



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

**MARCOS LUIZ SOARES MOREIRA**

**PROPOSTAS DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE FLUXO DE MATERIAIS:  
ESTUDO DE CASO EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS**

**FORTALEZA**

**2013**

MARCOS LUIZ SOARES MOREIRA

PROPOSTAS DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE FLUXO DE MATERIAIS:  
ESTUDO DE CASO EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS

Trabalho Final de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia de  
Produção Mecânica da Universidade  
Federal do Ceará como requisito parcial  
para obtenção do título de Engenheiro de  
Produção Mecânica.

Orientador: Prof. M.Sc. Anselmo Ramalho  
Pitombeira Neto

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M838p Moreira, Marcos Luis Soares.  
Proposta de melhoria para a gestão de fluxo de materiais : estudo de caso em um laboratório de análises químicas / Marcos Luis Soares Moreira. – 2013.  
58 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2013.  
Orientação: Prof. Dr. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto.
1. Estoque em processo. 2. Redução de desperdícios. 3. Análises laboratoriais. 4. Soluções analíticas. I.  
Título.

CDD 658.5

---

MARCOS LUIZ SOARES MOREIRA

PROPOSTAS DE MELHORIA PARA A GESTÃO DE FLUXO DE MATERIAIS:  
ESTUDO DE CASO EM UM LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. M.Sc. Anselmo Ramalho Pitombeira Neto (Orientador).  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M.Sc. Neuma Maria Silva Buarque  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

A Deus. Aos meus pais Marcos Moreira  
Vieira (*in memoriam*) e Geralda Soares  
Vieira.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha família e por colocar pessoas maravilhosas em minha vida.

Aos meus pais Marcos Moreira Vieira (*in memorian*) e Geralda Soares Vieira, por se dedicarem por completo para que este momento se realizasse e pela oportunidade de aumentar meus conhecimentos através dos estudos.

Ao meu irmão Ewerton Luiz, por tudo que me proporciona aprender.

Agradeço à minha namorada Leidyane Viana pelo amor e compreensão nos momentos certos, pela paciência e ajuda que tornaram possíveis concluir esta etapa de minha vida.

Agradeço aos meus amigos de faculdade Daniel George, Ricardo do Amaral, Fellipe Façanha, Diego Platini e Carmélio Hossn pelos conhecimentos repassados e por sempre me apoiarem nos momentos de dificuldade.

Aos amigos André Ribeiro, Alex Richard, Anderson Liege, Élcio e Renildo Cunha, pelo companheirismo e momentos de descontração.

Aos funcionários da companhia de saneamento Francisca Djanira, Dulce, Ribeiro, Crisléia Targino, Paula Ferreira e Kedna Vítor, pela disponibilidade em facilitar o entendimento dos processos laboratoriais.

Ao meu orientador Professor Anselmo Pitombeira, pela paciência durante as etapas do curso, dicas e correções para a realização deste trabalho.

Agradeço aos professores Rogério Mâsih, Heráclito Jaguaribe, João Welliandre Carneiro, Maxweel Veras, Luiz Fernando Mallmann Heineck, Carlos Roberto Oliveira Cardoso (*in memorian*), pela atenção e por dividirem experiências em diversas áreas, contribuindo para a minha formação.

Aos funcionários Lucivando Carlos, Evandro e Chiquinho, pela disponibilidade e atenção.

## RESUMO

O presente trabalho mostra um estudo de caso sobre a gestão de fluxo de materiais e suprimentos de uma empresa de saneamento, situada no estado do Ceará, que produz análises laboratoriais físico-químicas, hidrobiológicas e microbiológicas. O estudo tem como objetivo propor melhorias para a gestão do fluxo e redução dos desperdícios. Identificados os processos do fluxo, foi possível detectar causas de interrupções na produção, analisar a gestão atual e mensurar os desperdícios relacionados à superprodução. A partir daí, propostas de melhorias são formuladas com o objetivo de reduzir os desperdícios e minimizar as possíveis interrupções nas análises laboratoriais, paradas no fluxo. Utilizaram-se a programação para trás, a fim de programar a produção, e os conceitos do sistema Toyota de produção, para dar transparência e credibilidade aos agentes do processo e reduzir estoques no fluxo. Essas ações combinadas visam a aprimorar a eficiência, reduzindo desperdícios e aumentando a disponibilidade de matéria-prima e a capacidade disponível de reagentes para o fluxo de análises laboratoriais.

**Palavras-chave:** Estoque em processo, Redução de desperdícios, Análises laboratoriais, Soluções analíticas.

## ABSTRACT

This paper presents a case study about flow of materials and supplies for a sanitation company, located in the state of Ceará, which produces physicochemical, hydrobiological and microbiological laboratory analysis. The study aims to propose improvements to the management of the flow and to reduce waste. Identified the processes of flow, it was possible to detect causes of production interruptions, analyze the current management and measure the waste related to overproduction. Thereafter, improvement proposals are formulated with the objective to reduce waste and minimize possible interruptions in the analysis, stops on the flow. We used behind schedule in order to program production, and the concepts of the Toyota Production System, to provide transparency and credibility to the process agents and reduce inventory flow. These combined actions aimed at improving efficiency, reducing waste and increasing the availability of raw materials and the available capacity of reagents for flow laboratory analyzes

**Keywords:** Work in Process, Reducing waste, Laboratory analysis, Analytical solutions.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma referente ao estudo de caso .....	18
Figura 2 - Modelo de Sistema de Produção .....	20
Figura 3 - Pilares do sistema Toyota.....	23
Figura 4 - Tipos de perdas por superprodução .....	27
Figura 5 - Fluxo contínuo.....	28
Figura 6 – Mar de estoques .....	29
Figura 7 - Diagrama de Ishikawa e ilustração dos 6M .....	31
Figura 8 – Divisão geográfica dos Laboratórios Operacionais .....	32
Figura 9 – Fluxo de matéria-prima para produção de análise .....	33
Figura 10 – Etapas do processo atual.....	34
Figura 11 – Fluxograma geral de Realização de Análises .....	38
Figura 12 – Explosão de materiais para produção de soluções utilizadas na análise do ferro .	40
Figura 13 – Diagrama causa e efeito.....	42
Figura 14 – Perdas por superprodução para o estudo de caso .....	44
Figura 15 – Localização dos Estoques em Processo.....	48
Figura 16 – Cronograma de operações em função do tempo .....	49
Figura 17 – Controle de matéria-prima.....	53
Figura 18 - Distribuição em pequenos lotes.....	55

## **LISTAS DE TABELAS**

Tabela 1 – Comparativo entre pedidos Normal e Extra.....	45
Tabela 2 – Comparativo entre a produção atual e teórica .....	47

## **LISTAS DE QUADROS**

Quadro 1– Cronograma de operações em função do tempo .....	50
Quadro 2 – Custo unitário de cada análise por laboratório .....	51
Quadro 3 – Planilha de MRP para análises e soluções .....	52
Quadro 4 - Comparação entre a situação atual e as propostas de melhoria .....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Justificativa</b> .....	14
<b>1.2 Objetivos</b> .....	16
<i>1.2.1 Objetivo geral</i> .....	16
<i>1.2.2 Objetivos específicos</i> .....	16
<b>1.3 Metodologia</b> .....	17
<b>1.4 Estruturas do trabalho</b> .....	18
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
<b>2.1 Conceitos básicos de sistemas de produção</b> .....	20
<b>2.2 Capacidade da produção</b> .....	21
<b>2.3 Programação para trás - MRP (Planejamento de Recursos de Materiais)</b> .....	22
<b>2.4 Sistema Toyota de produção</b> .....	22
<i>2.4.1 Pilares do STP</i> .....	23
<i>2.4.1.1 Filosofia Just-in-time (JIT)</i> .....	24
<i>2.4.1.2 Jidoka (Autonomação)</i> .....	24
<i>2.4.2 Troca rápida de Ferramentas e Pequenos Lotes</i> .....	25
<i>2.4.3 Análise dos desperdícios</i> .....	25
<i>2.4.3.1 O desperdício da superprodução</i> .....	26
<i>2.4.4 Os cinco princípios da Produção Enxuta</i> .....	27
<i>2.4.5 Cuidados com a redução de estoques</i> .....	28
<b>2.5 Considerações sobre a utilização do MRP e do sistema Toyota de produção</b> .....	29
<b>2.6 Diagrama causa e efeito</b> .....	30
<b>2.7 Benchmarking</b> .....	31
<b>3 ESTUDO DE CASO</b> .....	32
<b>3.1 Descrição da empresa</b> .....	32
<b>3.2 Fluxo da matéria-prima na produção de análises</b> .....	33
<b>3.3 Etapas do Processo de Produção Atual</b> .....	34
<i>3.3.1 Determinação da demanda</i> .....	35
<i>3.3.2 Pedido normal e produção de soluções</i> .....	35
<i>3.3.3 Pedido extra</i> .....	36
<i>3.3.4 Envio das Soluções e Realização da Análise</i> .....	37
<i>3.3.5 Controle de Estoque e o Setor de Compras</i> .....	37

<b>3.4 MRP – Determinação do volume e da sequencia de produção.....</b>	<b>38</b>
<b>3.5 Diagnóstico.....</b>	<b>41</b>
<b>3.5.1 Etapa I – Diagrama de causa e efeito .....</b>	<b>41</b>
<b>3.5.2 Etapa II – Análise do fluxo atual.....</b>	<b>43</b>
3.5.2.1 Deficiências no fornecimento.....	43
3.5.2.2 Deficiências no fluxo .....	44
<b>3.5.3 Etapa III – Desperdícios relacionados à superprodução.....</b>	<b>45</b>
3.5.3.1 Quantidade de Pedidos Urgentes.....	45
3.5.3.2 Cálculo do Custo de Matéria-Prima Existente no Fluxo .....	46
<b>3.6 Propostas de melhoria para gestão do fluxo e redução de desperdícios.....</b>	<b>48</b>
<b>3.6.1 Planejamento da Produção-Programação para trás – Cronograma de operações em função do tempo .....</b>	<b>49</b>
3.6.1.1 Acompanhamento dos custos unitários entre os clientes internos – Benchmarking interno .....	50
3.6.1.2 Acompanhamento dos insumos entre os clientes internos – Capacidade de produção .....	52
<b>3.6.2 Sistema Toyota de Produção - Transparência e Pequenos lotes.....</b>	<b>54</b>
3.6.2.1 Transparência.....	54
3.6.2.2 Pequenos Lotes .....	55
<b>3.6.3 Cuidados com a redução de estoques intermediários .....</b>	<b>56</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Recomendações para trabalhos futuros.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

A água é um bem fundamental para a vida. Para ser considerada apropriada para o consumo humano, deve ter a sua composição físico-química, hidrobiológica e microbiológica de acordo com os parâmetros de potabilidade exigidos pelas leis vigentes pelo Ministério da Saúde.

A água oriunda da natureza, água bruta, para que possa ser distribuída para o consumo humano, passa por diferentes processos de tratamento. Mesmo que a qualidade do tratamento da água esteja em conformidade com os padrões estipulados pelas normas vigentes, vários fatores podem ocasionar a sua degradação no decorrer da rede de distribuição e nos reservatórios de abastecimento, modificando o seu padrão organoléptico, físico-químico e microbiológico.

Da mesma forma que é feito com a água, também deve ser realizado o rigoroso monitoramento da conformidade dos efluentes brutos e tratados que são regidos de acordo com legislações próprias.

Para assegurar essa conformidade, faz-se necessário aferir a qualidade da água para consumo e dos efluentes brutos e tratados, através da realização de análises laboratoriais em amostras coletadas de acordo com um plano de monitoramento anual, estabelecido pela legislação vigente. As coletas são feitas em diferentes pontos da rede de distribuição de água e de etapas do tratamento de água e de efluentes. As análises laboratoriais que aferem a qualidade da água e dos efluentes são realizadas por laboratórios habilitados, utilizando-se insumos químicos que percorrem todo o fluxo de produção em estudo. O desperdício na gestão do fluxo de materiais dentro do processo de produção de análises influencia diretamente na eficiência e na qualidade do monitoramento.

### **1.1 Justificativa**

Este trabalho surgiu a partir dos problemas detectados em uma empresa de saneamento do estado do Ceará, quando da realização de estágio curricular do seu autor. As deficiências percebidas no fluxo de produção de análises laboratoriais para determinação da conformidade da água e esgoto fundavam-se basicamente no desperdício de matéria-prima. A partir dessa constatação, foram elaboradas propostas de melhoria à luz das perspectivas da Programação de Recursos de Materiais (MRP) e do Sistema Toyota de Produção (STP).

Tendo em vista a importância da empresa em estudo para a saúde e para a qualidade de vida da sociedade cearense, decidiu-se, a partir da realização deste trabalho, analisar mais profundamente os problemas encontrados, bem como apresentar mais detidamente as soluções propostas.

O monitoramento da qualidade da água distribuída é realizado por um fluxo de materiais. Neste processo, são fundamentais as atividades voltadas ao suprimento dos clientes internos, para que estes produzam as análises laboratoriais, obedecendo aos procedimentos operacionais e seguindo um prazo e uma quantidade estipulados. Assim, para que as análises sejam realizadas, é de suma importância um fluxo de suprimentos sem desperdícios a fim de que seja enviada no momento exato a quantidade suficiente de soluções necessárias para esses processos analíticos.

A ausência de matéria prima, reagentes, para a produção de soluções provoca demoras na chegada das soluções aos analistas. Além disso, pode acarretar atrasos para a obtenção dos resultados das análises ou até mesmo a interrupção de sua realização, o que potencializa o não cumprimento dos regulamentos. Essa última consequência pode gerar tanto prejuízo para a população, quanto a cobrança de multas para a empresa responsável pelo saneamento.

O desperdício de matéria-prima na produção acontece devido à existência de estoque em processo de soluções analíticas entre os clientes internos. Os estoques visam à produção de análises químicas dentro do prazo. Isso influencia na eficiência da produção e na disponibilidade de matéria-prima.

Além disso, as soluções produzidas têm um curto período de validade. Assim, seu estoque em processo acima da quantidade programada pelos clientes internos torna-se prejudicial, pois proporciona desperdício de matéria-prima e representa, inclusive, riscos ao meio ambiente, devido ao descarte de soluções analíticas fora do prazo de validade.

A busca pelo aumento da disponibilidade de matéria-prima neste estudo ocorre através de propostas de melhorias para o fluxo de produção de análises laboratoriais em virtude de a empresa possuir limitações no setor de fornecimento. Como a aquisição de reagentes é feita através de licitações, a empresa demanda um tempo considerável para repor o estoque de matéria-prima.

Ohno (1997) diz que o aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos. Para Martins e Laugeni (2005), a administração de materiais tem impacto direto na lucratividade da empresa e na qualidade dos produtos, havendo necessidade de uma

gestão o mais próxima possível do *just-in-time* com o objetivo de reduzir estoques e aumentar a satisfação dos clientes.

Tendo em vista as questões levantadas, são feitas neste trabalho propostas de melhoria para a gerência de qualidade da referida empresa de saneamento, visando a alcançar o aumento da disponibilidade de matéria-prima e a eficiência no fluxo.

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos deste estudo de caso estão classificados em objetivos gerais e específicos. Os primeiros descrevem o que será feito ao longo da exposição deste trabalho, enquanto os objetivos específicos mostram as etapas a serem vencidas para atingir o objetivo geral.

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Propor melhorias para gestão do fluxo e redução de desperdícios de matéria-prima na produção de análises físico-químicas, hidrobiológicas e microbiológicas de uma empresa de saneamento.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- a) Identificar as deficiências que podem acarretar interrupções na produção de análises químicas;
- b) Mensurar e analisar os desperdícios relacionados à superprodução a partir do cálculo da quantidade total de pedidos urgentes realizados durante um ano e do custo anual de matéria-prima, dentro do fluxo, para uma análise físico-química;
- c) Propor melhorias ao fluxo a partir da programação de atividades, com a elaboração de um cronograma de operações em função do tempo, a ser disponibilizado para gerenciamento visual;

- d) Calcular o custo unitário por análise e por laboratório, das quantidades de matéria-prima envolvidas na produção, utilizando o MRP das análises e das soluções, a fim de acompanhar a eficiência e o custo da análise para cada laboratório regional e operacional, gerando um *benchmarking* interno;
- e) Propor o acompanhamento dos reagentes, por calendário, dentro do fluxo de produção, para que o setor de estoque saiba o quanto vai ser utilizado de reagente para o cumprimento do planejado. Com isso, a gerência pode mensurar a quantidade de reagentes disponível para realização de análises não planejadas.

### 1.3 Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso em uma empresa de saneamento, especificamente no processo produtivo de produção de análises físico-químicas, visando ao aumento da disponibilidade de matéria-prima a partir da redução de estoques em processo.

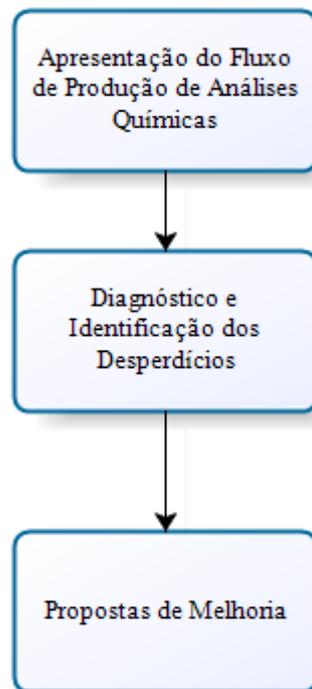
O método utilizado na elaboração deste estudo de caso possui as seguintes etapas, apresentadas na Figura 1:

- a) Etapa 1: Caracterização do fluxo de produção. Essa etapa apresenta a empresa e os processos, juntamente com as funções realizadas pelos clientes internos do fluxo de produção de análises laboratoriais. Essa fase é necessária para o conhecimento do fluxo dos produtos produzidos;
- b) Etapa 2: Diagnóstico. Nesta etapa, são identificadas as possíveis causas de interrupções na produção de análises, elaboradas em um diagrama de causa e efeito, ferramenta útil para identificação da causa fundamental de um problema.

Em seguida, é relatada a atual situação do fluxo e são mostrados os pontos de desperdícios que afetam a disponibilidade de matéria-prima. Neste ponto, são mensurados os principais desperdícios de superprodução que potencializam a não realização da análise: a quantidade de pedidos extras e o valor monetário de estoques em processo, ambos distribuídos no fluxo;

c) Etapa 3: Propostas de melhoria. Neste tópico, são elaboradas propostas de melhorias, voltadas apenas para as deficiências no fluxo. A deficiência no fornecimento é citada no diagnóstico somente como fator intensificador da preocupação com a disponibilidade de matéria-prima. As propostas apresentadas focam na redução de desperdícios na produção, a partir da gestão visual do fluxo e dos conceitos do sistema de produção enxuta para todos os elos. Acompanhamentos são gerados para a manutenção do fluxo pela gerência, a fim de que o cronograma de operações em função do tempo seja obedecido e a capacidade de produção de reagentes para produção de análises seja mensurada.

Figura 1 - Fluxograma referente ao estudo de caso



Fonte: Autoria própria

#### 1.4 Estruturas do trabalho

O Capítulo 1 apresenta a importância do trabalho, os objetivos que se pretende alcançar, o método adotado para seu desenvolvimento e a estrutura que o trabalho mantém.

O Capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica dos conceitos utilizados no desenvolvimento do estudo de caso, como a definição de sistemas de produção, conceitos de capacidade, diagrama de causa e efeito, *benchmarking*, lógica de programação para trás e o

planejamento de necessidades de materiais MRP. Por fim, é realizado um estudo básico acerca do sistema Toyota de produção, seus princípios, com ênfase na redução de desperdícios, nos princípios de fluxo com transparência e de pequenos lotes, finalizando com os cuidados que devem ser tomados na redução dos estoques.

O Capítulo 3 apresenta a empresa e o processo de produção. Em seguida, é realizado um diagnóstico identificando as causas para interrupção na análise, a partir do diagrama de causa e efeito. É descrita a gestão atual e são identificados os desperdícios. Mensuradas as perdas devido aos dois tipos de superprodução, são propostas sugestões de melhoria para o fluxo, a ser iniciada pelo cronograma de operações em função do tempo, que gera transparência através da gestão visual. Com esse tipo de gestão, o fluxo pode ter uma melhor programação entre os seus participantes e uma confiabilidade que promova a redução dos estoques em processo, gerando eficiência e aumento na disponibilidade de reagentes. Essa proposta inclui o acompanhamento dos custos por análise, como comparativo entre os laboratórios, e o acompanhamento da matéria-prima, a ser utilizado na tomada de decisão por parte da gerência com relação à realização de análises não planejadas.

No Capítulo 4, é realizada a avaliação dos resultados alcançados pelo estudo de caso, comentadas as limitações encontradas e feitas sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de melhorar a compreensão dos tópicos abordados neste trabalho, torna-se necessária a revisão de conceitos de sistemas de produção, abordando a lógica de programação para trás e o sistema Toyota de produção, juntamente com o diagrama de causa e efeito e considerações acerca do *benchmarking*.

### 2.1 Conceitos básicos de sistemas de produção

Slack *et al* (2002) comentam que o processo de produção, sob o ponto de vista operacional, envolve recursos a serem transformados e recursos transformadores que, submetidos ao processo produtivo, dão origem ao produto final, ou seja, aos bens e serviços criados pela organização, figura 2. Por transformação entende-se a utilização de recursos para mudar o estado ou a condição de algo produzindo saídas.

Figura 2 - Modelo de Sistema de Produção



Fonte: Adaptado de Slack *et al* (2002)

Segundo Martins e Laugeni (2006), medidas de eficiência e eficácia nos sistemas de produção são definidos, respectivamente, como: a relação entre o que se obteve (saídas) e o que se consumiu em sua produção (entradas), medidas na mesma unidade, e a medida de quão próximo se chegou dos objetivos previamente estabelecidos. Assim, uma decisão ou ação é tanto mais eficaz quanto mais próxima dos objetivos estabelecidos chegaram os resultados obtidos.

Corrêa, Gianesi e Caon (2007) afirmam que os sistemas de produção são os sistemas de informação para apoio à tomada de decisões táticas e operacionais, referentes às seguintes questões: o que produzir e comprar, quanto produzir e comprar, quando produzir e comprar, e com que recursos produzir e comprar. Essas decisões devem ser realizadas de tal forma que os objetivos estratégicos da organização sejam alcançados.

Shingo (1996) afirma que é errado pensar que a melhoria das operações individuais, em cada agente da cadeia, irá aumentar a eficiência global do fluxo de processo.

## **2.2 Capacidade da produção**

Gramigna (2002) defende que o planejamento da produção é uma função que consiste em determinar níveis capacidade, produção, estoques e falta de estoques, com a finalidade de melhor satisfazer os níveis de serviços planejados pela empresa.

A análise da capacidade da produção, para Martins e Laugeni (2006), é a máxima produção, ou saída, de um processo de transformação, ou seja, é o nível máximo de atividade de valor adicionado que pode ser conseguido em condições normais de operação por um determinado período de tempo.

Peinado e Graeml (2007) apresentam quatro tipos de capacidade:

- a) Capacidade instalada: consiste no volume máximo que uma unidade produtora pode alcançar, sem nenhuma perda. É uma medida hipotética utilizada para definições estratégicas;
- b) Capacidade disponível: corresponde ao volume produzido em uma unidade produtiva no período correspondente à jornada de trabalho, sem considerar nenhuma perda;
- c) Capacidade efetiva: corresponde à capacidade disponível considerando as perdas planejadas;
- d) Capacidade realizada: refere-se à capacidade que inclui as perdas não planejadas.

### **2.3 Programação para trás - MRP (Planejamento de Recursos de Materiais)**

De acordo com Moreira (2008), o MRP tem uma lógica que parte da visão de necessidades futuras de produtos acabados e depois vem explodindo as necessidades de componentes nível a nível, para trás no tempo. Por isso, a lógica do MRP é chamada de lógica de programação para trás.

O MRP surgiu, de acordo com Martins e Laugeni (2006), da necessidade de se planejar o atendimento da demanda dependente, isto é, aquela que decorre da demanda independente. Um produto acabado, feito para estoque ou para atender diretamente à solicitação de um cliente, é um item de demanda independente.

Peinado e Graeml (2007) argumentam que, quando a demanda de um item depende apenas e diretamente das forças de mercado, é dito que o item possui demanda independente. Quando, ao contrário, a demanda de um item depende diretamente da demanda de outro item, diz-se que o item possui demanda dependente.

Corrêa, Gianesi e Caon (2007) afirmam que uma das principais vantagens dos sistemas MRP é sua natureza dinâmica, reagindo às mudanças, pois a troca de um item pode afetar todos os outros componentes, e uma desvantagem é que o mesmo não considera as restrições de capacidade quando da estratificação de materiais, ou seja, considera um sistema de planejamento “infinito”.

Corrêa e Gianesi (2007) mencionam que o MRP tem como objetivo programar as atividades para o momento mais tarde possível, de modo a minimizar os estoques. Desse modo, esse sistema é ideal para a empresa que tem como objetivos prioritários o cumprimento de prazos e a redução de estoques.

### **2.4 Sistema Toyota de produção**

Womack e Jones (2004) apontam que a produção enxuta ou *Lean Manufacturing* teve suas origens no Sistema Toyota de Produção como uma filosofia para aperfeiçoar a fabricação automotiva, por isso, o termo é normalmente associado ao chão da fábrica. No entanto, a abordagem STP apresenta-se com uma abrangência bem mais ampla, pois busca

aumentar a eficiência em tempo mínimo e reduzir custo em qualquer processo, com foco na redução de desperdícios.

Ghinato (1996) aponta que o STP está estruturado sob o princípio da completa eliminação das perdas, com o JIT e a automação atuando como seus dois pilares de sustentação.

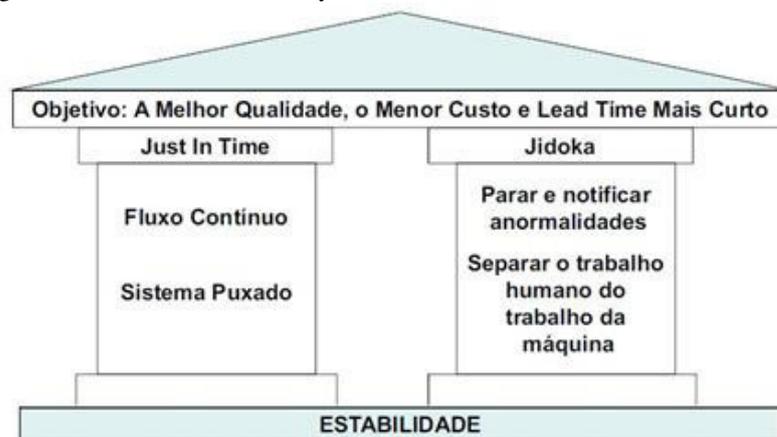
De acordo com Spear e Bowen (1999), os resultados positivos da indústria, com a utilização do Sistema Toyota de Produção, estão sendo atualmente o foco de grandes empresas, de diversos setores, no sentido de alcançar esse desempenho.

#### 2.4.1 Pilares do STP

Womack e Jones (2004) apontam os pilares do sistema Toyota de produção, figura 3:

- a) *Just-in-Time*: refere-se a produzir somente o necessário e quando necessário. Caracterizando-se, assim, por um sistema de estoques de níveis baixos;
- b) *Jidoka* (Automação): refere-se a equipamentos e operadores com inteligência para pausar sua própria operação, evitando a perpetuação de erros.

Figura 3 - Pilares do sistema Toyota



Fonte: Adaptado do Lean Enterprise Institute (2003)

#### 2.4.1.1 Filosofia Just-in-time (JIT)

De acordo com Ferro (2007), o JIT tem por objetivo a total eliminação dos desperdícios para atingir a melhor qualidade possível, com o custo mais baixo possível, menor tempo de produção e menor tempo de entrega. Para Slack *et al* (2002), essa filosofia está fundamentada em fazer as coisas de maneira simples, em fazê-las cada vez melhor, eliminando desperdícios nas etapas do processo produtivo.

A filosofia JIT, para Corrêa e Giansesi (2007), coloca ênfase no fluxo de materiais e não nas taxas de utilização dos equipamentos, os quais somente devem trabalhar se houver necessidade.

Já Shingo (1996) afirma que o *just-in-time* nada mais é que uma estratégia para atingir a produção sem estoque. Com essa filosofia, os custos decorrentes do inventário diminuem e a taxa de giro de capital aumenta substancialmente. Assim, para esse autor, o JIT está além do foco no tempo de entrega, pois isso estimula o desperdício de superprodução e resulta em esperas desnecessárias.

Uma crítica ao sistema Toyota, mencionada por Shingo (1996), é a de que, com esse sistema, todos os fornecedores deveriam estar à disposição da empresa, de modo a atender suas demandas *just-in-time*. Na verdade, segundo esse autor, os planos de produção no STP são anunciados com antecedência para os fornecedores, a fim de deixá-los precavidos, o que deixa claro que a acusação de que o sistema Toyota é maquiavélico está completamente infundada. O autor ressalta que esse é um problema da expansão desordenada do sistema entre as empresas e não do sistema de produção puxado.

#### 2.4.1.2 Jidoka (Autonomação)

Segundo explica Ghinato (1996), o conceito de autonomação foi disseminado por Ohno e inspirado nos mecanismos de parada automática, instalados em teares inventados por Sakichi Toyoda. A autonomação elimina a superprodução e evita a fabricação de produtos defeituosos, pois dá à máquina ou ao operador a autonomia de interromper a produção sempre que algo anormal seja detectado ou quando a quantidade planejada é atingida.

A transparência nos processos e resultados para os colaboradores é ponto fundamental para a busca da melhoria no fluxo. Koskela (1992) aponta que a simples disponibilização da informação nos postos de trabalho por meio de dispositivos, indicadores, tabelas, gráficos ou quaisquer outros meios físicos, pode facilitar a identificação de problemas no processo produtivo. Ohno (1997) afirma que, no sistema Toyota de produção, o gerenciamento pela visão é obrigatório.

#### ***2.4.2 Troca rápida de Ferramentas e Pequenos Lotes***

Segundo Shingo (2000), o sistema TRF transcende a simples redução do tempo de preparação em busca de melhores taxas operacionais. O sistema oferece vantagens estratégicas fundamentais eliminando estoques e revolucionando os conceitos de produção. Mondem (1983) afirma que reduzir o tempo de troca de ferramentas pode ser considerado o caminho mais fácil para introduzir o STP em um ambiente de produção.

Antunes e Rodrigues (1993) sustentam que a redução dos tempos de preparação possibilita a produção em pequenos lotes. O benefício disso é a flexibilização da produção e uma resposta mais rápida às mudanças de mercado. Além disso, lotes menores permitem reduzir a variabilidade do sistema e a perda de produtos defeituosos, ao se interromper a sua fabricação logo após a identificação do erro.

#### ***2.4.3 Análise dos desperdícios***

Segundo Shingo (1996), o Sistema Toyota de Produção é um sistema que visa à eliminação total de perdas. De acordo com Ohno (1997), existem sete tipos de perdas nos processos de produção:

- a) Desperdício de Tempo de espera: relacionado ao atraso entre o intervalo de tempo do fim de uma atividade e o início da atividade posterior. Corrêa e Giansi (2007) ressaltam que a sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção contribuem para a eliminação desse tipo de desperdício;

- b) Desperdício de Transporte: deslocamento desnecessário de matéria-prima, material em processo e de produtos acabados dentro da fábrica ou entre fábricas, resultando em aumento no tempo, no esforço e no custo;
- c) Desperdício de Processamento em si: relacionado à oferta de especificações além das definidas pelas necessidades dos clientes, ou à realização de atividades que não agregam valor ao produto;
- d) Desperdício de Estoques: armazenamento excessivo de matéria prima, material em processo ou de produto acabado. Essa categoria de desperdício pode ser decorrência da superprodução;
- e) Desperdício de Produtos defeituosos: erros frequentes no processamento da informação, problemas na qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega. Segundo Ghinato (1996), essa é a perda mais comum e visível nas empresas;
- f) Desperdício de movimento: referem-se às movimentações desnecessárias de materiais, operadores, produtos e informações;
- g) Desperdício de Superprodução: usada para prevenção de defeitos que possam vir a acontecer na produção, fabricando-se produtos em maior quantidade, produzindo antecipadamente e estocando até serem processadas.

#### *2.4.3.1 O desperdício da superprodução*

Ohno (1997) afirma que a superprodução é considerada o pior dos desperdícios, pois ajuda a ocultar os outros desperdícios. O passo mais importante para resolver o problema é eliminar a superprodução e estabelecer medidas de acompanhamento e controle.

O objetivo de redução dos estoques para Corrêa e Gianesi (2007) é atingir principalmente a eliminação das causas geradoras da necessidade de se manter os estoques.

Para evitar este tipo de desperdício, Hall (1988) sugere pensar além da economia de escala ou de velocidade.

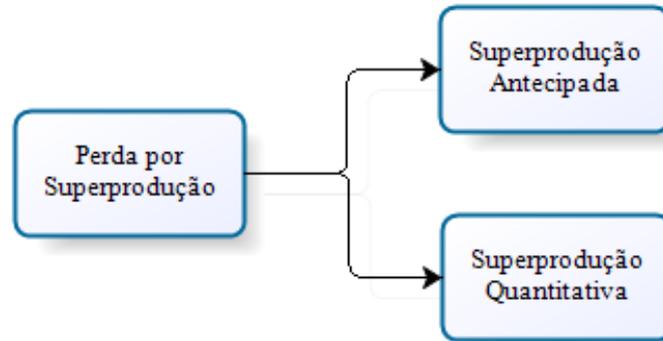
Shingo (1996) cita dois tipos de superprodução, apresentados na figura 4:

- a) Antecipada: consiste em fazer o produto antes que ele seja necessário, incorrendo em produtos parados no estoque, que requerem maior espaço de

armazenamento, aumento de controles, maior utilização de mão-de-obra e maior refugo ou retrabalhos;

- b) Quantitativa: significa fazer mais produto do que o necessário, o que resulta em sobra de produto.

Figura 4 - Tipos de perdas por superprodução



Fonte: Adaptado de Shingo (1996)

Segundo Corrêa e Giansesi (2007), os estoques são mantidos por duas causas principais. A primeira refere-se à eventual dificuldade de coordenação entre a demanda de determinado item e o processo de obtenção deste mesmo item, ou seja, pode ser difícil determinar com precisão o momento exato da produção. Essa dificuldade pode vir do grande número de itens diferentes a serem produzidos ou da complexidade da estrutura dos produtos. A segunda causa é dada pelas incertezas associadas à demanda dos itens a serem fabricados em termos de quantidade, resultando numa quantidade incerta de itens aproveitáveis.

Ballou (2006) comenta que a redução dos desperdícios e um fluxo contínuo devem ser buscados na gestão de produção, pois grandes volumes em estoque não contribuem com qualquer valor direto para a empresa e ainda acabam mascarando diversos problemas. Além disso, enfraquecem a interação entre os canais da cadeia.

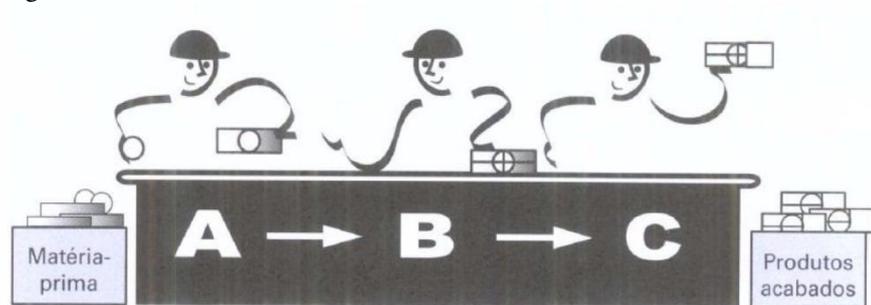
#### ***2.4.4 Os cinco princípios da Produção Enxuta***

Para eliminar esses desperdícios, Womack e Jones (2004) consideram que existem cinco princípios:

- a) Determinar o que é valor para o cliente: o valor deve ser definido a partir das necessidades dos clientes, cabendo ao produtor materializá-las nos produtos. Assim, representa tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar;

- b) Identificar o fluxo de valor: deve-se identificar toda a sequencia de operações, especificando as atividades que agregam e as que não agregam valor no processo produtivo. Significa enxergar todo o fluxo do produto e não as atividades de forma isolada;
- c) Implementar o fluxo contínuo: o fluxo contínuo deve permear todo o processo produtivo, onde as atividades devem fluir, garantindo que uma atividade gere valor para a atividade seguinte na cadeia, fortalecendo assim a relação cliente-fornecedor, seja ela interna ou externa à organização.

Figura 5 - Fluxo contínuo



Fonte: Lean Enterprise Institute (2007)

O fluxo contínuo consiste em produzir e movimentar um item de cada vez e não em lotes, como era pregado na produção em massa, conforme a Figura 5.

- d) Estabelecer a lógica da produção puxada: o sistema de “puxar” a produção significa que, a partir da demanda, sejam produzidos em cada estágio somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento certo, de acordo com a filosofia *just-in-time*;
- e) Buscar a perfeição: A melhoria contínua deve ser sempre buscada, de forma a atingir cada vez mais os anseios do cliente. A empresa nunca deve estar satisfeita com a situação atual. A transparência nos resultados é o ponto fundamental para a busca da perfeição.

#### **2.4.5 Cuidados com a redução de estoques**

Ghinato (2000) explica que o fluxo pleno de produção aconteceria com a eliminação total do estoque em processo. Entretanto, os estoques intermediários devem ser reduzidos de

forma gradativa, como uma forma de identificar outros problemas na produção que antes não eram vistos por estarem escondidos por trás dos estoques.

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2007), o estoque funciona como um investimento necessário quando problemas como os citados na Figura 6 estão presentes no processo produtivo. Reduzir os estoques assemelha-se a baixar o nível da água, tornando visíveis os problemas. À medida que esses problemas vão sendo eliminados, permite-se um fluxo mais suave da produção, sem a necessidade dos estoques.

Figura 6 – Mar de estoques



Fonte: Ferro (2012)

## 2.5 Considerações sobre a utilização do MRP e do Sistema Toyota de Produção

Moreira (2008) compara os conceitos de MRP e de STP e os considera contraditórios. Enquanto o MRP é um sistema empurrado, no qual a programação detalhada de produção para cada peça é usada para empurrar peças, o sistema Toyota puxa as peças para o próximo estágio de produção somente quando elas são necessárias.

Martins e Laugeni (2006) ressaltam que o MRP é um planejamento com foco na elaboração de um plano de suprimento de materiais, e o sistema Toyota dá ênfase na eliminação dos desperdícios. O MRP considera a fábrica de forma estática, praticamente imutável, ao contrário do STP. Esses autores defendem que, na produção repetitiva, o STP fornece os melhores resultados, enquanto o MRP produz melhores resultados em ambientes de fabricação sob encomenda ou em pequenos lotes, para o qual a produção, por natureza, não é repetitiva.

Para Shingo (1996), o MRP é um sistema de gerenciamento que visa a encontrar soluções através de processamento computacional, não estando associado a nenhum tipo de sistema de produção. Para ele, então, o MRP e o sistema Toyota de produção não são comparáveis.

Para Corrêa, Gianesi e Caon (2007), devemos considerar o MRP e o STP como complementares, e não como mutuamente exclusivos. Com esta visão, o uso da sistemática muito simples do STP viria a simplificar a própria utilização do MRP. Peinado (2007) sustenta que, apesar de as filosofias do MRP e do STP parecerem ser fundamentalmente opostas, uma vez que o STP incentiva um sistema de planejamento e controle “puxados”, enquanto o MRP é um sistema “empurrado”, as duas abordagens podem e devem coexistir no mesmo sistema produtivo, desde que suas respectivas vantagens sejam preservadas.

Slack *et al* (2002) defendem que o planejamento MRP visa a garantir que as quantidades suficientes de itens estejam disponíveis no sistema para que possam ser puxadas pelo STP. Assim, a produção é explodida por meio do MRP, para gerar uma programação de fornecedores, a fim de suprir a demanda futura, e as reais necessidades de materiais de fornecedores externos são sinalizadas pelo STP, para facilitar a entrega *just-in-time*.

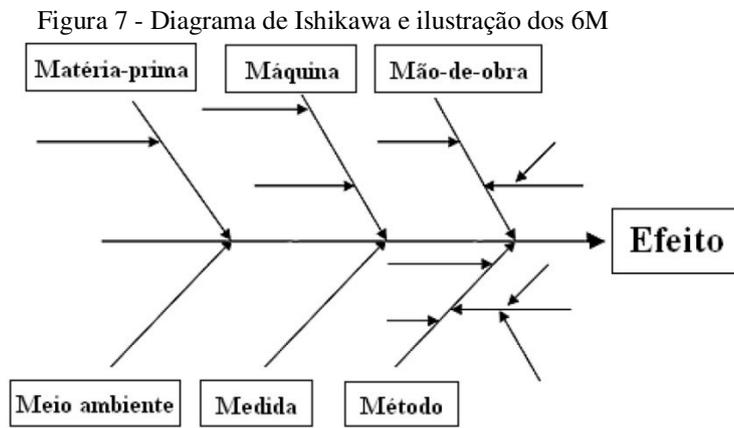
Esse autor ainda cita algumas vantagens da combinação dos dois sistemas: as informações necessárias referentes a roteiros e processos são mais simplificadas; o estoque em processo precisa ser monitorado somente entre os elos e não mais para cada atividade; o planejamento e o controle dos centros de trabalho são simplificados; e principalmente, a redução dos estoques em processo é obtida.

## **2.6 Diagrama de causa e efeito**

Segundo Paladini (2004), o diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, é uma ferramenta de representação gráfica das possíveis causas que levam a um determinado defeito. Esse diagrama é utilizado na análise de problemas, como a estruturação de decisões relativas a situações que devem ser eliminadas.

As possíveis causas, apresentadas no diagrama, representam hipóteses que precisam ser analisadas e testadas, a fim de comprovar a sua veracidade e determinar o grau

de influência ou impacto sobre a situação em análise. Peinado e Graeml (2007) defendem que o diagrama de causa e efeito estimula a participação das pessoas na análise de problemas.



Fonte: Campos (1999)

O número de causas encontradas pode ser dividido em categorias ou famílias de causas. De acordo com Campos (1999), são elas: máquinas, meio-ambiente, medidas, materiais, métodos e mão-de-obra, conforme ilustrado acima na Figura 7.

No entanto, esclarece Paladini (2004), os 6M, como também é conhecido o diagrama, devem ser tomados apenas como referência e não como uma regra a ser seguida, já que, em alguns processos, não existirão necessariamente todos.

## 2.7 Benchmarking

Slack *et al* (2002) asseguram que o benchmarking preocupa-se em ver de que forma está a operação. O *benchmarking* estabelece padrões de desempenho reais e habilita as organizações a pesquisar novas ideias e práticas, para serem copiadas ou adaptadas.

Marshall *et al* (2008) classificam o método *benchmarking* em três categorias:

- a) O *benchmarking* interno: ocorre quando se comparam atividades semelhantes dentro da própria organização, ou seja, a empresa irá buscar suas melhores práticas e compartilhá-las internamente, com as demais unidades;
- b) O *benchmarking* competitivo: acontece quando a comparação é realizada com empresas do mesmo segmento, concorrentes diretas ou não;
- c) O *benchmarking* genérico: envolve a comparação de empresas que atuam em qualquer tipo de indústria ou setor.

### 3 ESTUDO DE CASO

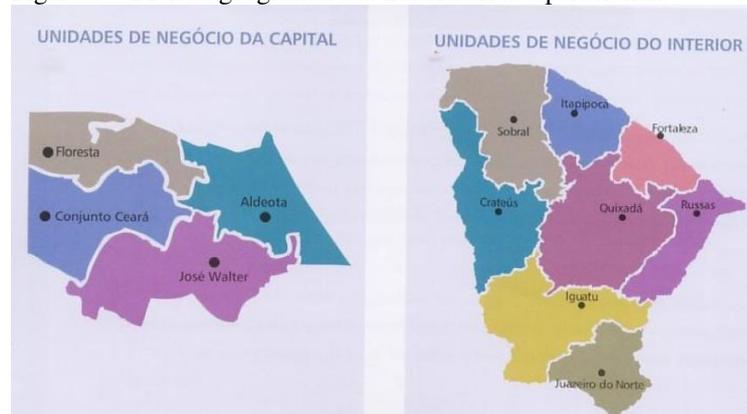
Este trabalho foi realizado em uma empresa pública, que presta serviços de abastecimento de água e tratamento de efluentes, mais especificamente no setor de aferição da qualidade dos produtos distribuídos, água e esgoto tratado. A companhia de saneamento em estudo controla rigorosamente a qualidade da água tratada e distribuída em todo o estado, seguindo a legislação vigente do Ministério da Saúde, a Portaria N° 2914/11. Com relação ao esgoto, segue-se a Resolução 154/02, da Semace.

#### 3.1 Descrição da empresa

Atendendo aproximadamente 270 localidades, a empresa controla a qualidade dos seus produtos utilizando 8 laboratórios de médio porte, 192 de pequeno porte, e um laboratório central de grande porte, com mais de 40 ambientes para análises. São utilizados cerca de 200 tipos diferentes de soluções, envolvendo um total de 120 reagentes como matéria-prima, para a realização de análises laboratoriais físico-químicas, hidrobiológicas e microbiológicas.

A estrutura física da empresa é composta por doze unidades de negócio, sendo oito localizadas no interior do estado, subdivididas por bacia hidrográfica, e as demais, na Região Metropolitana de Fortaleza, conforme a Figura 8. É de responsabilidade das unidades de negócio o relacionamento com os clientes e a realização das atividades-fim da empresa de saneamento.

Figura 8 – Divisão geográfica dos Laboratórios Operacionais



Fonte: Adaptado de Agrela (2007)

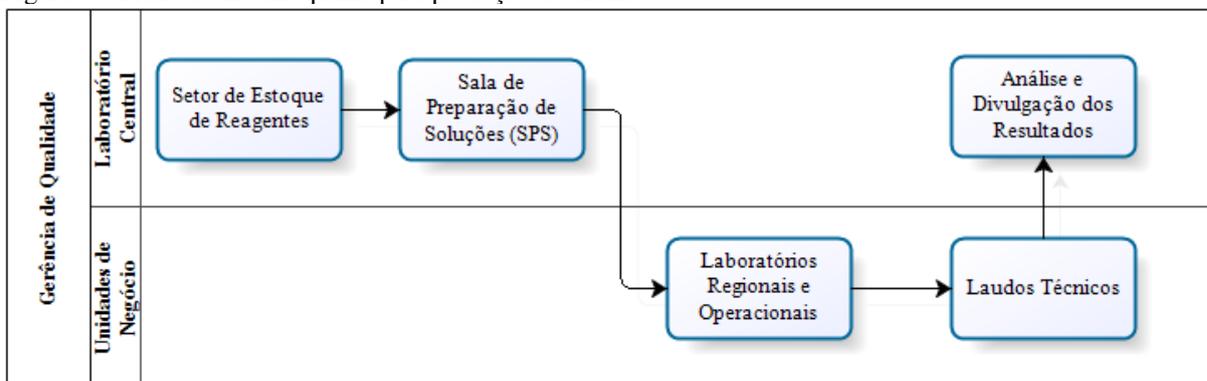
Em Fortaleza (CE), encontra-se a Gerência de Controle da Qualidade de Produto da empresa, que é responsável pelo fluxo de materiais e suprimentos para o correto monitoramento da qualidade da água distribuída e do esgoto tratado. Sua função é gerenciar o fluxo desde a chegada de reagentes, pelo almoxarifado central, a produção e a distribuição de soluções, até as análises, realizadas nos laboratórios operacionais, que são de responsabilidade das unidades de negócio. Nesses laboratórios, é realizado o produto final do fluxo: a análise da água ou do efluente e em seguida os laudos de conformidade. Os resultados são avaliados e publicados pelo laboratório central, também localizado em Fortaleza.

Para a realização das análises laboratoriais, são utilizadas soluções analíticas, que são produzidas exclusivamente no laboratório central, por um único setor, denominado Sala de Preparação de Soluções (SPS). A centralização desse procedimento é uma forma de nivelar a qualidade analítica de todos os laboratórios da empresa e garantir a segurança da população, pois alguns reagentes são controlados pelo Governo Federal.

O laboratório central monitora a qualidade da água produzida e distribuída em todo o estado através dos dados provenientes dos laboratórios regionais e operacionais. É ainda responsável por emitir ordens de compra para o almoxarifado central, através do setor de estoques. A gerência disponibiliza informações relativas ao desempenho das estações de tratamento de água e de esgoto e presta serviço de análises físicas, químicas e microbiológicas de água e de esgoto para instituições governamentais e clientes externos.

### 3.2 Fluxo da matéria-prima na produção de análises

Figura 9 – Fluxo de matéria-prima para produção de análise



Fonte: Autoria própria

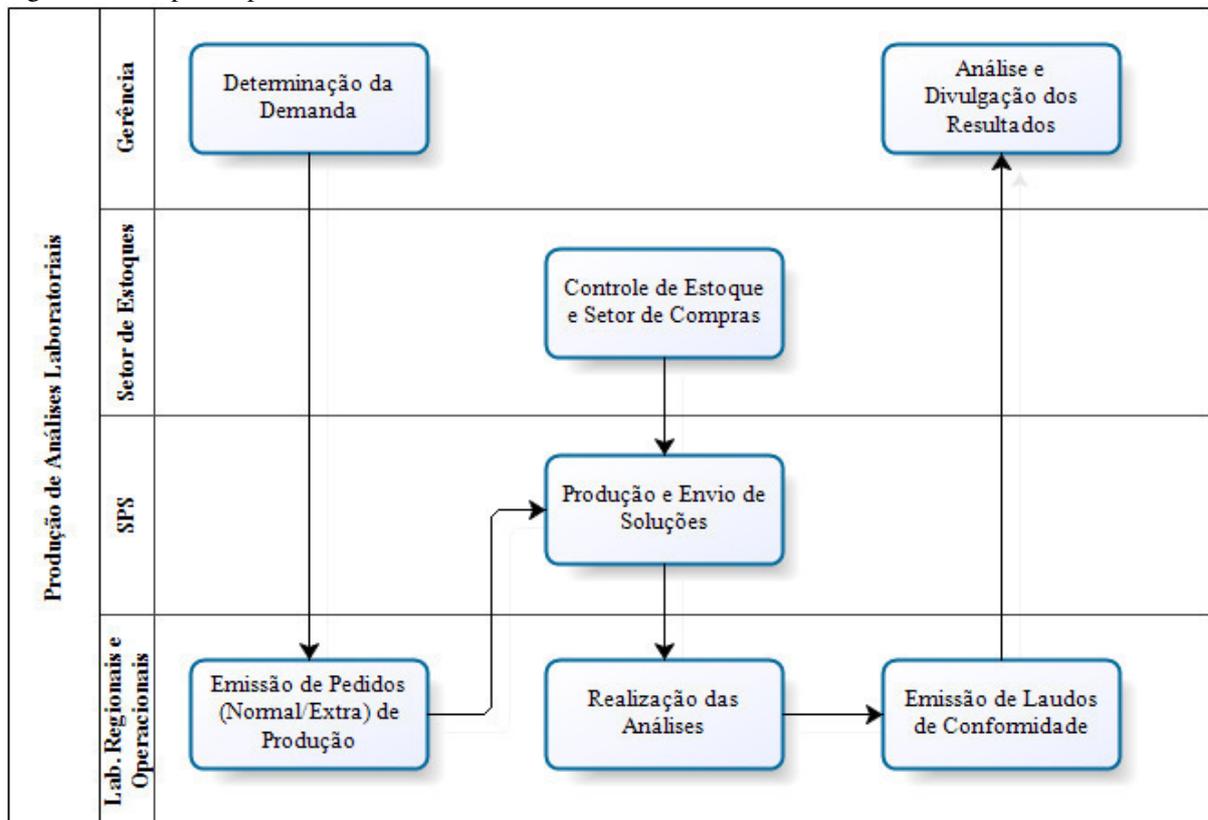
Conforme o fluxo apresentado pela Figura 9, tem-se que os reagentes, inicialmente no setor de estoques, são enviados para a sala de preparação de soluções (SPS). Nessa sala, os reagentes são combinados para que sejam produzidas as soluções que são enviadas para a realização de análises e emissão de laudos técnicos nos laboratórios regionais e operacionais. Em seguida, os resultados são analisados e divulgados pela gerência de qualidade.

Uma observação importante a ser feita é que não é de responsabilidade da gerência de qualidade o fornecimento de matéria-prima para o setor de estoques. Esta tarefa é realizada pelo almoxarifado central da empresa.

### 3.3 Etapas do Processo de Produção Atual

A figura 10 abaixo apresenta as etapas do processo de produção de análises laboratoriais. Todas as etapas serão descritas a seguir.

Figura 10 – Etapas do processo atual



Fonte: Autoria própria

### ***3.3.1 Determinação da demanda***

A demanda de reagentes e soluções é, na maioria dos casos, do tipo dependente, ou seja, sofre influência direta do número de análises realizadas por cada laboratório. A quantidade dessas análises é demandada pelo plano de amostragem anual, estabelecido pela legislação vigente.

Os casos de demanda independente ocorrem quando a quantidade de análises é alterada em função das chuvas ou da ausência delas, ou em virtude de modificações na qualidade e no tipo de manancial. Esse número de análises também pode mudar devido a mudanças na metodologia utilizada na realização da análise. Entretanto, a produção segue, obrigatoriamente, o mínimo da quantidade estipulada pelo plano de amostragem.

O plano de amostragem estabelece o número de análises por parâmetro analítico a ser realizado, bem como sua frequência. Cada análise é calculada de acordo com a população atendida por cada sistema de abastecimento. O cumprimento do plano mede a eficácia dos laboratórios regionais e operacionais, calculada a partir da quantidade de análises realizadas dentro dos prazos estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Essa eficácia é exposta nos relatórios de cumprimento do plano, elaborados pela gerência.

### ***3.3.2 Pedido normal e produção de soluções***

O processo de produção inicia-se quando a Gerência de Controle da Qualidade de Produto elabora um calendário quadrimestral de pedidos de soluções e realização de análises, baseado nos planos de amostragem. O calendário tem o período de quatro meses devido ao curto prazo de validade das soluções, que é em média de seis meses. Esse calendário faz com que os clientes internos se programem a fazer os seus pedidos de soluções para a produção de análises. O pedido é feito à Sala de Preparação de Soluções (SPS). O pedido enviado dentro do prazo estabelecido pelo calendário é chamado de pedido normal.

Na data de pedido de soluções, o laboratório solicitante envia uma lista contendo o nome das análises que serão realizadas no período, juntamente com a quantidade de soluções mantidas em seu estoque e seus respectivos prazos de validade. É enviado também

um cálculo da quantidade de soluções que o laboratório vai demandar a partir do número de análises quadrimestrais determinadas pela gerência.

A SPS recebe o pedido e faz uma validação dos cálculos, ou seja, confere se o que o laboratório está pedindo está de acordo com a quantidade de análises previstas pela gerência no plano de amostragem. Esse cálculo é realizado utilizando o MRP das análises, que calcula o volume de cada solução em função do número de análises. Sobre o valor calculado, é adicionada uma margem de segurança de 20% do volume da solução a ser enviada. A SPS reenvia a lista para a validação do laboratório solicitante.

O cliente interno retifica alguns itens e ratifica outros, prevalecendo a quantidade que o cliente interno enviar depois da validação. Quantidades e soluções consideradas duvidosas são repassadas para a gerência. Esse questionamento em relação às quantidades ou à nomenclatura das soluções pode decorrer dos fatores causadores de demanda independente. Caso persista a dúvida, são realizados contatos com os laboratórios para esclarecimento da produção e envio.

O cliente interno também anota o grau de prioridades no envio de soluções pela SPS. De posse definitiva desses dados, a SPS emite uma ordem de produção, a partir de um banco de dados, para as bancadas de produção de soluções, para posterior envio ao laboratório solicitante. O prazo máximo de envio do pedido normal é de 15 dias.

### ***3.3.3 Pedido extra***

São pedidos feitos fora do prazo estabelecido pelo calendário, emitidos a qualquer tempo e calculados exclusivamente pela unidade solicitante. Geralmente, é formado por poucos itens e sua produção e envio têm caráter de urgência. A existência de grande quantidade de pedidos extras dentro do período influencia negativamente a programação da produção das soluções a serem enviadas dentro do pedido normal.

Os pedidos extras têm o caráter de urgência devido à impossibilidade de interrupção das análises. Os problemas relacionados aos pedidos extras são enfrentados e, algumas vezes, resolvidos pela SPS, que estoca soluções ou realoca soluções - prontas para envio normal - para o envio extra entre os laboratórios.

### ***3.3.4 Envio das Soluções e Realização da Análise***

Com a gradativa finalização do pedido normal, as soluções prontas para envio são acondicionadas em caixas e enviadas pelos carros da companhia, que viajam a cada dois dias do interior a capital. As soluções, depois de prontas, podem demorar no máximo três dias para chegar ao seu destino. Com exceção dos pedidos extras, que, dependendo do grau de urgência, podem chegar até no mesmo dia da sua produção.

Os laboratórios regionais e operacionais recebem as soluções e executam as análises, obedecendo aos prazos determinados pelo calendário. Com os resultados, são gerados laudos de conformidade, que são imediatamente enviados para o laboratório central, através de um sistema informatizado. O laboratório central fica responsável pela análise e divulgação dos laudos.

Todo o fluxo de preparação e produção de soluções e realização de análises é realizado por químicos, técnicos em química e biólogos, que são supervisionados pela gerência da qualidade.

### ***3.3.5 Controle de Estoque e o Setor de Compras***

O fluxo de produção apresentado possui em sua base o setor de estoques de reagentes. Esse setor é responsável pelo armazenamento e controle da matéria-prima e pela solicitação de pedidos de compra ao almoxarifado central da empresa.

A gestão do estoque de reagentes é feita por um funcionário que controla a entrada e a saída de materiais, utilizando a lógica “primeiro que entra, primeiro que sai”, para que sejam mínimas as perdas por validade dos reagentes. As matérias-primas são organizadas nas prateleiras com os nomes e separadas segundo um *layout* em que um reagente não interfere na qualidade do reagente vizinho, o que é necessário para uma boa armazenagem química.

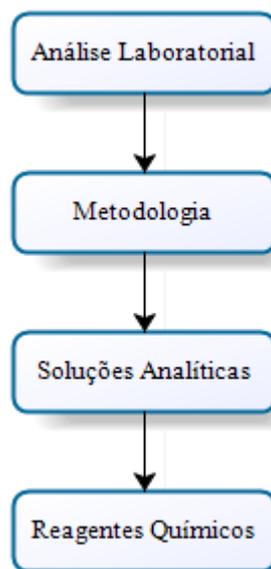
O limite mínimo de estoque de reagentes é determinado pela média aritmética da utilização dos períodos anteriores. Quando algum item atinge esse limite, é emitida uma solicitação de compra para o almoxarifado central, que é responsável pela compra de material

para suprir todo o fluxo. A solicitação é realizada através de um *software* que recebe as informações do setor de estoque em tempo real.

### 3.4 MRP – Determinação do volume e da sequencia de produção

Cada análise laboratorial pode possuir várias metodologias, e cada metodologia determina quais soluções analíticas devem ser produzidas e enviadas para os laboratórios regionais e operacionais, utilizando sempre reagentes químicos como matéria-prima, conforme apresentado abaixo no fluxograma geral de realização de análises (Figura 11).

Figura 11 – Fluxograma geral de Realização de Análises



Fonte: Adaptado de Agrela (2007)

O detalhamento da preparação de soluções e da realização da análise está descrito nos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs). A Gerência de Controle da Qualidade de Produto controla e atualiza os procedimentos operacionais com base na última versão do *Standart Methods*. Dois POPs são utilizados no processo em estudo, um para a realização da análise, e outro para a produção das soluções.

No POP de realização das análises, tem-se quais soluções serão utilizadas e os respectivos volumes necessários para a realização da análise. Esse POP é disponibilizado para todos os laboratórios operacionais. A partir dele é que são calculadas as quantidades utilizadas para validação, na lista de pedido normal.

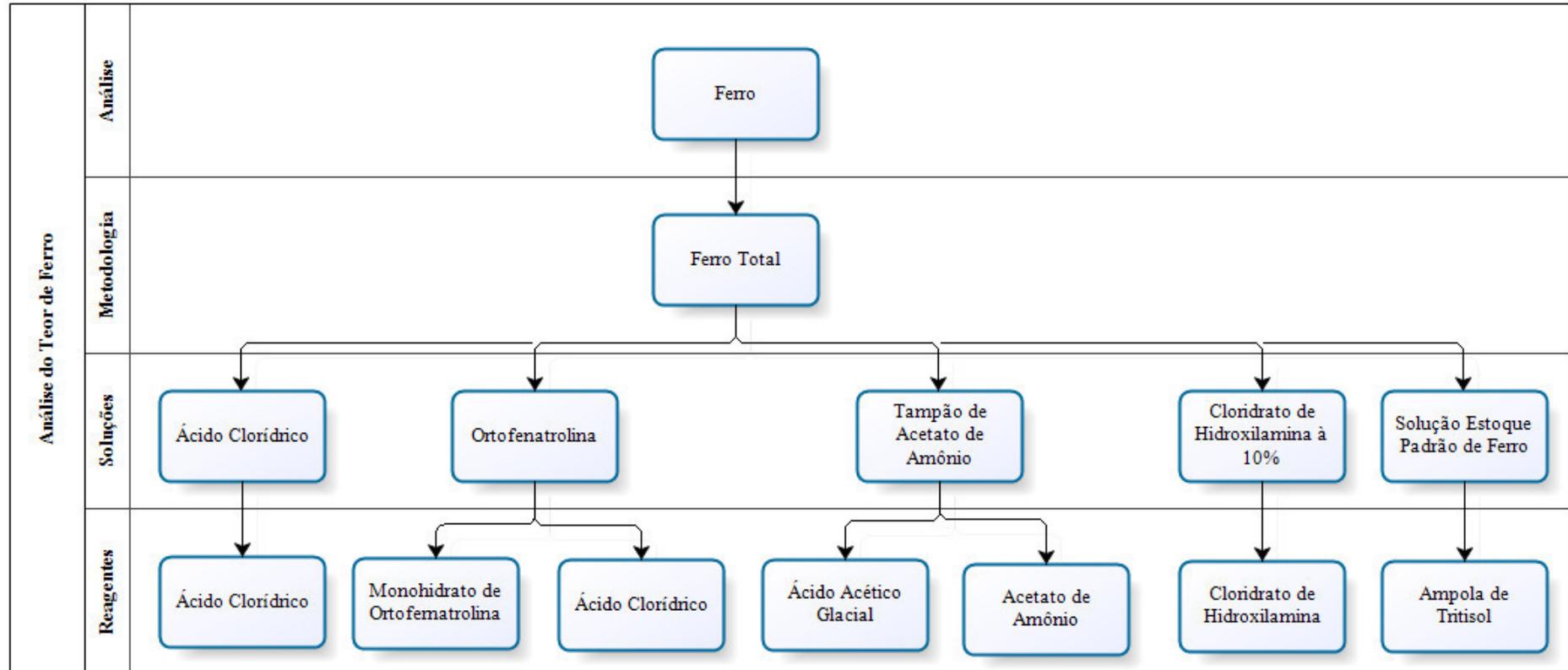
O POP de preparação de soluções informa quais reagentes serão utilizados e suas respectivas quantidades, geralmente em gramas, que servirão para a produção da solução. Esse POP só é disponibilizado para a Sala de Preparação de Soluções.

A partir dos POPs, foram elaboradas planilhas que ajudam no cálculo da quantidade dos insumos utilizados para produzir as análises. Os cálculos de quantidade são obtidos por regra de três simples.

No estudo de caso, são utilizados três MRPs: os dois primeiros são relacionados ao volume e às quantidades de materiais a serem utilizados para produção de soluções analíticas e de análises laboratoriais, a partir dos POPs. O último está relacionado à sequência de operações, a ser desenvolvida entre os elos do fluxo, disponíveis no cronograma de operações em função do tempo.

Na Figura 12, tem-se a explosão de materiais para a produção da análise laboratorial de ferro em águas, que será utilizada para o cálculo da superprodução quantitativa.

Figura 12 – Explosão de materiais para produção de soluções utilizadas na análise do ferro



Fonte: adaptado de Agrela (2007)

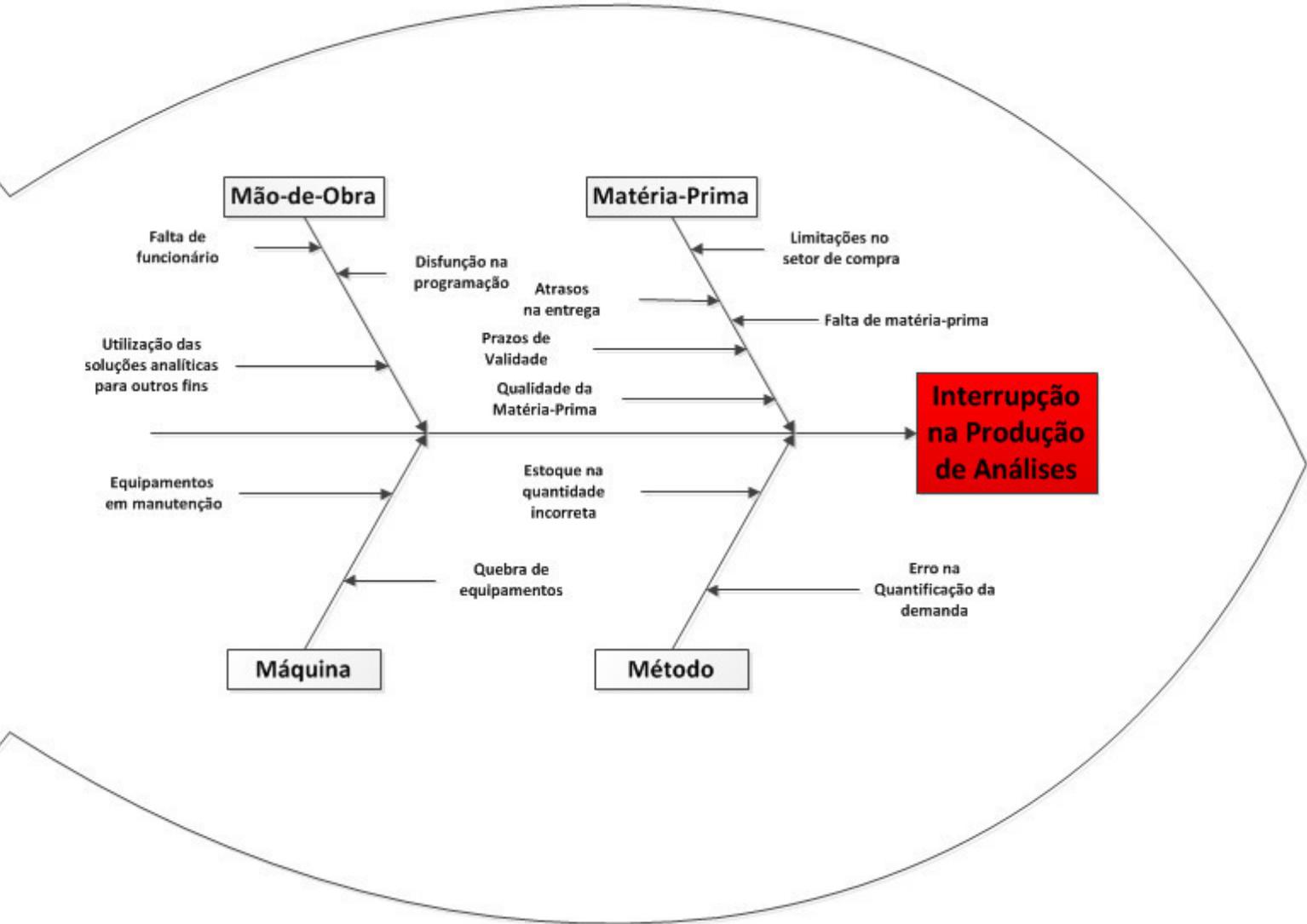
### **3.5 Diagnóstico**

O diagnóstico está dividido em três etapas. Primeiro, é apresentado um diagrama de causa e efeito para as possíveis causas de interrupção da análise química. Em seguida, são relatadas deficiências da gestão do fluxo atual. Por último, são mensurados os desperdícios de matéria-prima relacionados a pedidos urgentes e a quantidades de soluções em estoque entre os clientes internos.

#### ***3.5.1 Etapa I – Diagrama de causa e efeito***

As informações relatadas no diagnóstico foram observadas pelo autor e pela gerência durante o período de estágio do mesmo na gerência de qualidade. O diagrama, apresentado na Figura 13, foi construído, juntamente com a gerência, sendo apontadas as possíveis causas que potencializam a parada na produção do produto final, ou seja, a interrupção da análise laboratorial.

Figura 13 – Diagrama causa e efeito



Fonte: Autoria própria

A partir da análise das quatro causas consideradas no efeito indesejado de interrupção na produção de análise, foi identificado que o problema potencial está relacionado com a matéria-prima, especificamente na sua disponibilidade. A ameaça de interrupções de análises por falta de matéria prima para produção de soluções analíticas faz com que os clientes internos aumentem o número de pedidos extras e o estoque de soluções em processo, o que implica no problema de baixa disponibilidade de reagentes no início do fluxo.

### **3.5.2 Etapa II – Análise do fluxo atual**

#### **3.5.2.1 Deficiências no fornecimento**

Os problemas enfrentados pelo fluxo, inicialmente, estão relacionados ao fornecimento de reagentes químicos devido à existência de uma deficiência nos processos de licitação, executados pelo almoxarifado central da empresa. No histórico de compras, foram relatados inúmeros pedidos de compra não concluídos completamente e outros concluídos com atraso. Essa incerteza, no tempo de chegada e na quantidade dos materiais, impossibilita o setor de estoque de ter um plano eficiente de armazenamento de matérias-primas.

Um *software* é utilizado para o acompanhamento das compras, porém ele não define o estoque mínimo para realização das análises planejadas pelo calendário. Como as quantidades e os tempos de entrega são incertos, o setor de estoques faz aquisição de insumos em quantidades inadequadas, ocorrendo estoques e perdas de validade também dos reagentes.

Esse *software* é disponibilizado apenas para o setor de estoque e para o almoxarifado central. Não é disponibilizado, portanto, para o restante do fluxo, que utiliza o controle por planilhas, que têm a deficiência de não serem atualizadas em tempo real, o que dificulta a discriminação dos reagentes no decorrer do fluxo.

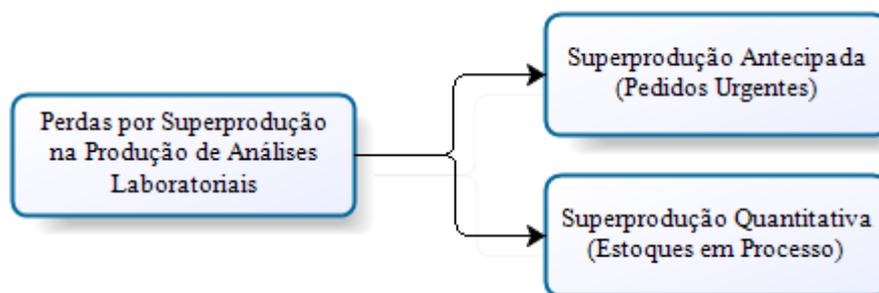
### 3.5.2.2 Deficiências no fluxo

Foi observado que a produção de análises em estudo encontra-se com ausência de fluxo contínuo devido à grande quantidade de estoques em processo entre os clientes internos, ocasionando baixa eficiência em virtude de perdas relacionadas ao desperdício de soluções. Esse desperdício, ocasionado pela formação de estoques entre os elos, aumenta a utilização de reagentes para a produção de soluções, reduzindo a disponibilidade de matéria-prima para o restante do fluxo.

Todas as análises são cumpridas dentro do prazo estabelecido pela gerência, obedecendo ao calendário. Entretanto, o mesmo calendário não se encontra visível a todos os elos do fluxo, dificultando a programação dos agentes em relação à produção e ao envio dentro do prazo do pedido normal. A disponibilização da programação, de forma clara e simples, para o fluxo, poderia trazer credibilidade entre os clientes internos, que atualmente utilizam de quantidades mal dimensionadas de soluções em estoque em processo para que as análises não parem.

A dificuldade na programação da produção em todos os agentes do fluxo e no cumprimento da legislação com eficácia acarreta em dois tipos de desperdícios por superprodução: a superprodução antecipada, com a produção e o envio das soluções antes que elas sejam necessárias para a execução da análise, e a superprodução quantitativa, com o envio acima da quantidade calculada no planejamento, implicando na formação de estoques (Figura 14).

Figura 14 – Perdas por superprodução para o estudo de caso



Fonte: Autoria própria

A superprodução antecipada é verificada, no estudo de caso, a partir da grande quantidade de pedidos urgentes enviados para os clientes internos. Já a superprodução quantitativa aparece no decorrer do fluxo no formato de soluções estacionadas em processo.

Devido à inexistência de controle dos reagentes em todo o fluxo e aos desperdícios de matéria-prima relacionados à superprodução de soluções, a gerência tem dificuldade de mensurar a quantidade de análises que podem ser realizadas para uma demanda não planejada, como análises particulares ou governamentais. Ou seja, a gerência não possui a medida da capacidade de produção de demanda independente.

### 3.5.3 Etapa III – Desperdícios relacionados à superprodução

A ausência de uma conexão transparente dentro do fluxo faz com que os clientes internos produzam não utilizando uma programação de atividades. Ou seja, cada integrante está preocupado apenas em estocar e realizar as análises dentro do prazo, sem pensar no fluxo. Essa postura promove o desperdício de superprodução, mensurado neste estudo pelo número de solicitações urgentes e pela quantidade de soluções em processo para uma análise laboratorial. Essa medida está calculada em valores monetários.

#### 3.5.3.1 Quantidade de Pedidos Urgentes

Com auxílio de consultas ao banco de dados dos pedidos de soluções analíticas, foram levantadas informações sobre todos os pedidos realizados em 2010. Observa-se, na tabela 1, que os pedidos extras representam 67% dos pedidos atendidos durante o ano. Essa informação mostra a dificuldade dos elos em cumprir sua programação de produção em função do tempo para a realização das análises laboratoriais

Tabela 1 – Comparativo entre pedidos Normal e Extra

Pedidos de caráter Normal atendidos em 2010	80	33%
Pedidos de caráter Extra atendidos em 2010	165	67%
Total de Pedidos atendidos em 2010	245	100%

Fonte: Autoria própria

Duas são as causas do pedido extra. Primeiro, em menor número, a influência da demanda independente nas análises, que aumenta a quantidade de soluções produzidas, uma

vez que representa demandas de serviços de análise não previstos. Esse aumento na quantidade de análises é antecipadamente calculado pelo pedido normal, porém é enviado pelo pedido extra, pois a gerência informa com antecedência para a SPS e para o setor de estoques esse aumento no número de análises, a fim de que sejam verificadas as quantidades existentes no estoque de reagentes e emitidas as ordens de compra.

A segunda causa é a que gera maior ocorrência de pedidos extras: envolve a solicitação de soluções em quantidades maiores que a prevista no MRP de análises. Os laboratórios fazem pedidos extras a fim de minimizar o risco de perder o prazo das análises, ou seja, a eficácia do fluxo. Os pedidos de soluções analíticas em excesso, geralmente detectados pela SPS na validação, fazem com que os laboratórios fiquem com altos estoques em processo, o que aumenta o desperdício relacionado à superprodução.

A sobrecarga de pedidos extras faz com que a SPS interrompa a sua produção de soluções relacionadas aos pedidos normais para atender as urgências, gerando problemas de programação na produção. Em casos de falta de matéria-prima, a urgência é repassada para o setor de estoque, que faz solicitações de compras emergenciais com custo acima do normal, para que seja produzida a solução e realizada a análise pelo laboratório solicitante.

Caso a matéria prima não chegue a tempo para a produção da solução pedida com urgência, a SPS faz um contato com algum laboratório operacional que tenha essa solução estocada e não a esteja utilizando. Se o laboratório puder enviar a solução, a SPS então recebe e repassa a solução para a unidade solicitante, para que a análise seja realizada dentro do prazo. Nessa realocação de soluções entre laboratórios, não são levados em consideração os custos de transferência de soluções, como o de transporte.

Em resumo, a análise da gestão atual mostra uma não credibilidade entre os clientes do fluxo, ocasionando a falta de programação na produção e a formação de elevados estoques em processo de soluções, o que gera baixa disponibilidade de matéria-prima. O fluxo se mostra eficaz, pois todas as análises são realizadas conforme o programado, porém, não se apresenta eficiente.

### *3.5.3.2 Cálculo do Custo de Matéria-Prima Existente no Fluxo*

Para mensurar o desperdício dentro do fluxo de produção de análises, foi utilizado o custo de matéria prima para análise de ferro em águas. Esse parâmetro foi escolhido por ser a análise de maior representatividade em termos financeiros, considerando que um de seus componentes analíticos possui o reagente químico de maior valor monetário e que tem também o maior tempo para compor o estoque, por ser importado.

Foram avaliados apenas os custos de material direto da análise de ferro pela metodologia de ferro total, não sendo considerados outros custos, como custos logísticos, custos de mão-de-obra direta e outros custos relevantes. O cálculo do custo tem o propósito de deixar evidente a existência de grandes quantidades em estoque no decorrer do fluxo.

A partir dos dados coletados, durante o período de um ano, chegou-se ao comparativo entre a produção atual, que é composta por soluções enviadas para os clientes internos para realização das análises, e a produção proposta pelo planejamento através da gerência, a partir do plano de amostragem e de suas demandas independentes (Tabela 2). Devido à confiabilidade dos dados, os cálculos foram realizados apenas para seis laboratórios regionais.

Tabela 2 – Comparativo entre a produção atual e teórica

	Lab 01	Lab 02	Lab 03	Lab 04	Lab 05	Lab 06	Total	( $\Delta\%$ )
Produção Teórica (R\$/ano)	101,73	107,04	159,27	145,71	267,36	508,76	1.289,87	32,0%
Produção Atual (R\$/ano)	692,45	217,10	507,76	161,69	461,54	1.992,99	4.033,53	100,0%

Fonte: Autoria própria

O cálculo da produção atual foi realizado utilizando a quantidade de soluções analíticas enviadas para os laboratórios operacionais durante um ano, observada nas ordens de produção emitidas pela SPS. A partir das quantidades oriundas dos MRPs de análises e de soluções, juntamente com o custo de cada reagente, pode-se chegar ao valor financeiro gasto na análise de ferro em águas. A produção teórica foi calculada com os mesmos MRPs e custos, mas com as quantidades de soluções propostas pela gerência no planejamento adicionadas de 20% do valor calculado para envio, valor aumentado para suprir eventuais perdas de distribuição.

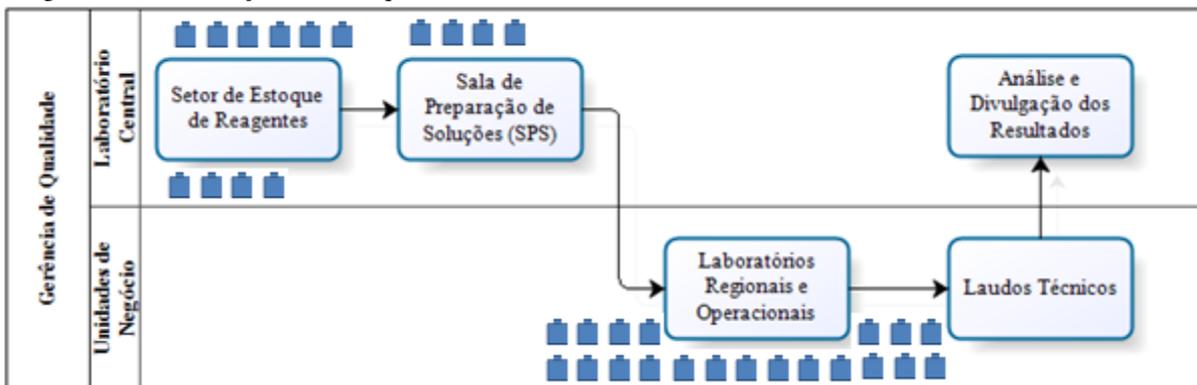
O resultado mostra que a produção de análises químicas possui grande quantidade de estoques em processo, o que reduz a disponibilidade de matéria-prima, em virtude de os reagentes estarem diluídos no formato de soluções e dispersos pelo fluxo.

A Tabela 2 mostra ainda um indicador, o percentual que retrata que o fluxo possui uma grande capacidade disponível de quantidades de reagentes para produção de análises não

planejadas, pois apenas 32% dos reagentes disponíveis estão alocados no planejado pelo calendário. A capacidade disponível para análises não planejadas encontra-se escondida por trás das grandes quantidades de soluções em estoque no fluxo.

Após a realização desse diagnóstico, verificou-se que, por trás da eficácia dos laboratórios, que cumprem as análises dentro do prazo, existe uma significativa quantidade de soluções em processo, estocadas nos laboratórios regionais e operacionais (Figura 15). Isso resulta em baixa eficiência do fluxo devido ao desperdício de reagentes.

Figura 15 – Localização dos Estoques em Processo



Fonte: Autoria própria

### 3.6 Propostas de melhoria para gestão do fluxo e redução de desperdícios

As propostas de melhoria foram definidas a partir do que foi apresentado e diagnosticado no estudo de caso. Para alcançar os objetivos apresentados no início do trabalho, foram introduzidos conceitos de engenharia de produção e de redução de desperdícios. Esses conceitos foram apresentados para a gerência e para os clientes internos do fluxo de produção de análises, de modo a que o trabalho fosse entendido e incentivado por todos os participantes.

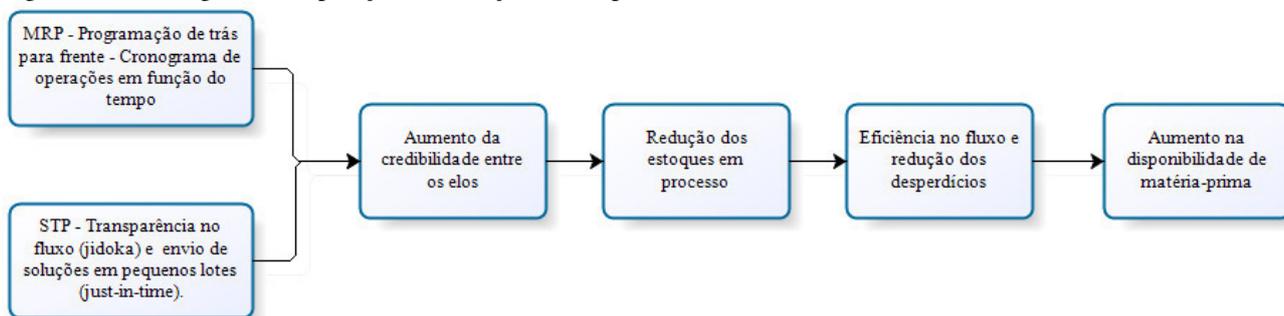
Não serão propostas melhorias para as deficiências no fornecimento de matéria-prima entre o setor de estoques e o almoxarifado central. Os problemas relativos ao fornecimento foram mencionados apenas para evidenciar a problemática enfrentada pelo fluxo com relação à ausência de matéria-prima.

O conceito de programação para trás, que é a lógica utilizada pelo MRP, é utilizada no fluxo a partir de um cronograma de operações para realização de análises

laboratoriais em função do tempo. O gerenciamento visual, juntamente com a ideia de redução de desperdícios praticados pelo sistema Toyota de produção, proporciona credibilidade entre os agentes do fluxo para que os mesmos possam identificar seus desperdícios e reduzir os estoques de soluções em processo. Essa atitude gera eficiência e promove um aumento na disponibilidade de matéria-prima para produção de maior quantidade de análises laboratoriais. Ou seja, permite que a empresa não se limite apenas às quantidades de análises previstas pelo calendário.

As propostas de melhorias foram formadas de acordo com o fluxo da Figura 16:

Figura 16 – Cronograma de operações em função do tempo



Fonte: Autoria própria

### 3.6.1 Planejamento da Produção-Programação para trás – Cronograma de operações em função do tempo

Na cadeia de produção de análises em estudo, o planejamento da produção é estabelecido pela gerência de qualidade a partir da determinação da demanda dependente, designada através do plano de amostragem estabelecido pelo órgão regulador.

Na proposta sugerida, a programação seria estabelecida por um cronograma de operações em função do tempo (Quadro1), baseado na lógica de programação para trás, MRP de operações. A partir da data de divulgação dos resultados das análises, disponibilizada pelo calendário, têm-se os prazos de cumprimento para cada operação a ser realizada pelos elos do fluxo. A disponibilização deste cronograma de operações em função do tempo estaria disponível para todo o fluxo e traria uma programação de operações para cada agente.

Quadro 1– Cronograma de operações em função do tempo

Setor	Operação	Tempo em semanas					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gerência	Divulgar resultados						
Laboratórios	Analisa água ou efluente						
SPS	Enviar soluções						
SPS	Produzir soluções						
Estoque	Disponibilizar reagentes						

Fonte: Autoria própria

Assim, defende-se a disseminação do cronograma de operações para cada membro do fluxo de produção de análises, de modo que cada elo enxergue claramente as suas demandas e as demandas do fluxo. O mesmo pode ser ampliado para um *software* relacionado a projetos, como o *Microsoft Project*.

A gestão visual deixa claro o que é considerado normal ou anormal na produção. Com esse controle, quaisquer produtos ou processos com defeitos são obrigados a aparecer visualmente, porque a transparência faz com que o progresso do trabalho real comparado ao planejado seja sempre tornado visível para todos os funcionários, desde a alta gerência até o operário do fluxo.

A partir do cronograma de operações em função do tempo, são gerados dois instrumentos de controle, a ser examinados pela gestão à vista, dessa vez, utilizados somente pela gerência de qualidade: são os acompanhamentos de custos entre os laboratórios e os acompanhamentos de reagentes no setor de estoques. Esses acompanhamentos controlam e complementam a gestão interna do fluxo, para que o cronograma de operações em função do tempo seja obedecido sem que ocorram interrupções na produção:

- a) Acompanhamento de custos unitários de análises entre os clientes internos, que gera o *benchmarking* interno entre os laboratórios do fluxo;
- b) Acompanhamento dos insumos entre os laboratórios, que permite à gerência ter o cálculo da capacidade de produção de análises a partir da matéria-prima.

### 3.6.1.1 Acompanhamento dos custos unitários entre os clientes internos – *Benchmarking* interno

O custo unitário de análises permite comparações sobre desempenho e qualidade nos processos entre os laboratórios regionais e operacionais, conforme ilustrado no Quadro 2. Vale ressaltar que os valores financeiros do Quadro 2 apresentam caráter fictício.

A gerência passaria a ter um índice quantitativo para comparar os laboratórios regionais e operacionais. Esse indicador nunca existiu, pois os valores volumétricos ou relacionados ao peso dos reagentes ficam muito complexos de serem mensurados e acompanhados, devido ao fato de os laboratórios possuírem diferentes quantidades de produção. A melhor forma observada para gerar o comparativo entre os laboratórios regionais e operacionais foi a comparação financeira relacionada ao custo de matéria-prima, apresentada como custo unitário da análise.

Na medida em que são realizadas comparações entre os laboratórios, pode ser sinalizada uma oportunidade de melhoria a ser explorada. Como no exemplo mostrado no Quadro 2, tem-se que os valores financeiros, na maior parte, correspondem ao esperado pela média e pelos procedimentos operacionais (POPs). O cálculo da média apresentada diz que o processo está custando valores monetários dentro dos padrões, contudo, a média não é um valor confiável, uma vez que podemos ver laboratórios com valores de custo distantes da média.

Os valores em cor amarela no quadro mostram qual laboratório teve o custo unitário acima da média entre os laboratórios e, principalmente, acima do cálculo realizado pelos procedimentos operacionais. A coluna que possui o quadro de cor vermelha aponta qual laboratório possui mais quantidade de análises com os custos acima da média e do proposto pelos POPs.

Quadro 2 – Custo unitário de cada análise por laboratório

	Lab 01	Lab 02	Lab 03	Lab 04	Lab 05	Lab 06	Média	POP
Custo Unitário da Análise A	5,00	7,00	5,00	6,00	10,00	6,00	6,50	5,00
Custo Unitário da Análise B	39,00	30,00	32,00	32,00	30,00	32,00	32,50	30,00
Custo Unitário da Análise C	10,00	12,00	12,00	12,00	16,00	10,00	12,00	10,00

Fonte: Autoria própria

Com o cálculo do custo unitário da análise para cada laboratório, a gerência pode saber qual laboratório e qual análise devem ser atacados primeiro, neste caso, o laboratório número cinco (Lab 05).

Com esses valores, também é possível fazer uma distribuição de custos entre os clientes internos envolvidos com a aquisição de reagentes químicos, pois hoje esses custos são totalmente absorvidos pelo laboratório central.

O cálculo do custo unitário é realizado utilizando a planilha de custos por reagentes e análises. Essa planilha é composta pelas quantidades de soluções e reagentes apontadas nos POPs de solução e de análises e pelos custos de reagentes devidamente atualizados pelo almoxarifado central.

No Quadro 3, tem-se a planilha que contém os valores da quantidade de matéria-prima devida para cada solução analítica utilizada na produção de análise de ferro em águas, disponíveis nos procedimentos operacionais (POPs).

Quadro 3 – Planilha de MRP para análises e soluções

Análise	Soluções	Volume	Reagentes	VOL. preparável de solução (mL)	QUANT. reagentes para o volume padrão(g) ou (ml)	QUANT. Reagentes necessária para x amostras (g) ou (ml)
Ferro em Águas	Cloridrato de Hidroxilamina à 10%		Cloridrato de Hidroxilamina PA	100,00	10,00	0,0000
	Solução tampão de acetato de amônio		Acetato de Amônio PA	1000,00	250,00	0,0000
			Ácido Acético Glacial PA		700,00	0,0000
			Ortofenantrolina		500,00	0,50
	Ácido Clorídrico PA	0,50	0,0000			
	Estoque de Ferro		Ampola de Tritisol (Merck)	1000,00	1,00	0,0000
Ác. Clorídrico P.A		Ácido Clorídrico PA	1000,00	1000,00	0,0000	

Fonte: Autoria própria

### 3.6.1.2 Acompanhamento dos insumos entre os clientes internos – Capacidade de produção

O acompanhamento dos insumos entre os clientes internos tem dois objetivos: um primeiro, relacionado ao fornecimento do fluxo, para que o setor de estoques tenha um estoque mínimo necessário para o cumprimento das análises exigidas pelo Ministério da Saúde; o outro, relativo ao plano estratégico de produção, de modo a elevar a quantidade de análises não planejadas pela gerência de qualidade, que podem ser realizadas pelo fluxo.

A melhoria no fornecimento do fluxo possibilita ao setor de estoques saber o momento exato para as emissões de ordens de compra, que deve levar em conta o tempo utilizado pelo almoxarifado central e pelos fornecedores para entregarem o reagente. Assim, a disponibilidade dos reagentes recebe uma influência significativa das deficiências no fornecimento.

O acompanhamento entre os clientes internos tem fundamental importância para a redução de perdas e o aumento da capacidade disponível de produção de análises (a capacidade calculada neste trabalho refere-se apenas às quantidades de matéria-prima, não

levando em consideração a capacidade de mão-de-obra ou de equipamentos e de tempo). Com esse cálculo, a gerência pode saber quantas análises, providas de demanda independente, podem ser realizadas, sem alterar a quantidade de matéria-prima a ser utilizada para cumprir o que foi planejado.

A Figura 17 exemplifica um simples acompanhamento fictício de três reagentes que compõe uma análise química qualquer. No primeiro nível, têm-se as quantidades que serão utilizadas para realizar a análise, demanda dependente, valor fixo proposto pela gerência no calendário quadrimestral, e calculado antecipadamente para que o setor de estoques atenda a demanda, chamado estoque mínimo para o planejado pelo calendário.

No segundo e terceiro nível, tem-se a quantidade de reagentes que podem realizar análises não planejadas, relacionadas à demanda independente. Essa quantidade também simboliza o estoque de segurança de análises e de reagentes dentro do fluxo para as quantidades fixadas pelo calendário.

Figura 17 – Controle de matéria-prima

			Quantidades de MP 1 e MP 3 disponível para realizar outras análises
			Quantidades de MP disponível para realizar análises não planejadas
			Quantidades de MP disponível para cumprir a quantidade de análises planejadas pelo calendário
MP 1	MP 2	MP 3	

Fonte: Autoria própria

A existência dos níveis 2 e 3 é necessária para que essas quantidades possam suprir eventuais perdas de análises ou reagentes inseridos no calendário. Entretanto, a eficiência a ser estabelecida com a redução dos desperdícios no fluxo faz com que esse estoque de segurança para análises químicas fique ocioso, podendo ocorrer perdas de reagentes devido ao prazo de validade. Tem-se, então, uma potencial possibilidade da disponibilização de matéria-prima para análises particulares, demanda independente.

Uma dificuldade apontada para a integração entre os MRPs de quantidades de análises e de soluções para o cálculo da capacidade produtiva de reagentes, é que muitos reagentes fazem parte de diversas soluções, que atendem a mais de uma análise. Existe reagente que faz parte de oito a dez tipos diferentes de soluções analíticas, por exemplo. Observa-se, então, a importância da integração dos sistemas de produção e de distribuição de soluções, que são realizados por planilhas, com o setor de estoques, que já dispõe de um software. Este, porém, apenas está disponível para o almoxarifado central. Assim, na verdade, a gerência tem o cálculo de uma pseudocapacidade da quantidade de produção de análises que podem ser realizadas após o cumprimento do planejado.

### ***3.6.2 Sistema Toyota de Produção - Transparência e Pequenos lotes***

Serão utilizados os conceitos de STP relacionados à redução de desperdícios, para que o fluxo exista e permaneça contínuo, que são a gestão transparente e a produção em pequenos lotes.

#### ***3.6.2.1 Transparência***

Com o fluxo fundamentado no cronograma de operações, este passa a ser o dispositivo de controle visual de programação e controle da produção, atualizado e disponibilizado para todos os participantes do fluxo.

Com esse gerenciamento, obtém-se maior credibilidade entre os clientes internos, fazendo com que, aos poucos, os elos reduzam seus estoques em processo, motivando redução dos desperdícios relacionados à quebra de programação da produção, aos pedidos urgentes e aos estoques em processo, e aumentando a disponibilidade de matéria-prima. Através desse gerenciamento visual, tem-se uma explanação do fluxo de operações em função do tempo, MRP de operações, para todos os participantes da produção.

A transparência dentro de um fluxo de produção possibilita que seus pontos fracos sejam facilmente identificados e melhorados por todos os colaboradores. Todas as operações precisam estar sincronizadas para ocorrer a eficiência da produção.

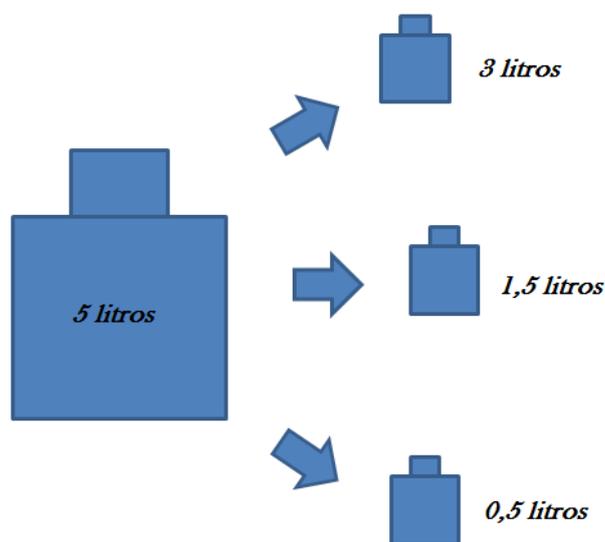
### 3.6.2.2 Pequenos Lotes

A produção em pequenos lotes dentro do fluxo sofre determinadas adaptações, pois, para a Sala de Preparação de Soluções, não é vantajoso que as soluções analíticas sejam produzidas em pequena escala, como é defendido pelo STP, em virtude de fatores relacionados a recursos como mão-de-obra ou tamanho dos reservatórios de produção e, principalmente, tempo de produção.

O tempo de produção é um fator determinante para não utilizarmos a produção em pequenos lotes, pois, para produzir quaisquer quantidades de solução, o tempo de produção é constante. Assim, neste caso, devemos ter apenas a distribuição no formato do sistema Toyota.

Desse modo, as soluções analíticas seriam manufaturadas em larga escala e distribuídas em pequena escala entre os laboratórios operacionais, conforme a Figura 18. A SPS sincronizaria, utilizando um software como o *Microsoft Project*, as datas de produção e de distribuição das soluções entre os laboratórios operacionais, para que a produção seja concentrada seguindo rigorosamente as quantidades dos MRPs e obedeça ao cronograma com a finalidade de manter o fluxo.

Figura 18 - Distribuição em pequenos lotes



Fonte: Autoria própria

### 3.6.3 Cuidados com a redução de estoques intermediários

Reduzir os estoques assemelha-se a baixar o nível da água, tornando visíveis os problemas. À medida que esses problemas vão sendo eliminados, obtém-se um fluxo mais suave da produção, sem a necessidade dos estoques.

Assim, a redução de estoques em processo no fluxo de produção de análises deve ocorrer gradativamente, pois, no início da aplicação pela empresa das propostas de melhoria, tornam-se visíveis os problemas mais críticos relacionados à produção, ou seja, aqueles problemas que sempre existiram e que requerem maior volume de estoques para não aparecerem. À medida que esses problemas e oportunidade de melhoria forem controlados, conseguem-se um menor estoque em processo e um fluxo permanente, contínuo.

Portanto, a gerência e os clientes internos, que acompanham visualmente o fluxo, podem se antecipar diante dos problemas relacionados à redução dos estoques em processo, fazendo com que o sistema produtivo alcance melhorias de qualidade e de confiabilidade no decorrer da produção de análises.

Abaixo, temos um quadro comparativo entre a situação atual e as respectivas propostas de melhoria (Quadro 4).

Quadro 4 - Comparação entre a situação atual e as propostas de melhoria

Situação Atual	Proposta de Melhoria
Disfunção na programação da produção	MRP - Cronograma de Operações em função do tempo
Inexistência de comparativo entre os laboratórios	Acompanhamento de custos - <i>benchmarking</i> interno
Inexistência do cálculo na quantidade de produção de análises não planejadas	Acompanhamento de reagentes - Cálculo da capacidade de MP para produção de análises
Baixa credibilidade entre os elos do fluxo	Transparência - Gestão à vista
Envio de soluções analíticas em grandes quantidades	Produção em grande escala e distribuição em pequenos lotes

Fonte: Autoria própria

## 4 CONCLUSÃO

Este capítulo tem como finalidade apresentar a avaliação dos resultados alcançados ao final deste trabalho. São sugeridas também recomendações para trabalhos futuros.

Este trabalho mostrou um sistema de produção de análises químicas do setor de qualidade de uma empresa de saneamento. Foi apresentado o fluxo de produção e, no diagnóstico, foram evidenciadas as suas deficiências. Em seguida, foram mensurados os valores relativos aos desperdícios de superprodução, a partir do cálculo da quantidade de pedidos urgentes, da superprodução antecipada e do cálculo do custo anual de matéria-prima para a análise do ferro.

A seguir, foram propostas melhorias com relação à programação de atividades, com a adoção do cronograma de operações em função do tempo, de modo a trazer transparência aos clientes internos, para que estes possam reduzir seus estoques em processo, aumentando a eficiência e a disponibilidade de matéria-prima.

Com o cronograma, dois acompanhamentos são gerados, um para comparativo de custos por análise entre os laboratórios, que serve como um *benchmarking* interno, e o outro referente à quantidade de recursos no setor de estoque, para o cumprimento do calendário anual e auxílio na tomada de decisão da gerência quanto à aceitação de demandas independentes para realização de análises laboratoriais.

A transparência aparece no estudo como forma de divulgar o cronograma e promover credibilidade e sincronia entre os clientes internos, mantendo o fluxo contínuo e reduzindo os desperdícios. Com a distribuição em pequenos lotes, as soluções passam a ser enviadas nas quantidades estipuladas pelo POP, obedecendo aos prazos estabelecidos pelo cronograma de operações.

Através do exposto, pode-se concluir que os objetivos esperados pelo trabalho foram alcançados: foi possível conhecer o fluxo de produção em estudo e foram propostas melhorias ao fluxo, algumas das quais já estão sendo praticadas pela gerência.

Os benefícios obtidos pelas propostas de melhorias trazem ganhos não somente ao fluxo de produção, mas a toda a população abastecida por esta empresa de saneamento.

#### **4.1 Recomendações para trabalhos futuros**

A partir das considerações deste trabalho, a empresa pode aumentar o estudo do fluxo com o cálculo do tempo de produção das soluções e análises, por meio da análise de tempos e métodos, para que a produção seja sincronizada. Assim, pode-se mensurar a capacidade produtiva relacionada à mão-de-obra. Caso a empresa queira realizar alguma demanda independente, análise fora da programação da gerência e do plano de amostragem, ela pode mensurar o impacto gerado em cima de seus recursos de mão-de-obra. Assim, a empresa pode obter dados para a tomada de decisão de produção não programada, sem fugir do programado inicialmente pela gerência com base nas exigências do Ministério da Saúde.

Implantados os conceitos do sistema Toyota de produção no fluxo, é possível combater as deficiências de fornecimento. Tem-se ainda a seleção criteriosa de seus fornecedores, para possibilitar uma completa redução de estoque. Ballou (2006) considera que uma integração entre o cliente e o fornecedor deve ser utilizada para a obtenção do melhor desempenho do fluxo. Desse modo, com todo o fluxo e o almoxarifado central integrados nos conceitos STP, pode-se conseguir uma completa eliminação dos desperdícios.

## REFERÊNCIAS

- AGRELA, M.R.S. **Análise e proposta de melhoria para os processos logísticos de suprimentos dos laboratórios de uma empresa de saneamento.** Fortaleza: Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, 2007.
- ANTUNES JR, J.A; RODRIGUES, L. H. **Teoria das restrições como balizadora das ações visando à troca rápida de ferramentas.** Revista Produção. Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 3, n. 2, p. 73-85, 1993.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial.**PortoAlegre: Bookman, 2006.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** Minas Gerais; INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 1999.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just In Time, MRP II e OPT – um enfoque estratégico.** São Paulo: Atlas: 2007.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação; base para SAP, oracle applications e outros softwares integrados de gestão.**5. ed. São Paulo: Atlas: 2007.
- FERRO, J.R. **Lean Enterprise Institute (2007).** Disponível em: <http://www.lean.org.br/>. Acesso em: 25 de março de 2012.
- GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações.** Recife: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, 2000.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção – mais do que simplesmente just-in-time – Automação e Zero Defeitos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia. UFRGS. Caxias do Sul: Educs, 1996.
- GRAMIGNA, WAGNER. **Planejamento agregado de produção em uma empresa do setor alimentício: um estudo de caso.** XXI encontro Nacional de engenharia de Produção, Curitiba-PR, 23 a 25 de outubro de 2002.
- HALL, Robert W. **Excelência na Manufatura.** Tradução: Cecília FagnaniLucca e Feres SabbagNeto.SãoPaulo:IMAM, 1988.
- MARSHALL JUNIOR, Isnard. CIERCO, Agliberto Alves. ROCHA, Alexandre V. MOTA, Edmarson B. LEUSIN, Sérgio.**Gestão da Qualidade.** 9a ed Rio de Janeiro Editora FGV,2008.
- KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Tech. Report No 72,CIFE, Stanford Univ., CA, 1992.

Lean Enterprise Institute. **Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean.** , 2007.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F.P. **Administração da produção.** 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MOREIRA, D.A. **Administração da Produção e Operações.** 2. Ed, São Paulo: CengageLearn, 2008.

MONDEM, Y. **O Sistema Toyota de Produção.** São Paulo: IMAN, 1983.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Tradução: Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas: 1997.

PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** Atlas, São Paulo, 2004.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da produção: operações industriais e serviços.** Curitiba: Unicenp, 2007.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre: Artmed, 1996.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta – uma revolução nos Sistemas Produtivos.** Porto Alegre, Editora Bookman, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decoding the DNA of the Toyota production system.** **Harvard Business Review**, Boston: Harvard Business School, v.77, nº 5, p. 97-106, 1999.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.**4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.