

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JULIA GUALBERTO CARRARA

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO DA UNIDADE DE
RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE SAÚDE

SÃO CARLOS

2015

JULIA GUALBERTO CARRARA

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO DA UNIDADE DE
RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE SAÚDE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
São Carlos - Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Engenheira
de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco
Esposto.

SÃO CARLOS

2015

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, João Paulo e Norma, pelo apoio emocional e financeiro durante toda a minha vida.

Às minhas irmãs Beatriz e Luiza, pelo companheirismo.

À Escola de Engenharia de São Carlos e à Universidade de São Paulo por possibilitarem minha formação.

Ao meu orientador, professor doutor Kleber Francisco Esposto pela confiança, pelas dicas e pelo apoio ao longo deste trabalho.

A todos os professores que tive ao longo da graduação e da escola.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Produção, em especial à Thalita e à Sueli pela solicitude quando não pude estar presente em São Carlos.

Ao Instituto Real de Tecnologia (KTH) por ampliar meus horizontes acadêmicos e pessoais.

Ao Grupo SemEP, por me proporcionar tamanho aprendizado nessa primeira “experiência de trabalho”.

Aos meus amigos, que tornaram essa jornada mais leve e divertida.

Aos funcionários da URR, Ana Paula, Anderson, Bruno, Davi, Edilson, Everton, Fabio, Mariana e Sandro pela disponibilidade e boa vontade em me auxiliar.

À minha gestora de estágio, Patrícia Pinheiro, pela compreensão ao me liberar para a execução deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

CARRARA, J. G. **Análise da capacidade de processamento da Unidade de Reciclagem de Resíduos de uma empresa do segmento de saúde.** Trabalho de conclusão de curso. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2015.

O gerenciamento dos resíduos gerados e sua reintrodução nos processos produtivos, a economia circular, é um imperativo para o desenvolvimento sustentável, reduzindo o consumo de matéria prima virgem e o escape de materiais valiosos para fora da economia. Através de um estudo de caso único, este trabalho (1) elabora e analisa criticamente os mapas de fluxo de valor dos principais resíduos de uma empresa do setor de saúde por sua Unidade de Reciclagem, (2) estima a capacidade de processamento dos equipamentos envolvidos e (3) propõe melhorias aos seus fluxos de valor. Foram medidos os tempos padrões de enfiamento do papelão, dos absorventes íntimos e de extrusão de plásticos a fim de calcular a capacidade de processamento desses materiais. Os desperdícios mais relevantes observados foram os estoques de material aguardando processamento, estoques de produtos acabados aguardando expedição e uma etapa de processamento desnecessária no fluxo dos plásticos. Os estoques pré-processamento de plástico podem ser reduzidos substituindo o turno único de 11 horas por dois turnos de oito horas em dias úteis. Os estoques pós-processamento podem ser reduzidos com expedições mais frequentes aos compradores. A Unidade tem capacidade instalada suficiente para atender às demandas atuais e pode processar volumes ainda maiores se necessário. Sugere-se que trabalhos futuros quantifiquem os ganhos ambientais decorrentes das melhorias propostas por este trabalho e investiguem as possibilidades de prevenção da geração de resíduos nos processos produtivos.

Palavras-chave: Capacidade de processamento. Produção enxuta. *Lean manufacturing*. Gerenciamento de resíduos. Economia circular.

ABSTRACT

CARRARA. J. G. **Processing capacity analysis of a waste recycling plant in a healthcare industry.** Graduation work. School of Engineering of São Carlos – University of São Paulo, 2015.

Recirculating materials back in the production streams is a must to achieve sustainable development, reducing pressure on natural resources and the leaking of valuable materials out of the economy. Through a single-case study, the present work (1) elaborates and critically analyzes value stream maps of the main residues generated in a healthcare industry throughout its recycling unit, (2) estimates the processing capacity of the machinery involved and (3) proposes improvements to its value streams. Cardboards, feminine pads and pellet plastics processed in the plant had their standard times measured in order to calculate the amount of waste that could be processed monthly. The recycling unit has enough capacity to meet its current demands and even higher volumes of waste if needed. The most relevant types of *muda* (Ohno's wastes) found were pre- and post-processing material inventories and an unnecessary step in the plastic stream. Pre-processing plastic inventory may be reduced by working two 8-hour shifts instead of one 11-hour shift on business days. Post-processing inventories may be minimized by more frequent dispatches along the week. The installed capacity of the recycling unit meets current demands and is enough for even higher demands in the future. Future works should focus on measuring environmental gains caused by the improvements suggested in this work and investigate alternatives to prevent waste generation in the production stages.

Key words: Processing capacity. Lean manufacturing. Waste management. Circular economy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIAGRAMA DA ECONOMIA CIRCULAR.	15
FIGURA 2 – DISSOCIAÇÃO DO CRESCIMENTO ECONÔMICO DA INTENSIDADE DO USO DE RECURSOS E DO IMPACTO AMBIENTAL.	16
FIGURA 3 – “HIERARQUIA DO LIXO”, PRIORIDADES NA ESCOLHA DA DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS.....	17
FIGURA 4 – ETAPAS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	29
FIGURA 5 – MATRIZ ETAPAS DE MONTAGEM & EQUIPAMENTOS X PRODUTOS PARA IDENTIFICAR FAMÍLIAS DE PRODUTOS.....	30
FIGURA 6 – EXEMPLO DE MAPA DO ESTADO ATUAL DE UMA PLANTA DE ESTAMPARIA.	32
FIGURA 7 – EXEMPLO DE MAPA DO ESTADO FUTURO DE UMA PLANTA DE ESTAMPARIA.....	33
FIGURA 8 – DOIS NÍVEIS DE KAIZEN.	34
FIGURA 9 – TAPETE HIGIÊNICO PARA ANIMAIS DOMÉSTICOS.	49

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – PRENSA DIPIGUAL 2.	40
FOTO 2 – PRENSA CARNEIRO & LESSA.	41
FOTO 3 – DESPOLPADORA.	42
FOTO 4 – EXTRUSORA VORTEX NA FÁBRICA DE PLÁSTICOS.	43
FOTO 5 – FARDO DE CELULOSE.	50
FOTO 6 – BAG RECEBENDO O <i>SCRAP</i> (PLÁSTICO E CELULOSE).	50
FOTO 7 – ESTOQUE DE ABSORVENTES ÍNTIMOS AGUARDANDO PROCESSAMENTO NA DESPOLPADORA.	51
FOTO 8 – ESTOQUE DE PLÁSTICO QUE AGUARDA A EXTRUSORA BLOQUEANDO A SAÍDA DA FÁBRICA.	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÃO EM TONELADAS E FATURAMENTO EM REAIS POR TIPO DE RESÍDUO JANEIRO A SETEMBRO/2015.	39
TABELA 2 – TEMPO PADRÃO DA CONFECÇÃO DE UM FARDO DE PAPELÃO NA PRENSA CARNEIRO & LESSA.	47
TABELA 3 – CÁLCULO DA CAPACIDADE INSTALADA DA PRENSA CARNEIRO & LESSA.	48
TABELA 4 – TAKT TIME DO PAPELÃO EM SETEMBRO/2015.	48
TABELA 5 – TEMPO PADRÃO DA CONFECÇÃO DE UM FARDO DE POLPA DE CELULOSE NA DESPOLPADORA.	53
TABELA 6 – CÁLCULO DA CAPACIDADE INSTALADA DA DESPOLPADORA.	53
TABELA 7 – TAKT TIME DO ABSORVENTE ÍNTIMO EM SETEMBRO/2015.	54
TABELA 8 – PREÇO DOS TIPOS DE PLÁSTICO POR QUILO.	55
TABELA 9 – TEMPO PADRÃO DA CONFECÇÃO DE UM BIGBAG DE PLÁSTICO GRANULADO.	56
TABELA 10 – CÁLCULO DA CAPACIDADE INSTALADA DA EXTRUSORA VORTEX.	56
TABELA 11 – TAKT TIME DO PLÁSTICO GRANULADO EM SETEMBRO/2015.	57
TABELA 12 – PREÇO DOS TIPOS DE PLÁSTICO SEM PROCESSAMENTO POR QUILO.	57
TABELA 13 – RESUMO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DA URR QUANTO AO PAPELÃO, ABSORVENTES ÍNTIMOS E PLÁSTICOS GRANULADOS.	63
TABELA 14 – GANHOS DE <i>LEAD TIME</i> ENTRE O ESTADO ATUAL E O ESTADO FUTURO PROPOSTO.	64

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – SITUAÇÕES RELEVANTES PARA DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE PESQUISA.....35

QUADRO 2 – RESUMO DAS RECOMENDAÇÕES PROPOSTAS PARA MELHORIA DOS FLUXOS...62

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 <i>Objetivo geral</i>	12
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	12
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
1.2 ECONOMIA CIRCULAR.....	13
1.3 GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS	17
1.4 PRODUÇÃO ENXUTA	18
1.4.1 <i>Os cinco princípios da mentalidade enxuta por Womack e Jones</i>	19
1.4.2 <i>Os 14 princípios da produção enxuta por Jeffrey K. Liker</i>	21
1.4.3 <i>Fundamentos da produção enxuta</i>	25
1.4.4 <i>Ferramentas da produção enxuta</i>	27
1.4.4.1 5s	27
1.4.4.2 Takt time.....	28
1.4.4.3 Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	29
1.4.4.4 Kaizen	33
DEFINIÇÃO DO MÉTODO.....	35
APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	37
1.5 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	37
1.5.1 <i>Resíduos processados na URR</i>	38
1.5.2 <i>Equipamentos da URR</i>	40
1.6 MÉTODO UTILIZADO NO CÁLCULO DE CAPACIDADE	44
1.6.1 <i>Quantos equipamentos são necessários?</i>	45
1.7 MAPAS DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL.....	46
1.7.1 <i>Papelão</i>	47
1.7.2 <i>Absorventes íntimos</i>	49
1.7.3 <i>Plásticos granulados</i>	54

1.8	MAPAS DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO.....	58
1.8.1	<i>Papelão</i>	59
1.8.2	<i>Absorventes íntimos</i>	59
1.8.3	<i>Plásticos granulados</i>	60
	CONCLUSÕES FINAIS	62
	TRABALHOS FUTUROS	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	APÊNDICE A – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DO PAPELÃO	70
	APÊNDICE B – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DOS ABSORVENTES ÍNTIMOS	71
	APÊNDICE C – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DOS PLÁSTICOS GRANULADOS	72
	APÊNDICE D – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DO PAPELÃO	73
	APÊNDICE E – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DOS ABSORVENTES ÍNTIMOS	74
	APÊNDICE F – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DOS PLÁSTICOS GRANULADOS	75

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o aumento acelerado do consumo de bens e serviços nas últimas décadas fez com que a quantidade de lixo gerada pela sociedade aumentasse.

A oferta de produtos cresceu e seus ciclos de vida se encurtaram; o avanço rápido das tecnologias faz com que as pessoas troquem de aparelhos com maior frequência.

O fluxo de materiais é bastante linear no modelo econômico atual. O padrão "extrair-produzir-usar-descartar" ("*take-make-use and dispose*") utilizado atualmente assume que os recursos naturais são abundantes, disponíveis e de baixo custo de descarte (COMISSÃO EUROPEIA, 2014a).

A transição entre o modelo econômico linear para o modelo circular se mostra como um dos maiores desafios da economia mundial. A reinserção do que hoje é tratado como lixo nos diversos processos produtivos é fundamental para reduzir o impacto da poluição e a pressão sobre as fontes de recursos naturais.

O Brasil, por muitos anos, dispôs de seus rejeitos de maneira irresponsável. Há menos de três décadas, 88% do lixo gerado no país terminavam despejados a céu aberto (IBGE, 2010), contaminando solo, corpos d'água, ar e representando risco de explosões e perigo para a população vizinha a essas áreas. Mesmo após o fim das atividades, esses terrenos permanecem contaminados e impróprios para qualquer outro uso.

Em 2010, foi aprovada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.306/10 (BRASIL, 2010). A lei dispõe sobre seus objetivos, princípios e instrumentos a fim de regulamentar a gestão dos resíduos sólidos no território nacional. Foi um passo importante, mas a aplicação das regras e sanções previstas ainda são um desafio.

A empresa abordada neste trabalho tem uma postura proativa quanto ao gerenciamento dos resíduos que gera e há quase 20 anos mantém uma Unidade de

Reciclagem de Resíduos (URR) que atende suas fábricas. Neste trabalho, estudou-se os fluxos de papelão, absorventes íntimos e plásticos e mede-se a capacidade de processamento da URR.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Selecionar os resíduos mais relevantes que circulam pela URR, analisar seus fluxos pelo chão de fábrica e medir através da coleta de dados amostrais a capacidade de processamento dos equipamentos da URR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Dimensionar os *lead times* (tempos de atravessamento) dos principais materiais na URR.
- Desenhar os mapas dos fluxos de valor dos principais materiais processados e identificar desperdícios nos processos produtivos.
- Propor mudanças/melhorias nos processos atuais, otimização de infraestrutura, possível aquisição de novos maquinários para a URR, entre outros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2 ECONOMIA CIRCULAR

As economias mundiais desenvolveram um padrão de crescimento baseado no modelo linear “extrair-produzir-usar-descartar” (COMISSÃO EUROPEIA, 2014a), que considera as fontes de recursos como infinitas. Essas fontes vêm sendo ameaçadas pelo crescimento econômico e populacional acelerado visto desde a Revolução Industrial. Segundo um relatório elaborado pela Greenovate! Europe (2012), a extração de recursos naturais ao redor do mundo cresceu 78% entre 1980 e 2008.

A economia circular, segundo relatório da *Ellen MacArthur Foundation* (2015), é restauradora e regenerativa visando manter produtos, componentes e materiais em sua máxima utilidade e valor.

Cinco características fundamentais descrevem a economia circular:

1. *Eliminação completa de rejeitos.*

Os projetos de produtos já preveem a reinserção de todos os resíduos do processo produtivo na economia. Materiais orgânicos devem ser atóxicos e facilmente decompostos, enquanto materiais artificiais devem ser projetados para permitir o reuso, o reparo e a reciclagem. Desta forma, o valor é retido no sistema e o input de energia nos processos é minimizado (*Ellen MacArthur Foundation*, 2015).

2. *“Diversidade faz a força”.*

Em diferentes tipos de sistemas, a diversidade garante versatilidade e resiliência. Economias circulares dependem de negócios de pequeno, médio e grande portes para ser sustentável no longo prazo. Enquanto grandes negócios garantem volume e eficiência, pequenos e médios negócios criam alternativas em momentos de crise (GOERNER; BERNARD; ULANOWICZ, 2009).

3. *Fontes renováveis de energia alimentam a economia.*

A energia necessária para movimentar a economia deve ser oriunda de fontes renováveis a fim de reduzir a pressão sobre as fontes e aumentar a resiliência em casos de escassez (crise do petróleo, por exemplo) (*Ellen MacArthur Foundation, 2015*).

4. *Pensamento sistêmico.*

Os elementos da vida real fazem parte de sistemas complexos e estão fortemente interligados. Essas ligações e suas possíveis consequências devem ser levadas em consideração a todo momento (*Ellen MacArthur Foundation, 2015*).

5. *Preços ou outros mecanismos de feedback devem refletir os custos reais.*

Segundo Webster (2015), preços são como mensagens e devem refletir os custos completos para serem eficazes. Para isso, todo o custo de externalidades negativas deve ser considerado e os subsídios removidos. A falta de transparência sobre os custos de externalidades é uma barreira para a transição da economia linear para a economia circular

Além das características acima, a *Ellen MacArthur Foundation* (2015) elenca três princípios de ação que regem a economia circular. São eles:

1. *Preservar e aprimorar o capital natural controlando recursos não-renováveis e equilibrando os fluxos de recursos renováveis.*

Sistemas circulares buscam a desmaterialização das atividades econômicas, entregando a utilidade ao invés do produto. Quando isso não é possível, fazem uso de tecnologias e processos que utilizam fontes renováveis e eficientes, incentivam o fluxo de nutrientes dentro do sistema e criam condições de regeneração.

2. *Otimizar o rendimento de recursos circulando produtos, componentes e materiais em suas máximas utilidades todo o tempo tanto nos ciclos técnicos quanto nos ciclos biológicos.*

O design dos produtos já deve prever a remanufatura, o reparo e a reciclagem de componentes no futuro a fim de mantê-los circulando e contribuindo com o sistema em sua máxima utilidade pelo máximo de tempo. Sistemas circulares aumentam a vida útil dos produtos e otimizam o reuso. Da

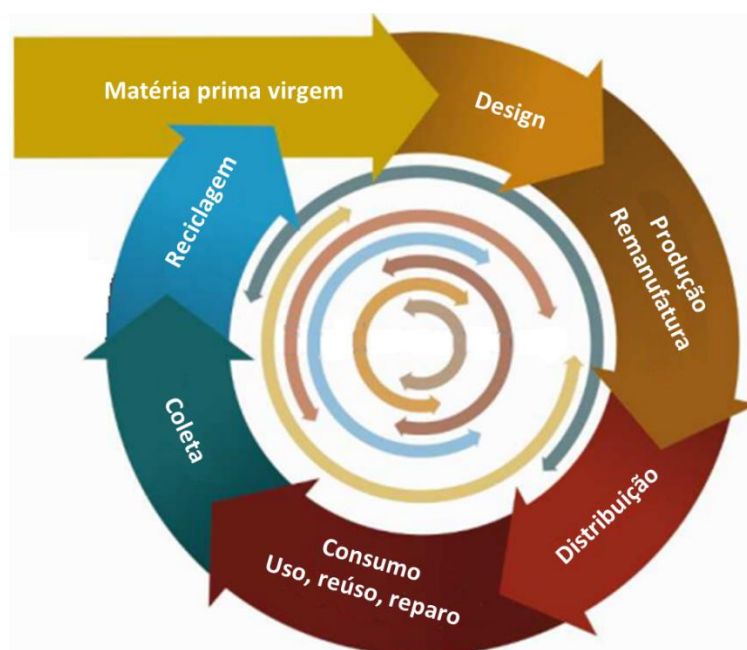
mesma forma, incentivam o retorno de nutrientes biológicos à biosfera por decomposição para se tornarem matéria prima de novos ciclos.

3. *Fomentar a eficácia dos sistemas destacando e “projetando para a eliminação”¹ de externalidades.*

Sistemas circulares reduzem os danos em áreas críticas como segurança alimentar, mobilidade, educação, saúde, etc. e gerenciam externalidades como uso da terra, poluição do ar, da água e a emissão de substâncias tóxicas no ambiente.

A comunicação da Comissão Europeia (2014a) *“Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe”* traz um diagrama (Figura 1) que ilustra o conceito de economia circular. São apresentadas as principais fases de um modelo econômico circular, em que cada uma delas apresenta oportunidades em termos de redução de custos e de dependência de recursos naturais, estimulando o crescimento e a geração de empregos, além de limites à produção de rejeitos e emissões. A Figura 1 foi adaptada para eliminar o escape de materiais como “rejeito”, a primeira característica da economia circular como propõe Ellen MacArthur Foundation (2015):

Figura 1 – Diagrama da economia circular.



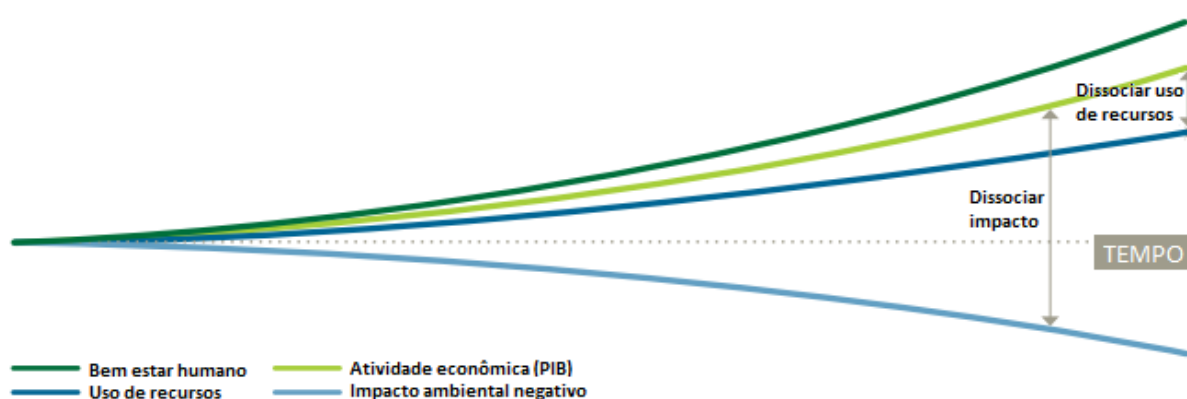
Fonte: adaptado de Comissão Europeia (2014a).

¹ A expressão *“to desing out externalities”* não tem uma expressão equivalente em português. Significa considerar a eliminação de externalidades, como resíduos e impactos ambientais, em qualquer projeto.

A consultoria KPMG publicou em 2014 um estudo sobre as *megatrends* (mega tendências) da manufatura para os próximos anos. A quinta tendência se refere à eficiência energética e de recursos (KPMG, 2014). O preço das commodities, o consumo de energia e a gestão das atividades logísticas hoje são cruciais para a competitividade das indústrias (Ellen MacArthur Foundation, 2015). No futuro, esses fatores ganham ainda mais importância dados os desafios crescentes de fornecimento de matérias primas e energia (KPMG, 2014), as exigências de consumidores cada vez mais conscientes e leis e regulamentações cada vez mais rigorosas (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Um dos maiores problemas que o mundo enfrenta atualmente é a relação custo-retorno da proteção ambiental. Ainda que a geração de resíduos varie em quantidade e qualidade entre países, o que se observa em quase todos eles é que o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) implica no aumento da produção de resíduos (EL-HAGGAR, 2007). Atingir eficiência energética e de recursos significa criar economias resilientes e competitivas (COMISSÃO EUROPEIA, 2014b), dissociando o crescimento econômico da intensidade de consumo de recursos e do impacto ambiental negativo (GREENOVATE! EUROPE, 2012). Uma representação gráfica dessa dissociação pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 – Dissociação do crescimento econômico da intensidade do uso de recursos e do impacto ambiental.



Fonte: adaptado de Greenovate! Europe (2012).

A gestão de resíduos é um imperativo para atingir esses objetivos.

1.3 GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS

Em 2 de agosto de 2010, o então presidente Luís Inácio Lula da Silva sancionou a Lei 12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), após duas décadas de tramitação no Congresso.

A lei dispõe sobre seus objetivos, princípios e instrumentos a fim de regulamentar a gestão dos resíduos sólidos no território nacional.

Segundo o parágrafo primeiro do artigo primeiro, estão sujeitos à lei as "pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos" (BRASIL, 2010), ou seja, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e empresas limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

O artigo 9º estabelece a ordem de prioridade na escolha da destinação dos resíduos: “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. A “hierarquia do lixo” privilegia a prevenção da geração de resíduos sobre o descarte final. Essa hierarquia pode ser vista na pirâmide invertida da Figura 3.

Figura 3 – “Hierarquia do lixo”, prioridades na escolha da destinação de resíduos.



Fonte: adaptado de Comissão Europeia (2010).

A gestão integrada de resíduos pode ser definida como a integração dos fluxos de resíduos, sistemas de coleta e métodos de tratamento, benefício ambiental, otimização econômica e aceitabilidade da sociedade (Warmer Bulletin 49 apud WILLIAMS, 2005). Apesar de haver uma ordem de prioridades, não se pode afirmar que uma alternativa é melhor que a outra, pois todas elas têm um papel a cumprir. Na avaliação do melhor sistema em termos econômicos e ambientais, muitos fatores são considerados, por exemplo, a infraestrutura de gestão de resíduos, existência de aterros sanitários, fornos de incineração, usinas de reciclagem, tipos de resíduos gerados, quantidades geradas, entre outros (WILLIAMS, 2005).

El-Haggar (2007) propõe a lei dos 7 Rs na busca pela poluição zero. Quatro além dos conhecidos 3 Rs, Reduzir, Reusar e Reciclar. São eles: Regular, Reduzir, Reusar, Reciclar, Recuperar, Repensar e Renovar. Para El-Haggar, a regulamentação é fundamental para reforçar os outros seis Rs. No Brasil, a PNRS foi um passo importante, mas a prática e a teoria ainda estão distantes no país.

Ferramentas como *ecodesign*, avaliação de ciclo de vida, a abordagem berço-a-berço possibilitam os Rs Reduzir, Reusar, Reciclar e Recuperar, na medida em que selecionam materiais e processos mais ambientalmente amigáveis.

Repensar e renovar produtos e serviços para reiniciar o ciclo, tornando-o cada vez mais eficiente.

1.4 PRODUÇÃO ENXUTA

Neste trabalho, os termos “produção enxuta”, “*lean manufacturing*”, “sistema Toyota de produção” (STP), e apenas “*lean*” são usados como sinônimos.

O conceito de produção enxuta nasceu na busca do engenheiro da Toyota Taiichi Ohno de eliminar todas as formas de desperdício na Toyota, empresa onde

trabalhava. Na época, a Toyota era uma empresa pequena que não dispunha de recursos para adquirir equipamentos caros e produzir itens que ficariam parados em estoques. Nesse contexto, surgiu o Just-in-Time (JIT), metodologia que permitia produzir o item certo, na quantidade certa, no tempo certo usando o mínimo de recursos em resposta à solicitação do cliente (ou do processo posterior).

O STP vem há mais de meio século se provando superior aos métodos produtivos tradicionais. Segundo um estudo do professor de estratégia internacional da Marriott School Jeffrey Dyer apud Segalla (2007), a Toyota aumentou sua produtividade em 700% ao longo de 30 anos, enquanto as concorrentes cresceram apenas 250% no mesmo período.

1.4.1 Os cinco princípios da mentalidade enxuta por Womack e Jones

O pensamento enxuto busca produzir *mais* com cada vez *menos*: menos equipamentos, menos mão de obra, menos tempo e menos espaço. Para isso, é necessário especificar valor na produção, ordenar as atividades que criam valor da melhor forma para realizá-las sem interrupções e de maneira eficaz (WOMACK; JONES, 2003).

Os autores enumeram cinco princípios que devem guiar a implementação da mentalidade enxuta nas empresas. São eles: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição (LEAN INSTITUTE BRASIL; WOMACK; JONES, 2003).

1. Valor:

O valor é criado pelo produtor, no entanto é *definido* pelo cliente. Para ser significativo deve ser estabelecido para um produto específico que atenda à demanda do cliente a um preço específico em um momento específico.

A empresa deve repensar o valor a partir da perspectiva do cliente. (WOMACK; JONES, 2003)

2. *Fluxo de valor:*

É o conjunto de todas as ações necessárias que levam um produto a passar pelas três tarefas gerenciais críticas: a solução de problemas (da concepção ao lançamento), gerenciamento da informação (do recebimento do pedido à entrega) e a transformação física (da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente).

A análise cuidadosa do fluxo de valor traz à tona três tipos de atividades: as que criam valor; as que não criam valor, mas são necessárias; e as que não criam valor e são dispensáveis. O terceiro tipo deve ser eliminado imediatamente (WOMACK; JONES, 2003).

3. *Fluxo contínuo:*

As tarefas que restaram após a análise do fluxo de valor devem ser repensadas para que “fluam” sem interrupções. O modelo tradicional de produção em “departamentos” não permite o fluxo contínuo devido aos inúmeros estoques que se acumulam entre os departamentos.

Para garantir a fluidez do sistema, é necessário reduzir os tempos de setup e dimensionar os equipamentos adequadamente (WOMACK; JONES, 2003), entre outras medidas. O fluxo contínuo reduz *lead times* e aumenta a capacidade de resposta da empresa (LEAN INSTITUTE BRASIL).

4. *Produção puxada:*

A produção puxada dita que um processo só deve produzir um bem ou serviço quando o cliente ou o processo posterior solicitar ao invés de “empurrar” a produção sobre ele. Essa medida permite que a empresa faça apenas o que é realmente demandado e deixe de depender de previsões de demanda duvidosas. Dessa forma, reduzem-se os estoques impactando positivamente o fluxo de caixa (WOMACK; JONES, 2003).

5. *Perfeição:*

Os quatro primeiros princípios se alimentam num círculo virtuoso, especificando precisamente o valor, traçando seu fluxo completo onde as ações acontecem continuamente puxadas pela demanda real do cliente. Nesse ambiente, esforço, tempo, espaço e erros são reduzidos drasticamente enquanto o produto ou serviço fica cada vez mais próximo do desejado pelo consumidor. Além disso, segundo (WOMACK; JONES, 2003), a transparência

ao longo de toda a cadeia estimula todos os seus integrantes a buscar melhores formas de gerar valor.

1.4.2 Os 14 princípios da produção enxuta por Jeffrey K. Liker

Jeffrey K. Liker aponta, em seu livro “O Modelo Toyota”, 14 princípios do modelo Toyota de gestão, organizados em quatro categorias: 1) filosofia de longo prazo, 2) o processo certo produzirá os resultados certos, 3) agregar valor para a organização, desenvolvendo as pessoas, e 4) a solução contínua da raiz dos problemas estimula a aprendizagem organizacional (LIKER, 2005).

Categoria 1 – Filosofia de longo prazo

“Princípio 1: Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.”

Ganhar dinheiro não deve ser o objetivo maior da organização. O senso filosófico de propósito deve estimular todos os funcionários para levar a empresa a novos patamares sempre. Essa missão filosófica é a fundação para os demais princípios. A função da empresa é criar valor para os clientes, a sociedade e a economia. Esse objetivo é atingido com autoconfiança e responsabilidade sobre as tarefas assumidas.

Categoria 2 – O processo certo produzirá os resultados certos

“Princípio 2: Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.”

Os processos de trabalho devem ser redesenhados a fim de maximizar a agregação de valor e o fluxo contínuo de materiais e informações. Os fluxos devem ser visíveis a todos da organização para que se possa enxergar e eliminar os desperdícios em cada um deles.

“Princípio 3: Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.”

A demanda real dos clientes (e “processos clientes”) é que deve ser atendida. O cliente deve receber o que deseja, quanto, quando e como deseja. Dessa forma, minimizam-se estoques e abandonam-se métodos de previsão de demanda pouco confiáveis.

“Princípio 4: Nivelar a carga de trabalho (heijunka). (Trabalhar como tartaruga, não como lebre.)”

É importante balancear a carga de trabalho, eliminando a sobrecarga de pessoas e equipamentos e a instabilidade do programa de produção.

“Princípio 5: Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.”

A qualidade exigida pelo consumidor é a base da proposta de valor da organização, que deve utilizar todos os métodos disponíveis para garanti-la. Devem ser criados procedimentos para solução rápida de problemas e os equipamentos devem ser capazes de identificar não conformidades e interromper seu trabalho nesses casos. Sistemas visuais devem permitir que as equipes identifiquem fácil e rapidamente processos que necessitam de interferência. Dessa maneira, evita-se a produção de itens não conformes e a consequente perda de tempo e material com eles.

“Princípio 6: Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.”

A base para o fluxo e o sistema puxado é o uso de métodos estáveis e repetíveis que garantam a previsibilidade e a regularidade dos tempos e processos. A aprendizagem acumulada em um processo deve ser consolidada em um padrão. Padrões podem (e devem) ser revistos periodicamente a fim de incorporar melhorias. Padrões permitem que a tarefa possa ser executada por diferentes pessoas sem prejuízo ao processo no caso de algum operador ser substituído.

“Princípio 7: Usar o controle visual para que nenhum problema fique oculto.”

Indicadores visuais permitem a rápida identificação de anomalias no processo pela equipe responsável. Eles devem ser simples e intuitivos e não devem jamais tirar a atenção do funcionário.

“Princípio 8: Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda os funcionários e processos.”

Novas tecnologias devem ser adotadas somente se forem aprovadas em testes reais, passíveis de padronização para não prejudicar o fluxo rompendo sua estabilidade, previsibilidade e confiabilidade e não entrarem em conflito com a cultura da empresa. Processos que funcionam prevalecem sobre tecnologias não testadas. Além disso, novas tecnologias devem auxiliar pessoas e não substituí-las.

Categoria 3 – Valorização da organização através do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros.

“Princípio 9: Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.”

Líderes devem ser modelos da filosofia e do modo de fazer negócios da empresa. Para isso eles devem conhecer profundamente as atividades diárias de trabalho. A empresa deve dar preferência a desenvolvê-los dentro de si a buscar novas pessoas no mercado.

“Princípio 10: Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.”

O trabalho em equipe deve ser fomentado a fim de desenvolver equipes multifuncionais capacitadas a resolver problemas técnicos complexos sempre seguindo a filosofia da empresa. Valores e crenças da organização devem ser compartilhados e vivenciados a todo o momento.

“Princípio 11: Respeitar sua rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.”

Parceiros e fornecedores devem ser considerados e tratados como uma extensão da própria empresa. A eficiência de uma organização depende da eficiência das

organizações com as quais ela se relaciona. Estabelecer objetivos desafiadores para seus parceiros e fornecedores e ajuda-los a atingi-los significa valorizá-los.

Categoria 4 – A solução contínua de problemas na origem estimula a aprendizagem organizacional

“Princípio 12: Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (genchi genbutsu)”

Devem-se atacar as causas-raízes dos problemas ao invés criar soluções paliativas temporárias para eles. As medições devem ser pessoalmente verificadas buscando uma compreensão profunda da situação problemática.

“Princípio 13: Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez.”

Várias alternativas devem ser consideradas no processo de tomada de decisão. A discussão dos problemas e o levantamento de possíveis soluções devem abranger todos os afetados por eles (*nemawashi*), para que a geração de ideias seja enriquecida.

A opção por uma alternativa deve se dar por consenso e a implementação deve ser rápida.

“Princípio 14: Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável (hansei) e da melhoria contínua (kaizen)”

Usando ferramentas de melhoria contínua, devem-se determinar as causas de ineficiências e corrigi-las com soluções eficazes.

A eliminação de estoques evidencia o desperdício de tempo e recursos. Deve-se então cortar o desperdício usando *kaizen*.

Devem ser criados procedimentos que impeçam a repetição de erros em quaisquer processos da companhia.

A padronização de melhores práticas guia todos os novos projetos e processos, de maneira que a empresa não “começa do zero”.

É interessante observar como os cinco princípios da mentalidade enxuta propostos por Womack e Jones (2003) estão alinhados com os 14 princípios identificados por Liker (2005) no STP.

1.4.3 Fundamentos da produção enxuta

Em um fluxo de valor, é possível identificar três tipos de atividades:

1. Atividades que agregam valor (AV):
Atividades que aumentam o valor do item aos olhos do cliente.
2. Atividades necessárias que não agregam valor:
Atividades essenciais para a produção do bem, mas que não tornam o produto mais desejável pelo consumidor; por exemplo, inspeções de qualidade de peças.
3. Atividades que não agregam valor e não são necessárias (NAV):
Atividades que são dispensáveis ao processo produtivo por só consumirem recursos sem trazer benefício algum ao processo; por exemplo, longas distâncias percorridas por itens e/ou operadores entre uma atividade e outra.

Segundo Womack e Jones (2003), *desperdício* é definido como toda atividade humana que consome recursos sem gerar *valor*, devendo ser eliminada o quanto antes.

Os sete desperdícios listados por Ohno (1997) são:

1. *Excesso de produção (superprodução)*
Esse desperdício pode ser classificado em dois tipos: (a) superprodução por quantidade, quando se produz demais e (b) superprodução por antecipação, quando se produz antes do necessário. Ele é a causa do desperdício 5, os estoques.

2. *Espera pela finalização de etapas anteriores*

Causado pelo desbalanceamento entre postos de trabalho, esse desperdício é observado quando peças, equipamentos ou pessoas precisam esperar para seguir o processo. Também está relacionado a espera de cada peça até que seu lote seja totalmente finalizado. Por exemplo, num lote de 100 peças que passam por um processamento de 5 segundos, a primeira peça a ser processada espera 495 (99 peças restantes x 5s) segundos até que a última peça seja terminada para seguir adiante com o lote todo.

3. *Transporte desnecessário*

Enquanto o desperdício de movimento desnecessário se refere a movimentação dentro de um processo, o transporte desnecessário está associado a movimentação entre processos; por exemplo, transporte de um lote para processamento em um terceiro e posterior retorno a planta.

4. *Processamento desnecessário ou incorreto*

Tarefas que agregam funcionalidades que o cliente não deseja, entrega de qualidade superior à que é solicitada.

Realização de passos desnecessários para processar as peças, processamento ineficiente devido ao uso de ferramental inadequado.

5. *Estoques*

A superprodução cria mais itens do que a demanda pode absorver, fazendo com que eles se acumulem em armazéns e prateleiras ao longo da cadeia.

Estoques de matéria prima e itens semiacabados também são desperdícios.

Os estoques mascaram os problemas de sincronia entre os processos, por isso muitos acreditam que eles são um “mal necessário”.

6. *Movimento desnecessário*

Demasiada movimentação do operador pela linha ou célula de produção e/ou excesso de movimentos na realização de um trabalho.

7. *Defeitos*

A geração de peças que não atendem os requisitos de qualidade ocasiona perdas e retrabalho. Métodos de controle na causa-raiz do problema se fazem necessários para evitar esse desperdício.

Liker (2005) acrescenta um oitavo desperdício à lista de Ohno:

8. *Desperdício da criatividade dos funcionários*

Não envolver e os funcionários e não ouvir o que eles têm a dizer faz com que a empresa perca tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades.

1.4.4 Ferramentas da produção enxuta

1.4.4.1 5s

Segundo Ohno apud Liker (2005), um chão de fábrica desorganizado escondia os problemas que ali existiam até que eles se tornassem “incêndios”. A limpeza e a organização são fundamentais para evitar erros, defeitos e acidentes de trabalhos, além de evidenciar atividades fora do padrão e anomalias no processo.

As fábricas japonesas criaram “programas 5S” para ordenar os ambientes de trabalho. São eles (LIKER, 2005):

1. *Seiri* – Classificar
Classificar os itens, mantendo apenas o necessário e descartando os demais.
2. *Seiton* – Organizar
Cada coisa tem seu lugar definido e todas as coisas estão em seus devidos lugares.
3. *Seiso* – Limpar
Uma rotina de limpeza é uma forma de inspeção que evidencia anomalias no ambiente de trabalho.
4. *Seiketsu* – Padronizar
Criar regras e procedimentos para monitorar os três S anteriores.
5. *Shitsuke* – Disciplinar

Manter os esforços e recursos utilizados nos quatro primeiros S é um processo de melhoria contínua. A autodisciplina é fundamental para que os resultados obtidos não se percam e sejam sempre aprimorados.

O processo começa com a classificação de tudo o que há no posto de trabalho entre o que é utilizado diariamente em atividades de agregação de valor e o que é raramente ou nunca usado. Os itens da segunda classe são marcados com etiquetas vermelhas e retirados do posto de trabalho. Todos os itens têm lugares permanentes criados, ordenados pela frequência de utilização, isto é, os usados mais vezes ficam mais próximos do operador. A rotina de limpeza mantém todos os itens limpos e acessíveis para o momento de uso. A padronização provê os guias para manter os três S anteriores. Os padrões devem ser específicos para serem úteis, porém também devem ser flexíveis para que os operadores possam contribuir com suas próprias ideias. Ou seja, a padronização não deve ser coercitiva, e sim habilitadora (LIKER, 2005). Por fim, a inspeção regular do programa 5S é fundamental para seu sucesso, com a verificação padronizada e frequente, e sistemas de premiação das equipes com melhor desempenho na manutenção do programa.

Sem os 5S, as perdas se acumulam e os problemas são encobertos.

1.4.4.2 Takt time

Takt é uma palavra de origem alemã que significa “ritmo”, “compasso”. Em um sistema produtivo, takt time é a razão entre o tempo disponível para produção e a demanda do cliente (LIKER, 2005). Por exemplo, em um fábrica que trabalha sete horas e vinte minutos por dia, 20 dias por mês, e o cliente compra 17.600 unidades por mês, o takt time é de 30 segundos (LIKER, 2005). Isso significa que a fábrica deve produzir uma unidade a cada 30 segundos para atender à demanda de seu cliente. Caso ela produza mais rápido que isso, haverá superprodução e geração de

estoques de produtos acabados. Se ela produzir mais devagar, não conseguirá produzir a quantidade necessária para entregar ao cliente.

O takt time é um importante indicador do ritmo de produção.

1.4.4.3 Mapeamento do fluxo de valor (MFV)

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta importante na produção enxuta, pois ajuda a visualizar o fluxo completo de materiais e informações, permite identificar facilmente os desperdícios, provê uma única linguagem para discutir os processos de manufatura, reúne diversos conceitos *lean*, evitando que ferramentas sejam adotadas isoladamente e com baixa eficácia, além de possibilitar comparações e medidas “antes e depois” (ROTHER; SHOOK, 1999).

De maneira simplificada, o mapeamento do fluxo de valor segue as etapas mostradas na Figura 4. A etapa “desenho do estado futuro” está destacada, pois é o objetivo do mapeamento, projetar e implementar um fluxo de valor enxuto.

Figura 4 – Etapas do mapeamento do fluxo de valor



Fonte: adaptado de Rother e Shook (1999).

O mapeamento começa escolhendo uma família de produtos a ser trabalhada. Família é o conjunto de itens que passa pelas mesmas etapas de processo. Podem-se identificar as famílias usando matrizes cruzando os vários itens da empresa e as

etapas de processamento existentes. Um exemplo de matriz pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Matriz etapas de montagem & equipamentos x produtos para identificar famílias de produtos

		Etapas de Montagem & Equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Uma Família de Produtos

Fonte: Rother e Shook (1999).

O desenho do estado atual é feito a partir de informações recolhidas pessoalmente no chão de fábrica, elas são necessárias para definir a situação atual e imaginar a situação futura ideal. As setas de duplo sentido entre os desenhos de estados atual e futuro indicam que essas atividades são quase simultâneas. As ideias sobre a situação futura surgem quando se está desenhando a situação atual, bem como o desenho da situação futura leva a observar detalhes da situação atual aos quais não se tinha atentado antes (ROTHER; SHOOK, 1999).

Por fim, um plano de implementação de uma página (princípio 7 de Liker) deve ser estabelecido descrevendo como se dará a transição entre o estado atual e o estado futuro.

Os desenhos de situação atual e futura podem ser confeccionados em diversos níveis: de processo, planta única (porta a porta), múltiplas plantas e várias empresas. O ideal é começar o trabalho pelo nível porta a porta que é

suficientemente abrangente, pois enxerga o fluxo completo dentro da fábrica, mas é não tão complexo.

Os desenhos devem ser feitos em folha de papel, usando lápis e borracha. Dessa forma, não se perde tempo configurando programas de computador (ROTHER; SHOOK, 1999).

O mapa da situação atual começa com o cliente no canto superior direito da folha e a caixa de dados respectiva embaixo dele descrevendo a demanda, o tempo total disponível para atendê-la, número de turnos, etc.

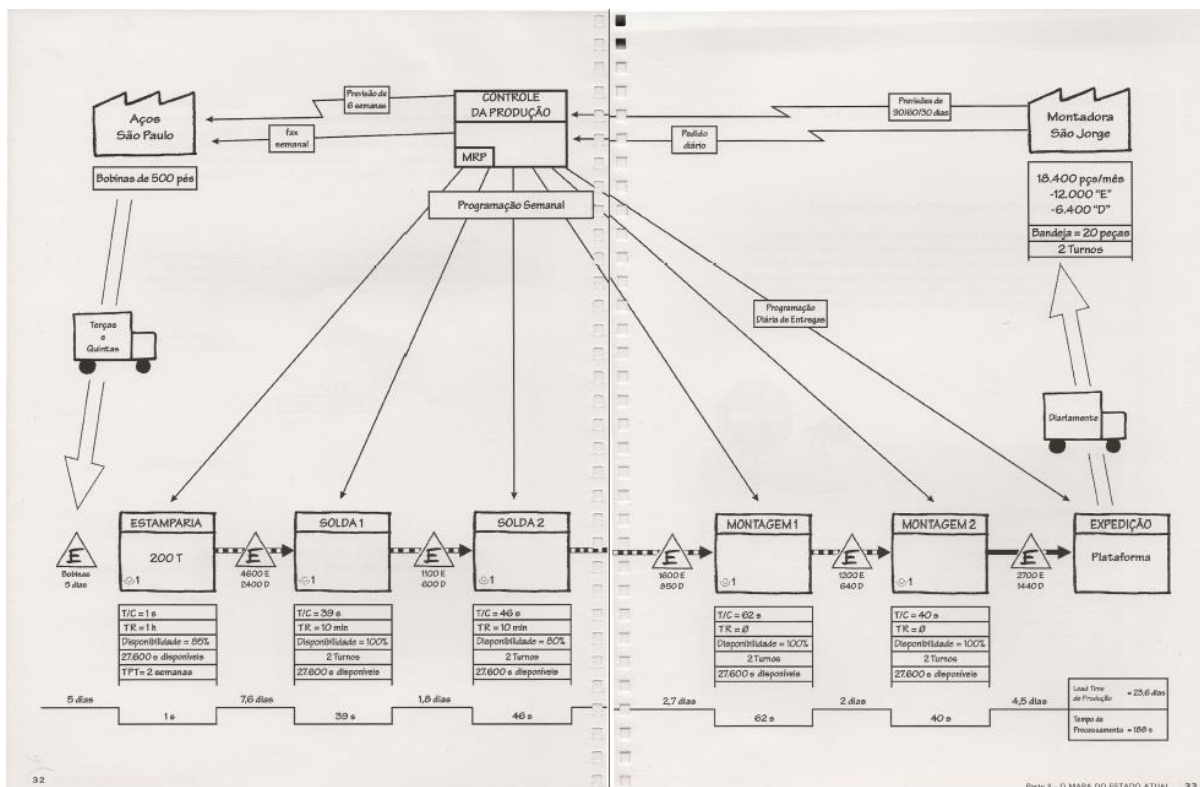
A seguir, são colocadas as caixas de processo das etapas de fabricação, começando pela última e indo até a primeira. Abaixo delas, seguem as caixas de dados de cada processo com tempo de ciclo, tempo de setup, número de operadores envolvidos, etc. As caixas de processo indicam etapas em que o material flui.

Acrescentam-se as informações quanto aos fornecedores, quantidade de material fornecido, frequência de entrega, etc.

São identificados os estoques entre os processos, que são mostrados em unidades de tempo e não em quantidade. Por exemplo, se cinco peças de determinado material são consumidas por dia e seu 15 peças estão guardadas em estoque, o estoque é de “três dias”.

Um exemplo de mapa do estado atual pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de mapa do estado atual de uma planta de estamparia.



Fonte: Rother e Shook (1999).

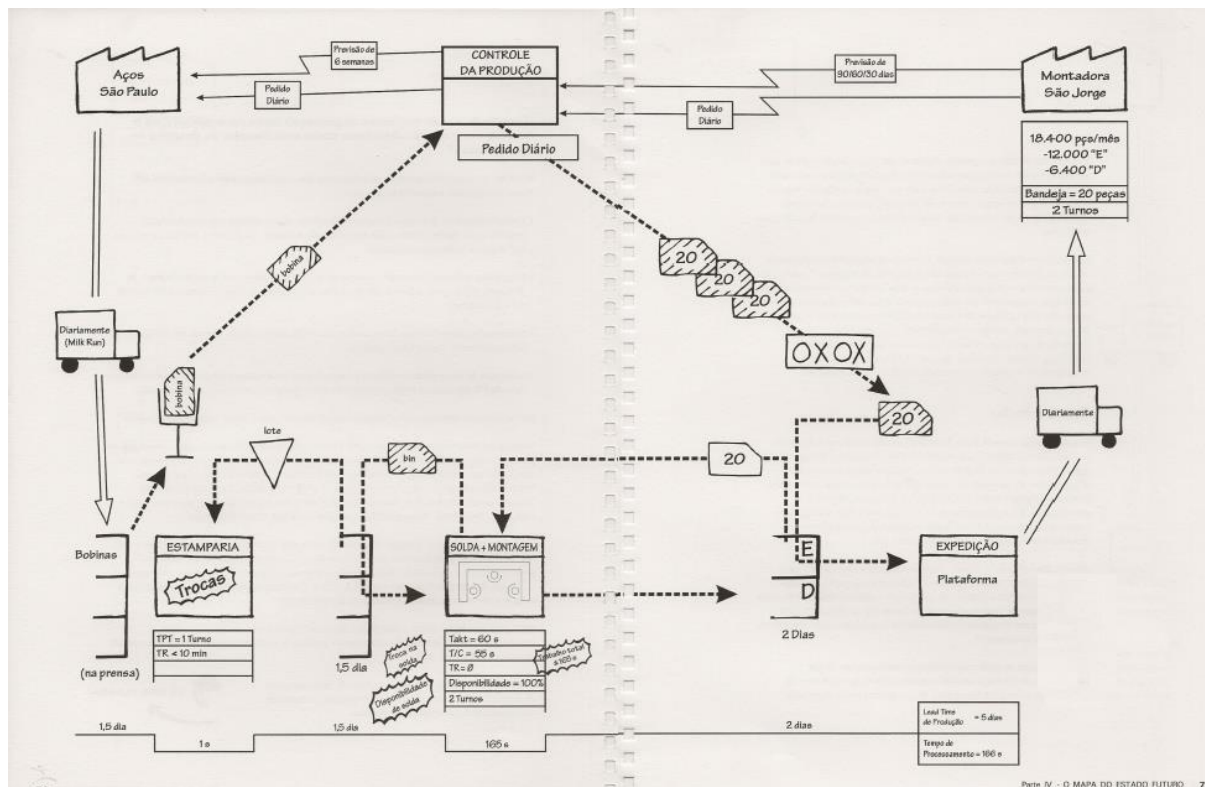
Na parte inferior do mapa, é possível ver as barras de *lead time* e tempo de agregação de valor. Em apenas 188 segundos dos 23,6 dias que o produto demora a percorrer a distância porta a porta da fábrica existe agregação de valor, ou seja, apenas 0,3% ($= 188 / [2 \text{ turnos} \times 8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos}]$) do tempo total correspondem a tarefas que agregam valor ao produto.

O mapa do estado futuro tem como objeto eliminar os desperdícios identificados no mapa de estado atual e implementar fluxos contínuos em todos os pontos do processo onde for possível e, onde não for, instalar processos de produção puxada.

Os processos devem produzir para atender a demanda, no ritmo ditado pelo *takt time*, ou seja, o tempo disponível por turno dividido pela demanda por turno. Por exemplo, no caso da estamparia da Figura 6, a demanda por turno é de 460 unidades e o tempo disponível por turno é de 27600 segundos; portanto, o *takt time* é de 60 segundos. Isto quer dizer que, a cada minuto uma peça deve ser finalizada para que a demanda do cliente seja atendida.

Um exemplo de mapa de estado futuro da estamparia pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de mapa do estado futuro de uma planta de estamparia.



Fonte: (Rother e Shook (1999).

Observa-se que o mapa da situação futura apresenta um *lead time* de apenas cinco dias, uma melhora significativa frente aos 23,6 dias do estado atual. O tempo de processamento também diminuiu quando comparado com o da situação atual.

1.4.4.4 Kaizen

Kaizen (kai = mudança; zen = boa) é uma ferramenta de melhoria contínua para agregar mais valor com menos desperdício (RENTES; ARAÚJO, 2006).

Segundo Rother e Shook (1999), há dois níveis de Kaizen (Figura 8):

1. Kaizen de fluxo (ou de sistema): enfoque no fluxo de valor, liderado pela gerência.
2. Kaizen de processo: enfoque em atividades individuais, realizado pelas próprias equipes de trabalho e líderes de equipe.

Figura 8 – Dois níveis de Kaizen.



Fonte: Rother e Shook (1999).

Evento Kaizen é uma força tarefa de um time dedicado à implementação de uma ou mais ferramentas *lean* em uma área delimitada e num curto período de tempo (RENTES; ARAÚJO, 2006).

Para que o evento Kaizen seja bem sucedido, é preciso que ele seja aplicado estrategicamente no contexto de criação de um fluxo de valor enxuto (ROTHER; SHOOK, 1999). Eventos Kaizen de processo que negligenciam uma visão do todo, trazem ganhos de produtividade restritos àquela atividade, mas não impactam realmente o fluxo como um todo.

DEFINIÇÃO DO MÉTODO

Segundo Silva e Menezes (2005), a pesquisa pode ser definida como um conjunto de ações baseadas em procedimentos racionais e sistemáticos proposto para encontrar a solução de um problema.

Foi definido como o método de pesquisa mais adequado para o presente trabalho o estudo de caso. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é a melhor ferramenta em trabalhos que visam à compreensão de fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos na medida em que “permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real – tais como [...] processos organizacionais” (p.21). Além disso, o estudo de caso é uma boa estratégia quando se examina eventos contemporâneos sem que os comportamentos relevantes possam ser manipulados pelo pesquisador (YIN, 2001).

Quadro 1 – Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa.

Estratégia	Forma da questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais?	Focaliza acontecimentos contemporâneos?
Experimento	Como, por que.	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quantos, quanto.	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o que, onde, quantos, quanto.	Não	Sim/não
Pesquisa histórica	Como, porque.	Não	Não
Estudo de caso	Como, por que.	Não	Sim

Fonte: COSMOS Corporation apud Yin (2001).

Como se vê no Quadro 1, o estudo de caso é utilizado quando a pergunta que o pesquisador deseja responder em seu trabalho é “como” ou “por que” sem que ele tenha controle sobre os eventos estudados.

Yin (2001) distingue dois tipos de estudo de caso, o estudo de caso único e o estudo de casos múltiplos. O primeiro tipo é o mais adequado em três situações: quando o caso é crítico para testar uma teoria, quando o caso é raro ou único, quando o propósito do estudo é a revelação. O segundo tipo, casos múltiplos, é utilizado quando há mais de um caso único do estudo visando à comparação entre eles e/ou seguindo a lógica da replicação.

Este estudo de caso único é uma pesquisa aplicada, dado que visa à geração de conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de um problema específico envolvendo verdades e interesses locais (SILVA & MENEZES, 2005). A abordagem do problema é quantitativa na medida em busca valorar a capacidade da planta produtiva.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

1.5 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa do setor de saúde se localiza no leste paulista e conta com mais de 10 fábricas no parque industrial. Trata-se de uma multinacional de grande porte, presente há vários anos no Brasil. O portfólio abrange produtos de uso hospitalar e de uso doméstico, como absorventes femininos, escovas e fios dentais, sabonetes, etc.

A Unidade de Reciclagem de Resíduos (URR) entrou em funcionamento em 1996 visando atender às necessidades de tratamento e disposição final adequados dos resíduos gerados pelas fábricas.

A empresa vai além de apenas cumprir as legislações ambientais brasileiras buscando as melhores alternativas de reuso, reciclagem e destinação final mais adequadas ambientalmente, ainda que não sejam financeiramente as mais favoráveis.

Na lei dos 7 Rs na busca pela poluição zero proposta por El-Haggar (2007), a URR trabalha nos terceiro, quarto e quinto Rs: Reusar, Reciclar, Recuperar.

A URR é responsável pela destinação de todos os resíduos gerados dentro do perímetro da empresa, mesmo os que não são resultado direto na atividade industrial, como resíduos de construção e resíduos orgânicos do refeitório, totalizando em média entre oito e 11 mil toneladas de resíduos por ano.

As taxas de reciclagem da URR chegaram a 87% em 2014, um número expressivo quando comparado às unidades similares da empresa na América Latina que seguem abaixo de 50%.

A URR conta com sete funcionários administrativos e contrata uma empresa de gerenciamento de resíduos, que é a detentora da mão de obra do chão de fábrica.

No total, o número de operadores é 12. Além disso, também pertencem à terceira os quatro caminhões que circulam no parque coletando resíduos ao longo dos três turnos.

Os caminhões são dedicados ao tipo de resíduo que coletam. Um é exclusivo da fábrica de absorventes íntimos, dois coletam sacaria (resíduos acondicionados em sacos, como aparas, frascos, papéis) e papelão, e um dedicado à coleta de sucata.

1.5.1 Resíduos processados na URR

Passam pela unidade de reciclagem em torno de 70 tipos diferentes de resíduos classificados entre classe I e classe II, segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 10004.

Os resíduos de classe I são perigosos por apresentar características como corrosividade, reatividade, inflamabilidade, toxicidade, e patogenicidade (ABNT, 2004).

Os resíduos de classe II são os não perigosos, que se dividem ainda em A e B. A norma ABNT NBR 10004 define que resíduos classe II B são aqueles que não tenham nenhum constituinte solubilizado a concentração superior aos padrões de potabilidade da água quando em contato, estático ou dinâmico, com água destilada ou desionizada. Exemplos de resíduos de classe II B, também chamados de inertes, são rochas, tijolos, vidros, além de plásticos e borrachas de tempos de decomposição longos (ABNT, 2004).

Resíduos de classe II A são aqueles que não se enquadram nas classificações classe I nem classe II B. Também conhecidos como não inertes, esses resíduos tem características como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Entram também nessa classificação resíduos inertes que tenham sido contaminados em processos industriais (ABNT, 2004).

Dentre os diversos resíduos sob responsabilidade da URR, optou-se por analisar o papelão, os absorventes íntimos (que resultam em polpa de celulose e “scrap”) e os plásticos granulados devido ao volume desses materiais ser muito maior que os demais e ao retorno financeiro gerado por eles também ser muito mais significativo. Como se vê na Tabela 1, esses materiais combinados representam 62% da produção total da URR e 72% do faturamento entre os meses de janeiro a setembro de 2015. A Tabela 1 inclui apenas itens que passam por processamento na URR. Foram excluídos, portanto, material de construção civil, resíduos orgânicos do refeitório, etc.

Tabela 1 – Produção em toneladas e faturamento em reais por tipo de resíduo janeiro a setembro/2015.

TIPO DE RESIDUO	Produção total [toneladas]	% da produção total	Faturamento total [R\$]	% do faturamento total
Papel e Papelão (inclui cartucho)	981,8	34%	235.627,01	9%
Plásticos Granulados	545,5	19%	1.306.389,63	52%
Papel Siliconado (bobina pequena)	336,5	12%	3.364,82	0%
Plásticos diversos (em fardos e bags)	319,5	11%	266.091,34	11%
Ourela de polipropileno c/ papel protetor	216,7	8%	207.119,13	8%
Papel e Papelão (cx) ²	139,7	5%	100.558,08	4%
Polpa de Celulose (Despolpador - Transformers)	108,0	4%	172.862,72	7%
Tubete de papelão (50cm)	30,3	1%	16.071,51	1%
Sucata - alumínio triturado	27,8	1%	42.884,69	2%
Polietileno em aparas / bobinas	24,7	1%	30.192,56	1%
Escovas trituradas	23,1	1%	230,92	0%
Sobras de algodão / abs. interno triturado	22,0	1%	4.392,32	0%
Aparas de Air Laid	21,8	1%	12.010,90	0%
Plásticos diversos - filme stretch	23,2	1%	45.161,22	2%
Hastes flexíveis trituradas	17,9	1%	178,79	0%
Papel Siliconado (bobina grande)	15,1	0%	27.763,39	1%
Sucata - alumínio perfil	14,2	0%	59.017,09	2%
Total	2.867,8	100%	2.529.916,12	100%

Fonte: disponibilizado pela empresa.

² Esse tipo de resíduos não é enfardado, pois é um caso de reuso e não reciclagem. As caixas são desmontadas e reutilizadas posteriormente.

1.5.2 Equipamentos da URR

A planta da URR dispõe de quatro equipamentos no chão de fábrica, são eles: prensa Dipigual (vertical), prensa Carneiro & Lessa (horizontal), triturador Moinho Pallman, e extrusora Vortex.

Abaixo a descrição do funcionamento dos equipamentos.

1. Prensa Dipigual

Prensa vertical manual, em que o operador alimenta a máquina e prensa o material em etapas. O material é colocado dentro do equipamento até atingir uma demarcação, que garante o padrão de tamanho dos fardos. O operador fecha a porta da prensa e então aciona a prensagem. Esse ciclo se repete até que o fardo atinja o tamanho adequado. O número de repetições varia dependendo do material que está sendo processado. A ilustração da prensa pode ser vista na Foto 1.

Foto 1 – Prensa Dipigual 2.



Fonte: disponibilizado pela empresa.

2. Prensa Carneiro & Lessa

Prensa horizontal automática. O operador alimenta a esteira de entrada com o material, até que um sinal sonoro que indica que um fardo ficou pronto. Neste momento, o operador precisa amarrar os fitilhos que seguram o fardo. O equipamento pode ser visto na Foto 2.

Foto 2 – Prensa Carneiro & Lessa.



Fonte: disponibilizado pela empresa.

3. Despoldadora

Os absorventes íntimos e protetores íntimos são formados por polpa de celulose envolvida por uma camada de plástico. Para aproveitar melhor esse resíduo, é necessário separar os materiais. A despoldadora (Foto 3) rasga os absorventes e por meio de um fluxo de ar separa a celulose do plástico. O equipamento enfarda a celulose e o restante é acondicionado em bags.

Foto 3 – Despolpadora.



Fonte: disponibilizado pela empresa.

4. Triturador Moinho Pallman

Os resíduos que contém a marca da empresa fabricante devem ser descaracterizados antes de qualquer tipo de descarte ou reciclagem para evitar o uso indevido da marca por terceiros. O triturador Moinho Pallman cumpre essa função. Ele rasga frascos de produtos, cartuchos de papelão e demais materiais que tragam logotipos e quaisquer sinais que distingam a marca para impossibilitar usos futuros.

O operador alimenta a esteira que transporta os materiais até a área de trituração dentro do equipamento.

A máquina pode ser programada para três possibilidades, 1) encaminhar o material a uma caçamba para armazenamento até o transporte para aterro sanitário; 2) encaminhar o material para big bags para armazenamento até o transporte para reciclagem em cliente externo; e 3) encaminhar o material, por mecanismo pneumático, para a prensa Carneiro & Lessa para enfardamento. Os fardos produzidos são então armazenados até que o cliente externo venha buscá-los.

5. Extrusora Vortex

A extrusora Vortex foi adquirida no projeto da fábrica de plásticos de processamento de plásticos para a produção de material granulado de alto

valor agregado. Está em funcionamento desde 2010. Os resíduos processados aqui têm requisitos de assepsia elevados, por isso os operadores passam por um lavatório para higienizar os braços antes de entrar na sala onde fica o equipamento e precisam usar toucas para operá-los. A fábrica de plásticos pode ser vista na Foto 4.

A fábrica de plásticos, diferente dos demais equipamentos, não trabalha nos três turnos, apenas em um turno de 11 horas nos dias úteis.

Foto 4 – Extrusora Vortex na fábrica de plásticos.



(a)



(b)

Fonte: disponibilizado pela empresa.

Na Foto 4 (a) é possível ver o operador atrás dos pallets à direita, onde ele alimenta a máquina com o plástico em forma de ourelas e aparas. Enquanto a Foto 4 (b) mostra o *bigbag* à esquerda, onde os grânulos são acondicionados para a venda.

1.6 MÉTODO UTILIZADO NO CÁLCULO DE CAPACIDADE

Para a análise de capacidade da URR, foi utilizado o método descrito por Meyers e Stewart no capítulo 4 do livro "*Motion and Time Study for Lean Manufacturing*" publicado pela primeira vez em 1992.

Segundo Meyers e Stewart (2002), a definição de tempo padrão é o tempo necessário para produzir um produto em um posto de trabalho sob três condições: 1) um operador qualificado e bem treinado, 2) trabalhando em um ritmo normal e 3) realizando uma tarefa específica.

Experiência, em geral, é o que torna um operador em qualificado e bem treinado. A quantidade de experiência necessária para isso varia de atividade para atividade e de pessoa para pessoa. Para um estudo de tempo padrão, o ideal é selecionar um operador completamente treinado e dar-lhe duas semanas de trabalho antes das medições.

Apesar de o ritmo de cada trabalhador variar, apenas um tempo padrão deve ser estabelecido para cada tarefa. "Ritmo normal" deve ser confortável para a maioria das pessoas. Exemplos de ritmo normal são: andar a 80,5 metros em 1,000 minuto (4,8 km/h), distribuir 52 cartas de baralho em quatro pilhas em 0,500 minuto.

Uma tarefa específica é uma descrição detalhada do que deve ser feito, incluindo a descrição do método, a especificação do material a ser utilizado, a seleção de equipamentos e ferramenta, o posicionamento de entrada e saída de materiais e possíveis requisitos de segurança, qualidade e manutenção.

Tempos padrões só são válidos para o conjunto de condições especificadas. Caso haja qualquer mudança nas condições, o tempo padrão também muda.

Segundo Meyers e Stewart (2002), três números são necessários para comunicar tempos padrões:

1. Minutos por peça (em milésimos de minuto, que simplificam a matemática quando comparados com segundos).

2. Peças por hora (deve-se arredondar para números inteiros, a não ser que seja menos de 10 por hora).
3. Horas por peça (deve-se usar até a quinta casa decimal, ou substituir por “horas por 1000 peças”, o que fornecer números mais compreensíveis).

Tempos padrões são usados para responder importantes perguntas da manufatura. Quantos equipamentos são necessários para a produção? Quantos operadores devem ser contratados? Além dessas perguntas, tempos padrões também auxiliam na determinação de custos de manufatura, no balanceamento e programação de linhas/células de produção.

Neste trabalho, o tempo padrão medido foi o tempo transcorrido entre as saídas de duas unidades consecutivas da produção: fardos, no caso do papelão e bigbags no caso do plástico granulado.

1.6.1 Quantos equipamentos são necessários?

A resposta para essa pergunta depende de duas informações:

- a) Quantas peças o chão de fábrica precisa produzir por turno (qual a demanda do cliente por turno).
- b) Quanto tempo é necessário para produzir uma peça.

O exemplo a seguir foi extraído do livro de Meyers e Stewart.

Exemplo:

- i. O cliente demanda 2000 carrinhos de mão por turno de 8 horas.*
- ii. São necessários 0,400 minutos para formar o corpo do carrinho em uma prensa.*
- iii. Há 480 minutos por turno (8 horas/turno x 60 min/h)*

- iv. *50 minutos por turno são consumidos em atividades não produtivas (limpeza, manutenção).*
- v. *Há 430 minutos disponíveis por turno a 100% de desempenho.*
- vi. *A partir de dados históricos, espera-se 75% de desempenho.*
- vii. *Há efetivamente 322,5 minutos para produzir 2000 carrinhos.*
- viii. $\frac{322.5 \text{ minutos}}{2000 \text{ unidades}} = 0,161 \text{ minutos por unidade; ou } 6,21 \text{ unidades por minuto.}$

O tempo por unidade demandada, como já foi dito, é o takt time, o ritmo em que a empresa deve produzir peças para atender a demanda.

Portanto, se a empresa precisa de 0,400 minutos para produzir um corpo de carrinho de mão e é necessário tem um produto pronto a cada 0,161 minutos, o número de prensas necessárias para atender a essa necessidade é 2,48 (0,400/0,161). Arredondando para cima, a empresa deve adquirir três prensas. Comprar apenas duas prensas criaria um gargalo na produção (MEYERS; STEWART, 2002).

As tomadas de tempo foram feitas na URR durante o mês de setembro de 2015 seguindo a metodologia mencionada observando operadores treinados e experientes realizando tarefas específicas em ritmo normal.

1.7 MAPAS DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL

Os mapas foram construídos com dados de setembro de 2015. A URR considera como seus clientes as fábricas que geram os resíduos e não os compradores deles ao término do processamento. Por este motivo, as caixas de dados de demanda estão no canto superior esquerdo dos MFVs.

1.7.1 Papelão

O papelão corresponde a 34% do total de resíduos processados na URR. A única atividade que agrega valor em todo o seu processamento é o enfardamento, feita na prensa Carneiro & Lessa. Seu mapa de fluxo de valor é bastante simples.

O papelão é recebido seis vezes ao dia. Se a prensa estiver sendo usada com outro resíduo, as caçambas e/ou gaiolas de papelão ficam no pátio aguardando a disponibilidade da máquina. O papelão é um resíduo prioritário. Caso haja outro material esperando a disponibilidade do equipamento, ele cede a vez ao papelão.

O operador busca a caçamba (ou gaiola), posiciona-a ao lado da abertura da esteira e transfere o material para a máquina. Um sinal sonoro indica que o fardo está pronto e neste momento o operador para a máquina e vai amarrar os fitilhos que fixam o fardo.

Após o enfardamento, o operador carrega o fardo para o depósito de armazenagem, onde ele permanece até que o número mínimo (62 fardos) para chamar o comprador seja atingido. Este número se deve ao tamanho do caminhão do cliente que vem buscar o material. São feitas duas coletas por semana, portanto o estoque é de 3,5 dias.

O mapa do fluxo de valor do estado atual do papelão pode ser visto no Apêndice A (p. 70).

O quilo do papelão é vendido a R\$ 0,24.

O tempo padrão para a prensagem de um fardo é de 18,035 minutos, segundo medição in loco (Tabela 2).

Tabela 2 – Tempo padrão da confecção de um fardo de papelão na prensa Carneiro & Lessa.

Minutos por fardo (A)	Fardos por hora (B=60/A)	Horas por fardo (C=1/B)
18,035	3,327	0,301

Fonte: elaborado pela própria autora.

O tempo total disponível da máquina para o processamento do papelão foi calculado da seguinte maneira:

$$T_d = 30 \text{ dias} \times 3 \text{ turnos} \times [8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} - 40 \text{ minutos (indisponíveis)}] = 39.600 \text{ min}$$

Segundo o histórico da empresa, a prensa Carneiro & Lessa dedica 70% do seu tempo ao processamento do papelão e 30% ao processamento de outros resíduos. Assim, temos 27.720 minutos disponíveis.

Tabela 3 – Cálculo da capacidade instalada da prensa Carneiro & Lessa.

Tempo total disponível (A) [min]	Min/fardo (B)	Total de fardos (C = A/B)	Peso total (D = C*230³) [kg]
27.720	18,035	1.537	253.510

Fonte: elaborado pela própria autora.

Temos, portanto, que a URR conseguiria processar até 253.510 kg de papelão mensalmente (Tabela 3).

No mês de setembro (2015), a demanda de papelão da URR foi de 99.080 kg. Resultando em um takt time de 64,316 minutos/fardo (Tabela 4). Ou seja, a produção de um fardo de papelão a cada uma hora e quatro minutos atendeu à demanda da URR.

Tabela 4 – Takt time do papelão em setembro/2015.

Demanda (A) [kg]	Tempo total disponível (B) [min]	Fardos (C=A/230) [kg]	Takt time (D=B/C) [min]	Horas por fardo (E=D/60)	Fardos por hora (F=1/E)
99.080	27.720	431	64,316	1,072	0,933

Fonte: elaborado pela própria autora.

³ 1 fardo de papelão = 230kg.

A prensa Carneiro & Lessa opera, portanto, a 39% da sua capacidade para processamento de papelão.

1.7.2 Absorventes íntimos

Os absorventes íntimos são um resíduo importante para a URR devido ao valor de venda da polpa de celulose (R\$ 1,60 por quilo). O material é vendido para a fabricação de tapetes higiênicos de animais de estimação, uma ilustração pode ser vista na .

Figura 9.

Figura 9 – Tapete higiênico para animais domésticos.



Fonte: All for Paws (2015).

A celulose encontra-se envolvida por uma camada de plástico. A polpa é e o restante é disposto em bags, como se vê nas Foto 5 e Foto 6, respectivamente.

Foto 5 – Fardo de celulose.



Fonte: disponibilizado pela empresa.

Foto 6 – Bag recebendo o *scrap* (plástico e celulose).



Fonte: disponibilizado pela empresa.

A separação feita pela despoldadora não é 100% eficiente, sobra celulose misturada ao plástico, impossibilitando sua reciclagem. O *scrap* segue para co-processamento (quando o resíduo é usado como combustível alternativo e/ou matéria prima no processo de fabricação de clínquer⁴ (ROCHA; LINS; ESPÍRITO SANTO, 2011)).

Enquanto a venda da polpa de celulose traz receita para a URR, o co-processamento é uma despesa e por isso é evitado ao máximo. A URR paga R\$ 0,84/kg de material co-processado mais o custo de embalagem e etiquetagem (identificação) do material.

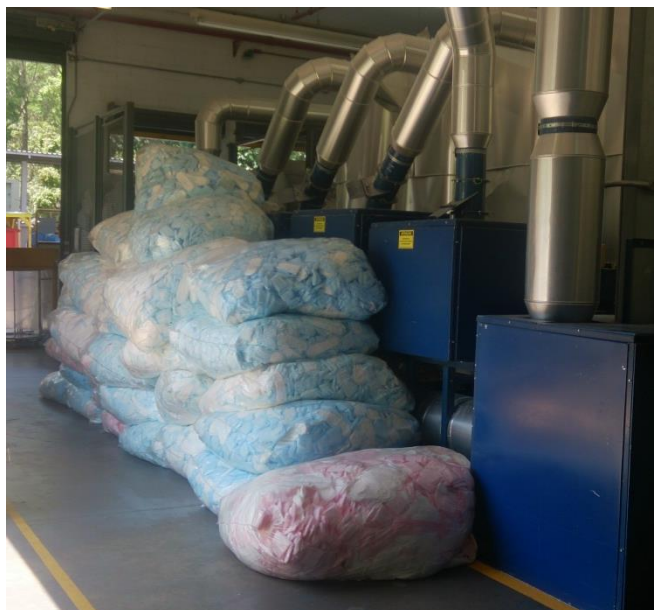
No fluxo dos absorventes íntimos, o desperdício de estoques chama a atenção (Foto 7). Isso acontece, pois o número de operadores não é suficiente e muitas vezes o material fica aguardando a disponibilidade de um operador.

Foto 7 – Estoque de absorventes íntimos aguardando processamento na despoldadora.



(a)

⁴ Clínquer: subst masc (quím) 1 escória de fornos siderúrgicos; 2 produto da calcinação de calcário e argila us. como matéria-prima para cimento após moagem; 3 tijolo endurecido por excesso de aquecimento. (Grande dicionário Houaiss da Língua Portuguesa)



(b)



(c)

Fonte: disponibilizado pela empresa.

O tempo padrão para a prensagem de um fardo de polpa de celulose é de 120 minutos, segundo medição in loco (Tabela 5).

Tabela 5 – Tempo padrão da confecção de um fardo de polpa de celulose na despulpadora.

Minutos por fardo (A)	Fardos por hora (B=60/A)	Horas por fardo (C=1/B)
120	0,500	2,000

Fonte: elaborado pela própria autora.

O tempo total disponível (T_d) da máquina para o processamento dos absorventes foi calculado da seguinte maneira:

$$T_d = 30 \text{ dias} \times 3 \text{ turnos} \times [8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} - 40 \text{ minutos (indisponíveis)}] =$$

39.600 min

A despulpadora é 100% dedicada ao processamento de absorventes íntimos, o cálculo de sua capacidade pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6 – Cálculo da capacidade instalada da despulpadora.

Tempo total disponível (A) [min]	Min/fardo (B)	Total de fardos (C = A/B)	Peso total (D = C*180⁵) [kg]
39.600	120	330	59.400

Fonte: elaborado pela própria autora.

Tem-se, portanto, que a URR conseguiria produzir até 59.400 kg de polpa de celulose (Tabela 6). Segundo dados empíricos da companhia, a eficiência da despulpadora é de 58%. Isso significa que a URR tem capacidade de receber aproximadamente 102.414 kg de absorventes rejeitados pela produção.

No mês de setembro (2015), a demanda de absorventes íntimos da URR foi de 40.896 kg (23.720 de polpa de celulose). Resultando em um takt time de 300 minutos/fardo, ou seja, um fardo a cada cinco horas foi ritmo suficiente para atender à demanda (Tabela 7).

⁵ 1 fardo de polpa de celulose = 180 kg.

Tabela 7 – Takt time do absorvente íntimo em setembro/2015.

Demanda (A) [kg]	Tempo total disponível (B) [min]	Fardos (C=A/180) [kg]	Takt time (D=B/C) [min]	Horas por fardo (E=D/60)	Fardos por hora (F=1/E)
23.720	39.600	132	300	5,000	0,200

Fonte: elaborado pela própria autora.

A despoldadora opera, portanto, a 40% da sua capacidade para processamento de absorventes íntimos.

O mapa do fluxo de valor do estado atual do absorvente íntimo é visto no Apêndice B (p. 71).

1.7.3 Plásticos granulados

A produção de plásticos granulados é resultado do processamento de resíduos de polietileno (PE), polipropileno (PP) e poliéster (PET) na extrusora Vortex.

O PE é proveniente das embalagens de absorventes íntimos rejeitadas pela produção. Ele pode ser inteiramente branco ou cinza, quando há marcações coloridas no plástico. O PP é resíduo do corte do formato dos absorventes. Enquanto o PET é resíduo de uma linha específica de absorventes que tem uma tecnologia de conforto térmico.

O processo de extrusão agrega muito valor ao material, que é vendido em forma de *pellets*. Parte da produção de granulados de PE+PP retorna para a fabricação de uma linha de escovas de dente da própria empresa, constituindo 40% do produto.

A extrusora processa quatro tipos de combinações de plásticos:

1. PE branco
2. PE cinza
3. PE+PP+PET
4. “Plástico injetora” (PE contaminados)

Quando os resíduos chegam na URR, eles seguem direto para a extrusora caso o mesmo tipo de material esteja sendo processado naquele momento. Do contrário, o material é enfardado na prensa Dipigual 2. O enfardamento dificulta o posterior manuseio do operador, que precisa “soltar” o material ao colocá-lo na esteira. Compactadas, as aparas podem ocasionar entupimentos na extrusora.

Após o enchimento completo do bigbag, ele é transportado para o estoque onde aguarda que a quantidade mínima exigida pelo comprador seja atingida e o comprador venha buscar o material.

O PE branco é o produto mais caro, enquanto o “plástico injetora” é o mais barato (vide Tabela 8) por ter um grau de impureza alto e as possibilidades de utilização reduzidas.

Tabela 8 – Preço dos tipos de plástico por quilo.

Material	Preço (R\$/kg)
PELET DE PE BRANCO	2,55
PELET DE PE CINZA CLARO	2,45
PELET DE PE + PP + PET	2,40
PELET DE PLÁSTICO INJETORA	2,12

Fonte: disponibilizado pela empresa.

Os grânulos são vendidos para uma indústria de embalagens plásticas.

O mapa do fluxo de valor do estado atual do plástico granulado pode ser visto no Apêndice C (p. 72).

O tempo tempo padrão da extrusora Vortex foi cronometrado in loco, e pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9 – Tempo padrão da confecção de um bigbag de plástico granulado.

Minutos por bigbag (A)	Bigbags por hora (B=60/A)	Horas por bigbag (C=1/B)
170	0,353	2,833

Fonte: elaborado pela própria autora.

A fábrica de plásticos opera apenas em dias úteis em um turno de 11 horas, das quais 40 minutos estão indisponíveis (estão inclusos nesse tempo a limpeza do equipamento, a verificação do equipamento no início do turno e o diálogo diário de segurança dos operadores). O tempo total disponível da máquina para o processamento dos plásticos foi calculado da seguinte maneira:

$$T_d = 20 \text{ dias} \times [1 \text{ turno} \times 11 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} - 40 \text{ minutos (indisponíveis)}] =$$

12.400 min

Tabela 10 – Cálculo da capacidade instalada da extrusora Vortex.

Tempo total disponível (A) [min]	Min/bigbag (B)	Total de bigbags (C = A/B)	Peso total (D = C*800⁶) [kg]
12.400	170	73	58.400

Fonte: elaborado pela própria autora.

Temos, portanto, que a URR conseguiria processar até 58.400 kg de plásticos granulados mensalmente na fábrica de plásticos trabalhando um turno apenas (Tabela 10).

No mês de setembro (2015), a demanda de plásticos para a extrusora da URR foi de 64.137 kg. Resultando em um takt time de 155 minutos/bigbag (Tabela 11).

⁶ 1 bigbag de plásticos granulados = 800kg.

Tabela 11 – Takt time do plástico granulado em setembro/2015.

Demanda (A) [kg]	Tempo total disponível (B) [min]	Bigbags (C=A/800) [kg]	Takt time (D=B/C) [min]	Horas por bigbag (E=D/60)	Bigbags por hora (F=1/E)
64.137	12.400	80	155	2,584	0,387

Fonte: elaborado pela própria autora.

O takt time não foi atingido e por isso parte do material (10.420 kg) foi vendida sem ser processada. Como se pode ver na Tabela 12, o preço de venda do material sem processamento é bem menor se comparado ao valor do mesmo material extrudado.

Tabela 12 – Preço dos tipos de plástico sem processamento por quilo.

Material	Preço (R\$/kg)
PELETE DE PE + PP + PET	1,50
PELETE DE PLÁSTICO INJETORA	1,22

Fonte: disponibilizado pela empresa.

A fábrica de plásticos trabalha apenas um turno por dia por decisão da gerência. Argumenta-se que não há volume que justifique o trabalho em outros turnos. No entanto, a quantidade de material em estoque e a necessidade de vender material sem ser processado apontam em outra direção.

A produção de granulados de setembro, 53.705 kg, corresponde a 83% da capacidade total da extrusora. É um nível de performance considerável, mas não suficiente para suprir a demanda.

Como no fluxo dos absorventes íntimos, os estoques de material esperando processamento são grandes. Os sacos de aparas plásticas se acumulam e o resíduo acaba tendo que ser enfardado na prensa Dipigual para ocupar menos espaço. Mais um desperdício, já que o enfardamento não só é desnecessário ao processo, como o dificulta.

À época da implantação da fábrica de plásticos, o volume que seria ali processado não foi bem estimado. Na Foto 8, observa-se (direita) que os sacos bloqueiam uma porta que foi pensada para a saída dos grânulos extrudados. Do lado esquerdo, vê-se o plástico em fardos.

Foto 8 – Estoque de plástico que aguarda a extrusora bloqueando a saída da fábrica.



Fonte: disponibilizado pela empresa.

Esta questão poderia ter sido evitada caso houvesse maior interação entre a URR e as fábricas a que ela atende.

1.8 MAPAS DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO

Os volumes de demanda considerados na elaboração dos MFV do estados futuro foram sugeridos pela empresa.

1.8.1 Papelão

A principal alteração sugerida no fluxo de valor do papelão é a redução do tempo em estoque dos fardos prontos. O estoque mínimo de 62 fardos é uma exigência do comprador por conta do tamanho do veículo que busca o material na URR.

Seguindo o Princípio 11 de (LIKER, 2005) – “Respeitar sua rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar”, a URR deveria visitar os compradores para entender melhor seus processos e necessidades e alinhar a produção para que fosse mais fluida entre os dois.

Dessa forma o ganho de espaço na URR seria considerável.

O mapa do fluxo de valor do estado futuro do papelão sugerido pode ser visto no Apêndice D (p. 73).

O *lead time* cairia de 3,7 dias no estado atual para 1,1 dias no estado futuro sugerido.

1.8.2 Absorventes íntimos

O maior problema do fluxo de valor do absorvente íntimo é o acúmulo de material esperando pelo processamento na despoldadora. É necessário que a despoldadora tenha operadores dedicados.

Além disso, o estoque de fardos de polpa de celulose também precisa ser reduzido. Retiradas mais frequentes pelo comprador liberaria espaço na URR.

O mapa do fluxo de valor do estado futuro dos absorventes íntimos sugerido pode ser visto no Apêndice E (p. 74).

O *lead time* cairia de 4,6 dias no estado atual para 2,3 dias no estado futuro sugerido.

1.8.3 Plásticos granulados

O mapa de fluxo de valor do estado futuro sugere a troca dos contentores de bigbags de 800 kg para bags de 400 kg. Essa medida reduz o tempo de ciclo da extrusora e dá mais flexibilidade à fábrica de plásticos. Atualmente um dos maiores problemas é a necessidade de se extrudar 800 kg de um mesmo material para que o bigbag seja substituído e a máquina possa trabalhar outro material.

Outra medida importante é eliminar o enfardamento do plástico na prensa Dipigul. Esse processo é uma atividade desnecessária e que não agrega nenhum valor ao produto e, portanto, não deve ser executada.

Além disso, negociar com os compradores retiradas mais frequentes diminuiria o *lead time* dos plásticos granulados e liberaria espaço hoje usado no armazenamento dos *bigbags*.

A extrusora não tem conseguido atender à demanda de plástico gerada pelas fábricas trabalhando apenas um turno por dia, tem trabalhado horas extras e vendido o excedente do plástico sem qualquer processamento.

Atualmente, o custo de um turno de 11 horas é de aproximadamente R\$ 15.300. Mantendo a proporção, dois turnos de 8 horas, custariam R\$ 22.255, um aumento de R\$ 6.955/mês. O excedente vendido sem processamento em setembro resultou em uma receita de R\$ 12.727,04. Caso o material tivesse sido extrudado, a receita seria de R\$ 22.115,84. Ou seja, o incremento na receita, R\$ 9.388,80, supera o incremento nos custos, R\$ 6.955, em R\$ 2.433. Como a média mensal da demanda de plásticos ficou acima dos 60 mil quilos (dada a capacidade de 58.400), a opção de dois turnos de oito horas deve ser considerada.

O mapa do fluxo de valor do estado futuro dos plásticos granulados pode ser visto no Apêndice F (p. 75).

O *lead time* cairia de 6,6 dias no estado atual para 1,2 dias no estado futuro sugerido.

CONCLUSÕES FINAIS

A URR realiza um trabalho fundamental para a garantia da sustentabilidade ambiental da empresa em que está inserida. A preocupação com a destinação de resíduos e redução do impacto ambiental gerado pela atividade industrial demonstra a ética e o respeito que a empresa tem com seus consumidores, o meio ambiente e principalmente com a comunidade em que está inserida.

O gerenciamento de resíduos faz muito sentido sob o olhar econômico também. A URR é auto-suficiente, ou seja, a sua receita compensa todos os seus custos e ainda traz lucro à sua atividade. Além disso, o retorno de parte do plástico granulado à produção reduz o consumo de matéria prima virgem.

A postura proativa da empresa traz também vantagem num cenário de legislações ambientais mais restritivas no futuro.

Apesar do bom trabalho, a URR tem grandes oportunidades de melhorar o fluxo dos materiais pelo chão de fábrica e de reduzir o *lead time* dos produtos aumentando sua responsividade a possíveis alterações de demanda.

Dentre os desperdícios elencados por Ohno (1997), os mais evidentes na planta da URR são os estoques pré-processamento de absorventes íntimos e de plásticos e os estoques de produtos acabados de todos os materiais.

Diminuir o tempo de estoque, aumentando a frequência de entrega para os compradores, seria fundamental para diminuir os *lead times* dos materiais.

As recomendações propostas para melhoria dos fluxos estão resumidas no Quadro 2.

Quadro 2 – Resumo das recomendações propostas para melhoria dos fluxos.

Fluxo	Recomendação
Papelão	<ul style="list-style-type: none"> Negociação com os compradores (Princípio 11 de Liker (2015)) para

	expedições diárias de fardos.
Absorventes íntimos	<ul style="list-style-type: none"> • Mais um operador para diminuir o estoque pré-processamento. • Negociação com os compradores (Princípio 11 de Liker (2015)) para expedições diárias de fardos.
Plásticos granulados	<ul style="list-style-type: none"> • Dois turnos de oito horas em substituição ao turno único de 11 horas diárias. • Troca do container de bigbags de 800kg para bags de 400 kg. • Negociação com os compradores (Princípio 11 de Liker (2015)) para expedições diárias de fardos.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Quanto à capacidade de processamento, a planta suportaria processar quantidades ainda maiores que as atuais. Os equipamentos são suficientes. Um resumo da capacidade produtiva da URR pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 – Resumo da capacidade produtiva da URR quanto ao papelão, absorventes íntimos e plásticos granulados.

	Papelão	Absorventes íntimos	Plásticos granulados
Capacidade produtiva [kg/mês]	353.510	59.400	58.400

Fonte: elaborado pela própria autora.

Os ganhos de *lead time* entre os estados atuais e os estados futuros propostos são vistos na Tabela 14.

Tabela 14 – Ganhos de *lead time* entre o estado atual e o estado futuro proposto.

	Papelão	Absorventes íntimos	Plásticos granulados
Ganho de <i>lead time</i> [dias]	2,6	2,3	5,4

Fonte: elaborado pela própria autora.

Caso a fábrica de plásticos passe a trabalhar em dois turnos de oito horas, sua capacidade de processamento chega a 82.800 kg. Um acréscimo de cinco horas diárias corresponde a um aumento de 42% de capacidade.

Enquanto os Rs Reusar, Reciclar e Recuperar são amplamente postos em prática na URR, os Rs Reduzir, Repensar e Renovar apresentam oportunidades de melhoria.

Aumentar a interação com as fábricas permitiria tomadas de decisão mais acertadas e maior previsibilidade do trabalho.

Dado que a infraestrutura da URR não carece de investimentos, a empresa pode focar em aplicar os princípios 6, 9 e 10 que tratam de pessoas. Treinamento contínuo, envolvimento dos operadores nas padronizações de tarefas e estabelecimento de métricas, desenvolvimento de líderes inspiradores e equipes excepcionais, fomentando uma cultura de melhoria contínua dos processos.

TRABALHOS FUTUROS

Sob a perspectiva acadêmica, seria interessante que trabalhos futuros quantificassem os ganhos ambientais decorrentes das melhorias propostas por este trabalho, listando e analisando todos os aspectos e impactos ambientais associados a empresa em questão. Além disso, a investigação de possibilidades de prevenção da geração de resíduos nos processos produtivos se faz necessária dada a prioridade estabelecida pela PNRS ilustrada na Figura 3, p. 17. A busca por meios de não-geração e redução dos resíduos gerados é fundamental para evitar um possível “efeito rebote”, em que a quantidade de resíduos aumenta sob o pensamento de que não é preciso reduzi-la já que o processo de reciclagem é eficiente. Nesse caso, ferramentas como a avaliação de ciclo de vida, análise de fluxo de materiais, *design for environment* e produção mais limpa seriam indicadas.

Outro tópico que merece atenção é a reciclagem pós-uso. A mistura e contaminação dos materiais nesse caso representa um grande desafio. Estudos em logística reversa seriam proveitosos para fomentar a reciclagem, e conseqüente reintrodução no ciclo produtivo, de materiais descartados pelos consumidores.

Sob a ótica da empresa, há vários pontos que podem ser melhorados e não puderam ser contemplados neste trabalho.

Como diria o físico-matemático e engenheiro William Thomson, criador da escala Kelvin de temperaturas, “medir é saber” e “o que não pode ser medido não pode ser melhorado”.

O primeiro ponto é o maior controle dos números e indicadores da produção. A empresa vem se desenvolvendo neste sentido, e a instalação de balanças nos pontos de coleta representa um enorme avanço no controle das quantidades de resíduos que entram na URR.

Além disso, faz-se necessária a revisão de vários conceitos para que a coleta de dados seja mais intencional e os dados possam realmente se transformar em informações e basear as tomadas de decisão. Por exemplo, havia confusão entre os

conceitos de “produção” e “produtividade”. A planilha de produtividade trazia valores absolutos de produção por mês e não uma razão de *input* e *output*.

Padronização de termos (como nomes dos resíduos) é fundamental para facilitar a análise dos dados e comparações entre as diversas planilhas.

A análise de tempos de atravessamento nunca havia sido feita. O mapeamento do fluxo de valor se mostra como uma ferramenta valiosa na identificação de desperdícios ao longo do fluxo. Trabalhos futuros deveriam focar na implementação (com a devida revisão) dos mapas de fluxo de valor do estado futuro propostos por este trabalho através da organização de eventos Kaizen, além da análise de outros resíduos.

Negociar com os compradores a entrega mais frequente de lotes menores representaria um ganho de espaço significativo. Uma estratégia seria visitar os compradores para entender seus fluxos e alinhar expectativas e o “*way of working*” de cada um.

Outro aspecto fundamental para a organização do trabalho na URR é estabelecer um relacionamento mais próximos com as fábricas. Iniciativas de não geração e redução de resíduos só serão possíveis se houver essa sinergia. Além disso, a URR precisa ser incluída nas decisões sobre alterações nos processos produtivos que impactem a quantidade e a qualidade do resíduo gerado pelas fábricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS⁷

ALL FOR PAWS. **Tapetes Higiênicos 60x60 - AFP-Brasil**. Disponível em: <http://www.afp-brasil.com.br/loja/product.php?id_product=55>. Acesso em: 1 nov. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 2004.

BRASIL, 2010. Lei 12.305/2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 2 de agosto de 2010. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 3 de abr. 2015.

COMISSÃO EUROPEIA, 2010. **Being wise with waste: the EU's approach to waste management**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE_BROCHURE.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2015.

_____, 2014a. **Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe**. Disponível em: <[http://cor.europa.eu/en/activities/stakeholders/Documents/COM\(2014\)_398_final.pdf](http://cor.europa.eu/en/activities/stakeholders/Documents/COM(2014)_398_final.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2015.

_____, 2014b. **Progress report on the roadmap to a resource efficient Europe**. Disponível em: <[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0206R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0206R(01)&from=EN)>. Acesso em: 25 out. 2015.

EL-HAGGAR, S. **Sustainable industrial design and waste treatment, cradle-to-cradle for sustainable development**. 1a. ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2007.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015. **Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition**. Disponível em: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_26-Nov-2015.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2015.

GOERNER, S. J.; BERNARD, L.; ULANOWICZ, R. E. **Quantifying economic sustainability: Implications for free-enterprise theory, policy and practice**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909003085>>. Acesso em: 5 dez. 2015.

⁷ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

Grande dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Disponível em: <<http://houaiss.uol.com.br/busca?palavra=cl%25C3%25ADnquer>>. Acesso em: 25 out. 2015.

GREENOVATE! EUROPE, 2012. **Guide to resource efficiency in manufacturing.** Disponível em: <[http://www.greenovate-europe.eu/sites/default/files/publications/REMake_Greenovate!Europe - Guide to resource efficient manufacturing \(2012\).pdf](http://www.greenovate-europe.eu/sites/default/files/publications/REMake_Greenovate!Europe - Guide to resource efficient manufacturing (2012).pdf)>. Acesso em: 25 out. 2015.

IBGE, 2010. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2015.

KPMG. **Industrial Manufacturing Megatrends Research.** Disponível em: <<https://www.kpmg.com/DE/de/Documents/megatrends-research-2014-kpmg-en.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Os 5 princípios.** Disponível em: <<http://www.lean.org.br/5-principios.aspx>>. Acesso em: 23 ago. 2015.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota. 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** São Paulo: Bookman Editora, 2005.

MEYERS, F. E.; STEWART, J. R. **Motion and time study for Lean Manufacturing.** 3a. ed. Columbus, Ohio: Prentice Hall, 2002.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção. Além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

RENTES, A. F.; ARAÚJO, C. A. C. A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n.º 2, p. 133–142, 2006.

ROCHA, S. D. F.; LINS, V. F. C.; ESPÍRITO SANTO, B. C. Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 1–10, 2011.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar. Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SEGALLA, A. O triunfo da Toyota. **Época Negócios**, 2007. Disponível em <<http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI21977-16642-3,00-O+TRIUNFO+DA+TOYOTA.html>>. Acesso em: 23 de ago. 2015.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC. Disponível em <http://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes1.pdf>. Acesso em: 06 de dez. 2015.

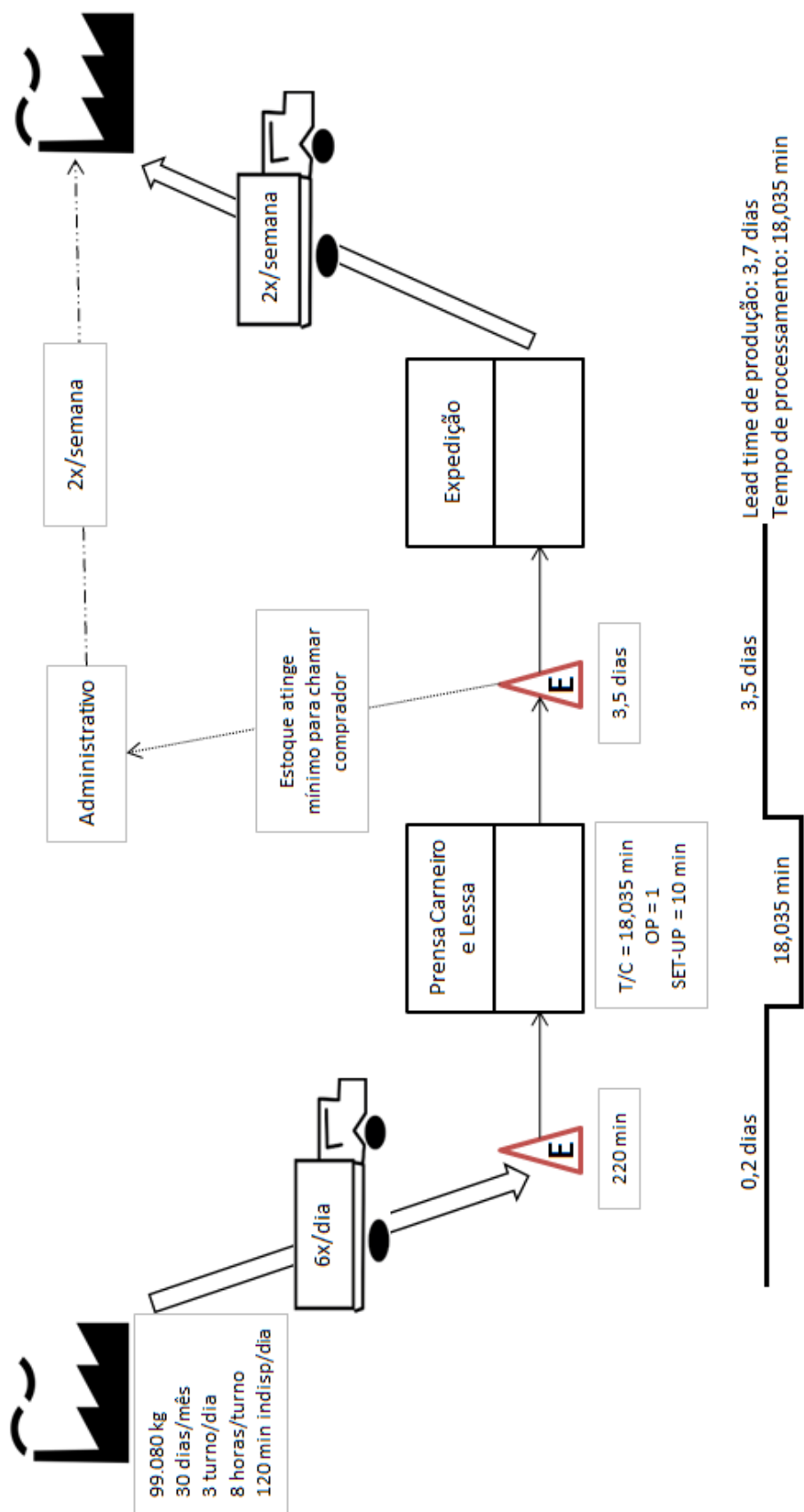
WEBSTER, K. **The Circular Economy: A Wealth of Flows**. 1st. ed. Ellen MacArthur Foundation Publishing, 2015.

WILLIAMS, P. T. **Waste treatment and disposal**. 2nd. ed. Chinchester: John Wiley & Sons Ltd, 2005.

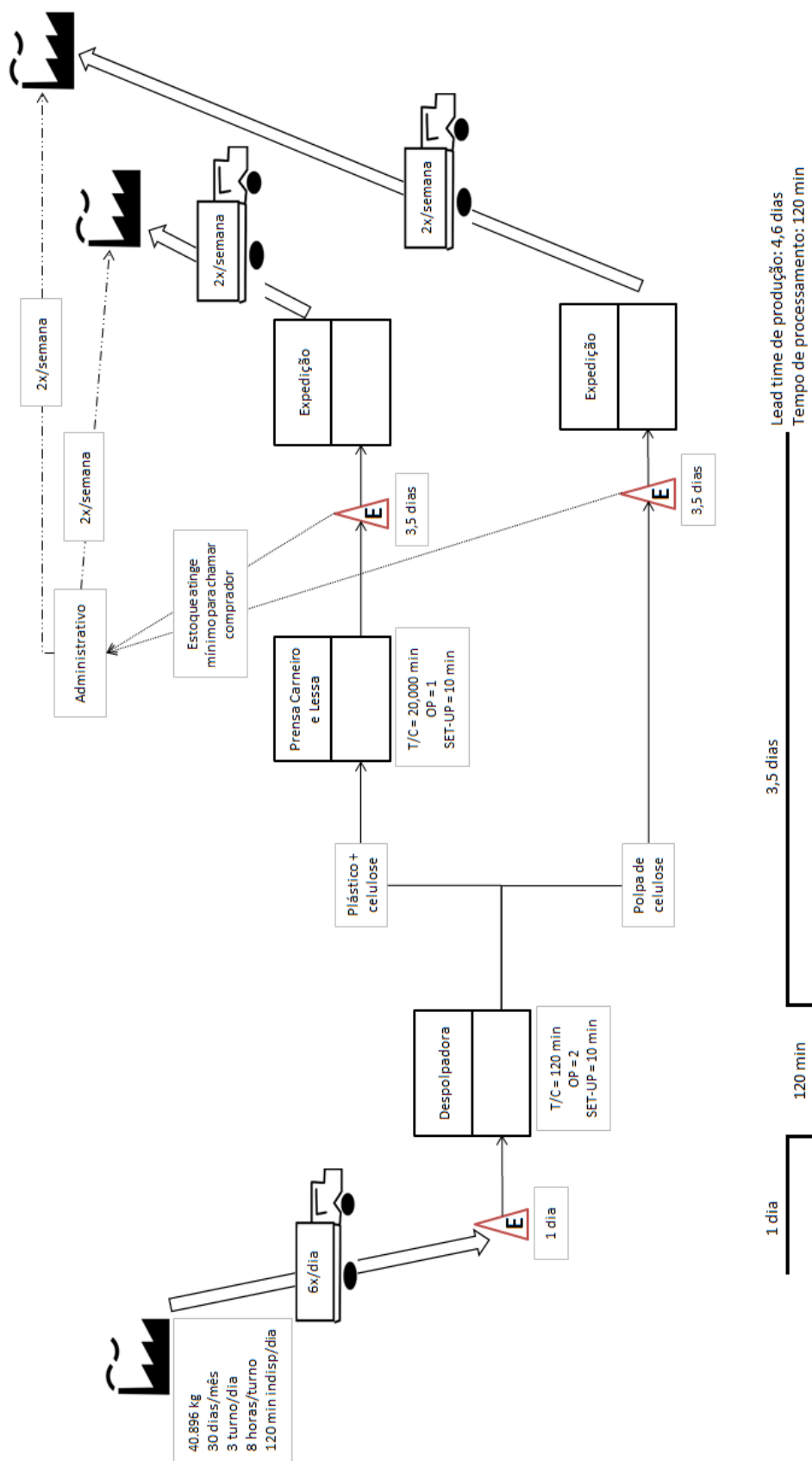
WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas. Lean thinking. Elimine o desperdício e crie riqueza**. 4a. edição. São Paulo: Elsevier Editora, 2003.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2^a. edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

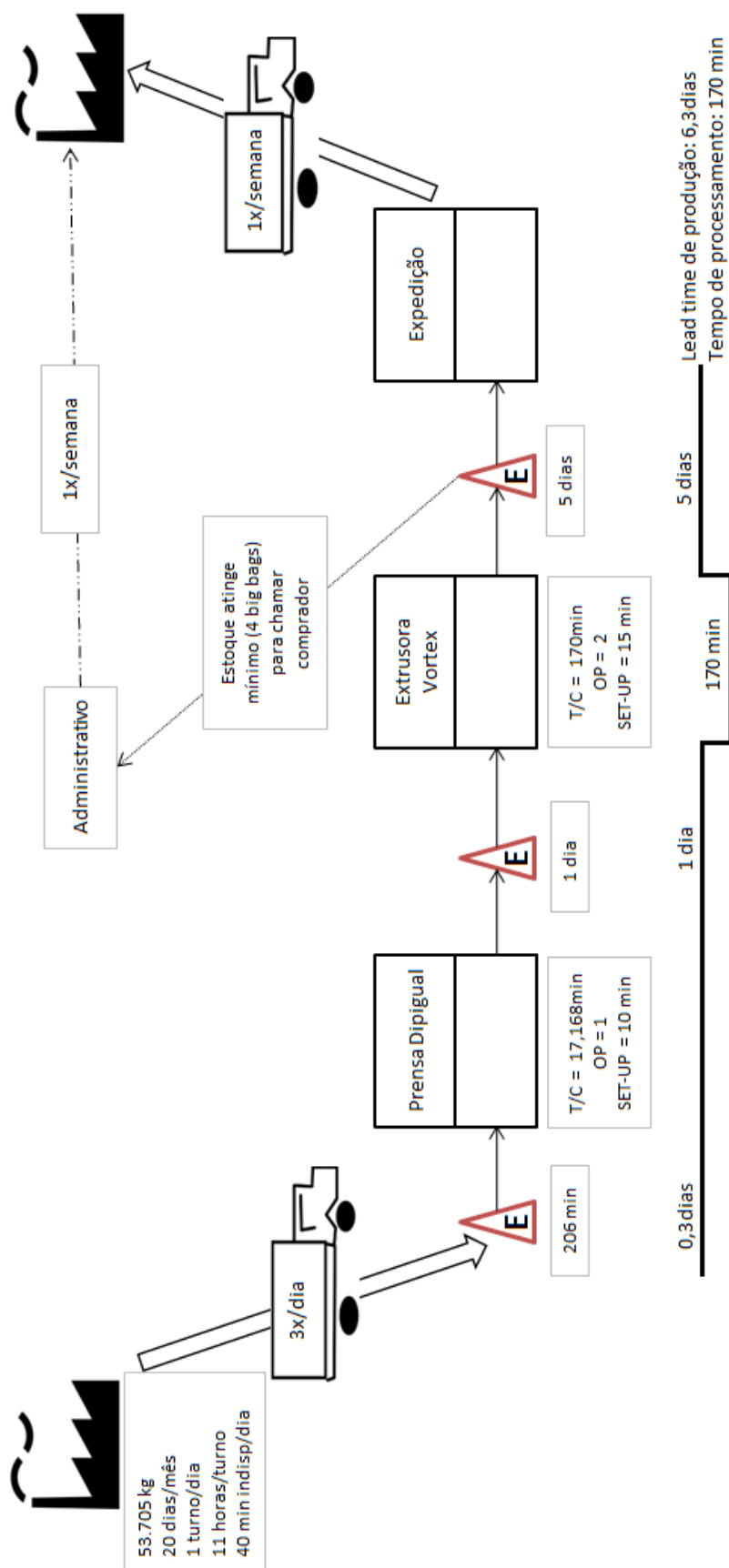
APÊNDICE A – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DO PAPELÃO



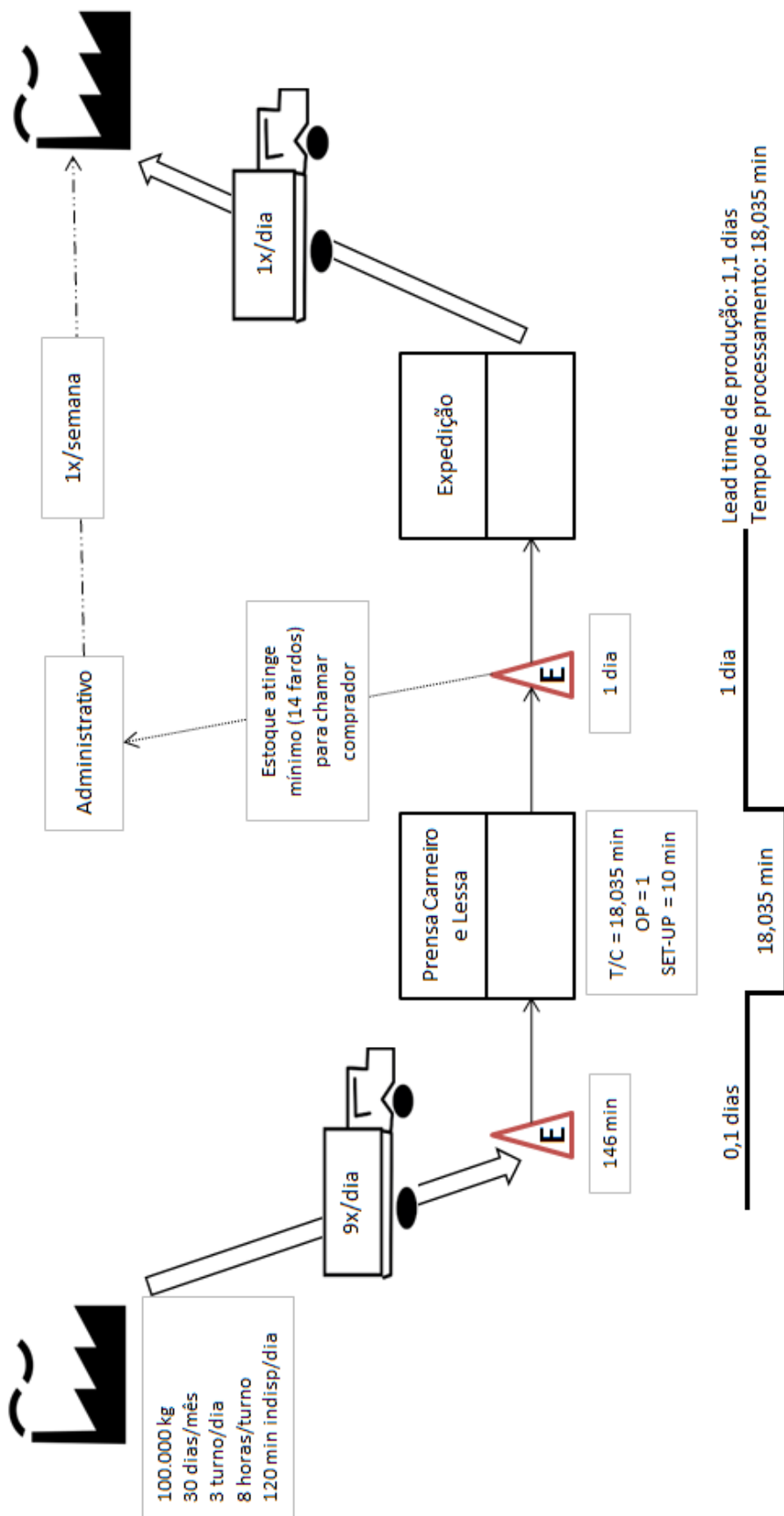
APÊNDICE B – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DOS ABSORVENTES ÍNTIMOS



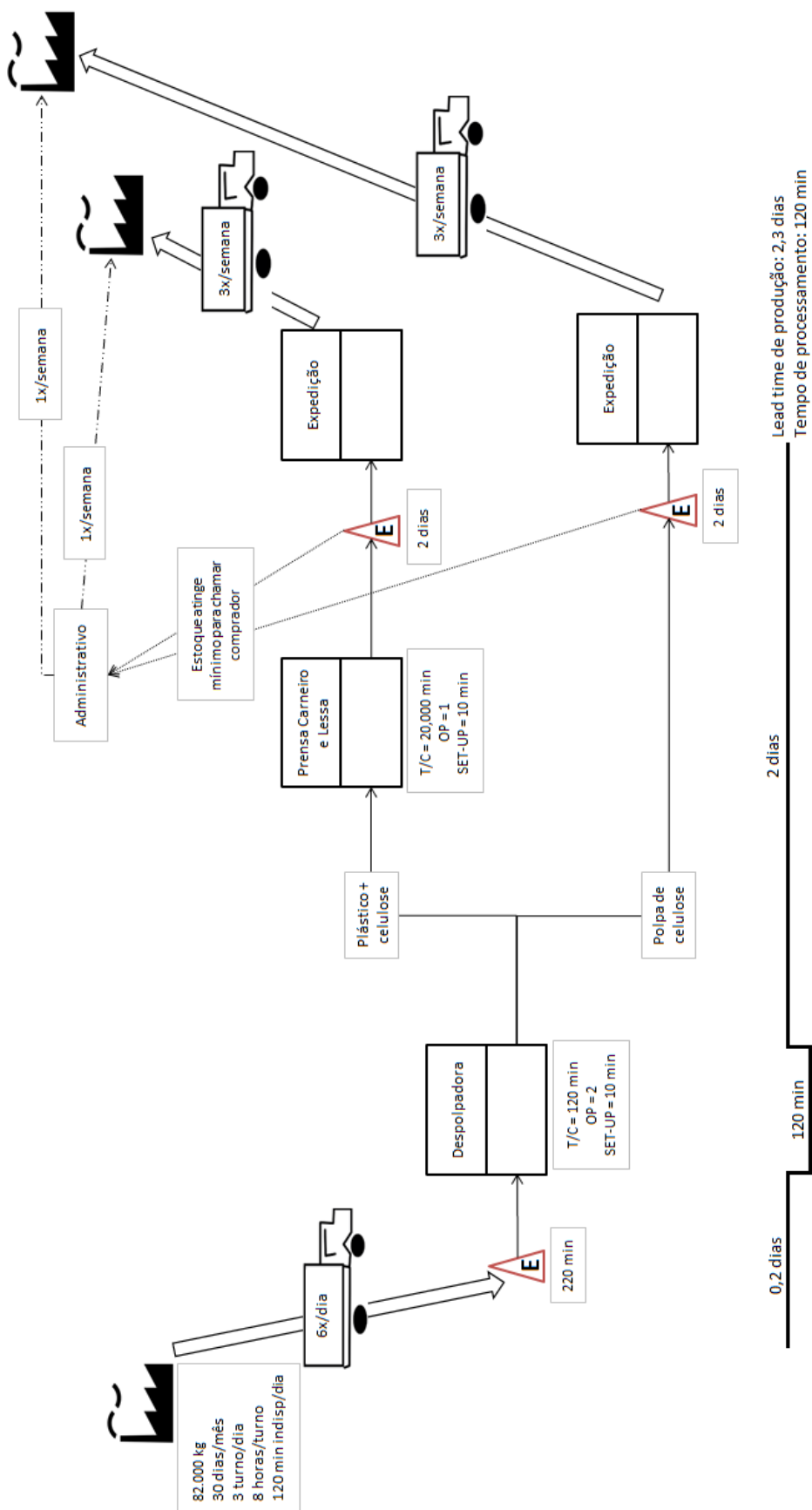
APÊNDICE C – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL DOS PLÁSTICOS GRANULADOS



APÊNDICE D – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DO PAPELÃO



APÊNDICE E – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DOS ABSORVENTES ÍNTIMOS



APÊNDICE F – MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DOS PLÁSTICOS GRANULADOS

