12, revelou inicialmente o Evento 20 (Compressão) como a restrição do sistema produtivo com 2,02 lote/dia. Os maiores tempos de processamento entre os lotes mapeados alternaram-se de posição algumas vezes, conseqüentemente podendo-se dizer que a restrição alternou-se de posição, haja vista que é inversamente proporcional à taxa produtiva, ou seja, quanto maior o tempo de processamento menor será o número de lotes fabricados por dia pelo centro de trabalho.

Considerando-se a observação acima, pode-se dizer que o recurso crítico esteve presente oito vezes no Evento 13, dezoito vezes no Evento 20 e quatro vezes no Evento 31. Outro fator importante observado foi o comportamento irregular em alguns resultados quando estes foram comparados com as médias obtidas para cada evento. Há, portanto, a necessidade de identificá-los através da Matriz de Identificação de *Outliers*, conforme Tabela 13.

As observações que apresentaram valores modulares de Z_i acima de três foram: 78,17 no Evento 13 do lote 10050384R, 79,60 e 82,17 no Evento 20 dos lotes 10060542 e 10100928, 24,92 no Evento 27 do lote 10050391, sendo, portanto os *Outliers* dentre os resultados dos mapeamentos do produto Nevirapina 200 mg, devendo ser desconsiderados. Após a eliminação dos referidos resultados pode - se confirmar a Compressão como centro de trabalho restrição do sistema, cabendo destacar a importância da identificação de *Outliers* neste caso, já que inicialmente a restrição estava com um valor médio de produção de 2,02 lote/dia, sendo que na verdade a taxa produtiva deste centro era mais que o dobro deste valor com 4,46 lote/dia, reafirmando a importância na realização de tratamento estatístico antes da realização de determinada análise de dados para que não haja determinação de valores equivocados para as taxas de produção nos centros de trabalho.

Após a devida identificação da restrição do sistema produtivo, a determinação do PPR foi realizada, conforme ilustrado na Figura 11, sendo fator preponderante para que a atividade no centro de trabalho Compressão não seja interrompida. O posicionamento de cinco lotes à frente do centro de trabalho restrição do sistema produtivo garante a proteção de sua atividade por um dia, ou seja, caso haja qualquer interrupção no fluxo de produção no centro de trabalho Mistura este deverá

ser resolvido neste intervalo de tempo, observando-se o tempo de ressuprimento de lote no PPR de 3,41h. Ou seja, caso os cinco lotes comecem a ser consumidos sem a devida reposição, e em virtude do tempo de processamento de um lote na restrição ser de 4,71h, a restrição só não interromperá suas atividades se o PPR começar a ser repostado quando o quinto lote tiver 1,30 horas de processamento na restrição. A partir daí, não haverá mais tempo hábil para repor o PPR sem a interrupção da restrição em virtude do tempo de processamento na Mistura ser inferior ao tempo de processamento na restrição.

O PE com nove lotes, posicionado posterior à restrição, garante tempo necessário para que se realizem as manutenções preventivas e, se for o caso, intervenções corretivas no equipamento restrição do processo produtivo. Em virtude da taxa produtiva no centro de trabalho Embalagem, posterior à restrição, ser de 6,62 lote/dia, os lotes posicionados no PE garantem um abastecimento do sistema como um todo por pouco mais de um dia.

6.6 Ribavirina 250 mg

O resumo dos resultados da MEI (Anexo Q), descritos na Tabela 15, demonstraram inicialmente o Evento 24 (Encapsulamento) como a restrição do sistema produtivo com 0,51 lote/dia. Os maiores valores de tempo individualizados dos lotes em cada centro de trabalho tiveram alternância entre seis centros de trabalho, comprovando-se que a restrição do sistema alternou-se de posição, haja vista que, como mencionado anteriormente, o tempo de processamento é inversamente proporcional à taxa produtiva, ou seja, quanto maior o tempo de processamento menor será o número de lotes fabricados por dia pelo centro de trabalho. A migração do recurso crítico observada na MEI do produto em questão ocorreu da seguinte forma: cinco vezes esteve presente no Evento 15, uma vez no Evento 18, uma vez no Evento 22, treze vezes no Evento 24, cinco vezes no Evento 27 e cinco vezes no Evento 33. A inconstância na permanência do recurso crítico em um dado centro de trabalho foi fator de destaque nesta análise, já que o mesmo migrou por seis centros dos sete possíveis, porém com um maior número de repetições no Evento 24 (Encapsulamento), os valores bem próximos das médias de lotes produzidos por dia também foi fator de destaque, cabendo a identificação de resultados que possam estar contribuindo para a inconstância relatada através da Matriz de Identificação de *Outliers*.

As observações que apresentaram valores modulares de Z_i acima de três foram: 22,00 e 14,92 no Evento 13 dos lotes 10050330 e 10050464, 148,50 no Evento 15 do lote 10020105, 43,50 no Evento 18 do lote 10010017, 96,25 no Evento 24 do lote 10090835 e 318,00 no Evento 33 do lote 10090837, sendo estes os *Outliers* presentes nos resultados dos mapeamentos do produto Ribavirina 250 mg, devendo ser desconsiderados.

O resumo dos resultados da MES de Ribavirina 250 mg, demonstrados na Tabela 17, continuaram apresentando valores de taxas produtivas próximas entre os centros de trabalho Compactação (Evento 15) e Encapsulamento (Evento 24), com valores de 0,67 e 0,55 lote/dia respectivamente, mesmo após a desconsideração de resultados *Outliers*, o que merece atenção especial quanto à possibilidade de presença de gargalo errante neste fluxo produtivo.

Identificada a restrição do sistema produtivo, o cálculo da quantidade de lotes que comporiam o PPR foi realizado, conforme ilustrado na Figura 12. Para que a atividade no centro de trabalho Encapsulamento não seja interrompida o posicionamento de três lotes à frente do centro de trabalho restrição do sistema produtivo faz-se necessária, haja vista garantir a proteção de sua atividade por 5,45 dias, ou seja, caso haja qualquer interrupção no fluxo de produção nos centros de trabalho Mistura, Compactação e Mistura Final este deverá ser resolvido neste intervalo de tempo, observando-se o tempo de ressuprimento de lote no PPR de 39,37h. Ou seja, caso os três lotes comecem a ser consumidos sem a devida reposição, e em virtude do tempo de processamento de um lote na restrição ser de 37,91h, a restrição só não interromperá suas atividades se o PPR começar a ser repostado quando restarem 1,46h para o segundo lote ter seu processamento concluído na restrição. A partir daí, não haverá mais tempo hábil para repor o PPR, sem a interrupção da restrição, em virtude do somatório dos tempos de processamento nos centros de trabalho anteriores ao Encapsulamento ser superior ao seu tempo de processamento.

O PE com dois lotes, posicionado posterior à restrição, garante tempo necessário para que se realizem as manutenções preventivas e, se for o caso, intervenções corretivas no equipamento restrição do processo produtivo. Em virtude da taxa produtiva no centro de trabalho Embalagem, posterior à restrição, ser de 0,93 lote/Dia, os lotes posicionados no PE garantem um abastecimento do sistema como um todo por pouco mais de dois dias.

6.7 Identificação do Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) através da análise global do sistema

A Análise global da capacidade instalada da área de antirretrovirais revelou o encapsulamento como RRC, com a maior taxa de ocupação frente à demanda contratada no ano de 2009, com percentual de utilização de 152,70%. Este valor denota uma necessidade de investimento de mais uma máquina neste centro de trabalho para que haja a possibilidade de atendimento da demanda contratada de antirretrovirais na apresentação cápsulas. Embora destaque-se o encapsulamento como recurso com a maior taxa de ocupação em uma análise global, cabe mencionar que o compactador é outro recurso com taxa de ocupação superior a 100% e no caso de possível investimento em mais uma encapsuladora, o RRC migraria para este centro haja vista que a taxa de ocupação do centro de trabalho encapsulamento ficaria com 76,35%.

Durante a elaboração deste estudo, a planta produtiva de antirretrovirais dobrou a capacidade instalada do centro de trabalho revestimento com a inserção de mais uma revestidora de comprimidos, haja vista ser este centro de trabalho a restrição do fluxo produtivo de comprimidos revestidos conforme demonstrado anteriormente nos itens 6.3 e 6.4. Esta estratégia foi necessária como forma de absorver a demanda de mais um produto antirretroviral na apresentação comprimido revestido não contemplado neste estudo. Caso este investimento não fosse realizado, a taxa de ocupação do centro de trabalho revestimento passaria de 57,10% de ocupação para valores superiores a 100%, o que poderia inviabilizar a absorção da nova demanda por Farmanguinhos.

7 CONCLUSÃO

Os conceitos difundidos pela Teoria das Restrições, ou *Theory of Constraints*, proporcionou a visualização de como a gestão da cadeia produtiva pode ser controlada de forma enxuta e sincronizada. Ao se aprofundar nas técnicas disseminadas pela referida teoria, tornou-se evidente que os fluxos produtivos podem ser mantidos sem a necessidade obrigatória de elevados estoques em processo entre seus centros de trabalho. A forma de como os “gargalos” foram identificados, e de como comandam a liberação de materiais pela linha produtiva, deu a noção da estratégia empregada na gestão de processos produtivos pelo gerenciamento das restrições.

O sequenciamento das atividades produtivas dos produtos ARV e AV ilustrou o quão complexas e numerosas são as atividades envolvidas no ambiente de manufatura de produtos farmacêuticos.

Os tempos envolvidos em cada processamento dos lotes estudados possibilitaram identificar as restrições dos fluxos produtivos e determinar: os tempos de atravessamento, os tempos médios de processamento nas fases operacionais e os tempos médios entre fases operacionais para cada apresentação.

O dimensionamento dos pulmões de proteção da restrição e de espaço ilustrou como é possível manter um equilíbrio entre fluxo constante de produção e baixos estoques em processo na cadeia produtiva. A mescla das lógicas de produção puxada e empurrada, tendo como marco as restrições dos sistemas produtivos, pode ser bem observada nos fluxos estudados.

A análise da capacidade global do sistema deixou clara a necessidade de investimento em alguns equipamentos e a possibilidade de absorção de novas demandas em outros centros de trabalho.

O conjunto de resultados obtidos neste estudo ratifica a importância da utilização da Teoria das Restrições como ferramenta de gestão no planejamento e controle da produção. Ficando como sugestão a implantação de programação de produção que contemple os pulmões de proteção da restrição e de espaço dos produtos estudados, com a perspectiva de expansão desta metodologia de programação para os outros produtos do portfólio de Farmanguinhos.

REFERÊNCIAS

- 1) SLACK N, CHAMBERS S, HARLAND C, HARRISON A, JOHNSTON R. Administração da Produção. São Paulo: Atlas; 1999.
- 2) MARTINS PG, LAUGENI FP. 2. ed. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva; 2005.
- 3) www.racine.com.br acessado em 01 04 2012
- 4) www.cff.org.br acessado em 01 04 2012
- 5) www.alfob.org acessado em 01 04 2012
- 6) COX JF, SPENCER MS. Manual da Teoria das Restrições. Porto Alegre: Bookman; 2002.
- 7) Fundação Oswaldo Cruz, Instituto de Tecnologia em Fármacos, Coordenação de Assistência Farmacêutica, Rio de Janeiro, 2010.
- 8) www.easp.fgvsp.br acessado em 04/10/2010
- 9) SILVA MT. Correntes do pensamento Administrativo. In: Contador JC. Gestão de Operações. São Paulo: Edgard Blucher; 1997. P. 16-30.
- 10) CORREA HL, CORREA CA. Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas; 2004.
- 11) GOLDRATT EM. Standing on the Shoulders of Giants – Production concepts *versus* production applications The Hitachi Tool Engineering example. Gest Prod 2009 Jul – Set; 16 (3): P. 333-43
- 12) SOUZA FB. Do OPT a Teoria das Restrições: avanços e mitos. Prod 2005 Ago; 15 (2): P. 184-97.
- 13) GOLDRATT EM, COX JF. The Goal: A process of ongoing improvement. Great Barrington: The North River Press; 2004.

- 14) SOUZA FB, BAPTISTA HR. Proposta de avanço para o método Tambor-Pulmão-Corda Simplificado aplicado em ambientes de produção sob encomenda. Gest Prod 2010 Dez; 17 (4): P. 735-46.
- 15) Avraham Y. Goldratt Institute. Combining Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance. [acesso em 20 Jan 2012]. Disponível em: www.goldratt.com
- 16) ROCHMAN RR. Real Options Valuation of Companies Run by Theory o Constraints. 2002 Abr; [acesso em 08 mar 2012]. Disponível em: www.citeseerx.ist.psu.edu
- 17) CYPLIK P, HADAS L, DOMANSKI R. Implementation of theory of constraints in the area of stock management within the supply chain – a case study. LogForum [periódicos na internet]. 2009 Set [acesso em 08 mar 2012]; 5 (6) Disponível em: www.logforum.net/vol5/issue3/no6
- 18) LACERDA DP, RODRIGUES LH, SILVA AC. Avaliação da sinergia entre a engenharia de processos e o processo de pensamento da teoria das restrições. Prod 2011 Abr – Jun; 21 (2): P. 284-300.
- 19) www.who.int acessado em 01 04 2012
- 20) Boletim Epidemiológico AIDS e DST - 2011; [acesso em 01 04 2012]. Disponível em: www.aids.gov.br
- 21) BARNES RM. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Blucher; 1977.
- 22) MARTINS GA. Estatística Geral e Aplicada. São Paulo: Atlas; 2001.