

**FABIANA DE SOUZA BOMFIM**

**Manufatura Enxuta: Aplicação da Metodologia na Integração da  
Produtividade, Qualidade e Ecoeficiência ao Tratamento de  
Resíduos Sólidos.**

São Paulo  
2014

**FABIANA DE SOUZA BOMFIM**

**Manufatura Enxuta: Aplicação da Metodologia na Integração da Produtividade,  
Qualidade e Ecoeficiência ao Tratamento de Resíduos Sólidos.**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Gestão e Engenharia da Qualidade

Orientador: Prof. Dr. Adherbal Caminada  
Netto

São Paulo  
2014

**FABIANA DE SOUZA BOMFIM**

**Manufatura Enxuta: Aplicação da Metodologia na Integração da Produtividade,  
Qualidade e Ecoeficiência ao Tratamento de Resíduos Sólidos.**

Monografia apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Gestão e Engenharia da Qualidade

Orientador: Prof. Dr. Adherbal Caminada  
Netto.

São Paulo

2014

## RESUMO

O presente trabalho procura evidenciar o relacionamento das técnicas de produção enxuta e ecoeficiência na busca pela qualidade na prestação de serviços aumento e produtividade e redução dos impactos ambientais dos processos produtivos, através da eliminação de desperdícios.

São apresentados os conceitos de manufatura enxuta, ecoeficiência, ferramenta *Kaizen*, Programa 5S e Trabalho Padrão, bem como é apresentada e discutida a implementação de tais ferramentas em uma empresa de Tratamento e Valorização de Resíduos.

Da análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que o uso destas ferramentas foi decisivo para a qualidade e melhoria ambiental da empresa e para o aumento de competitividade no mercado ambiental.

Palavras chaves: Produção Enxuta. Ecoeficiência. Produtividade. Meio Ambiente.

## **ABSTRACT**

This paper seeks to highlight the relationship of the techniques of lean production and eco-efficiency in the search for quality in the provision of services increase productivity and reduce environmental impacts of production processes by eliminating waste.

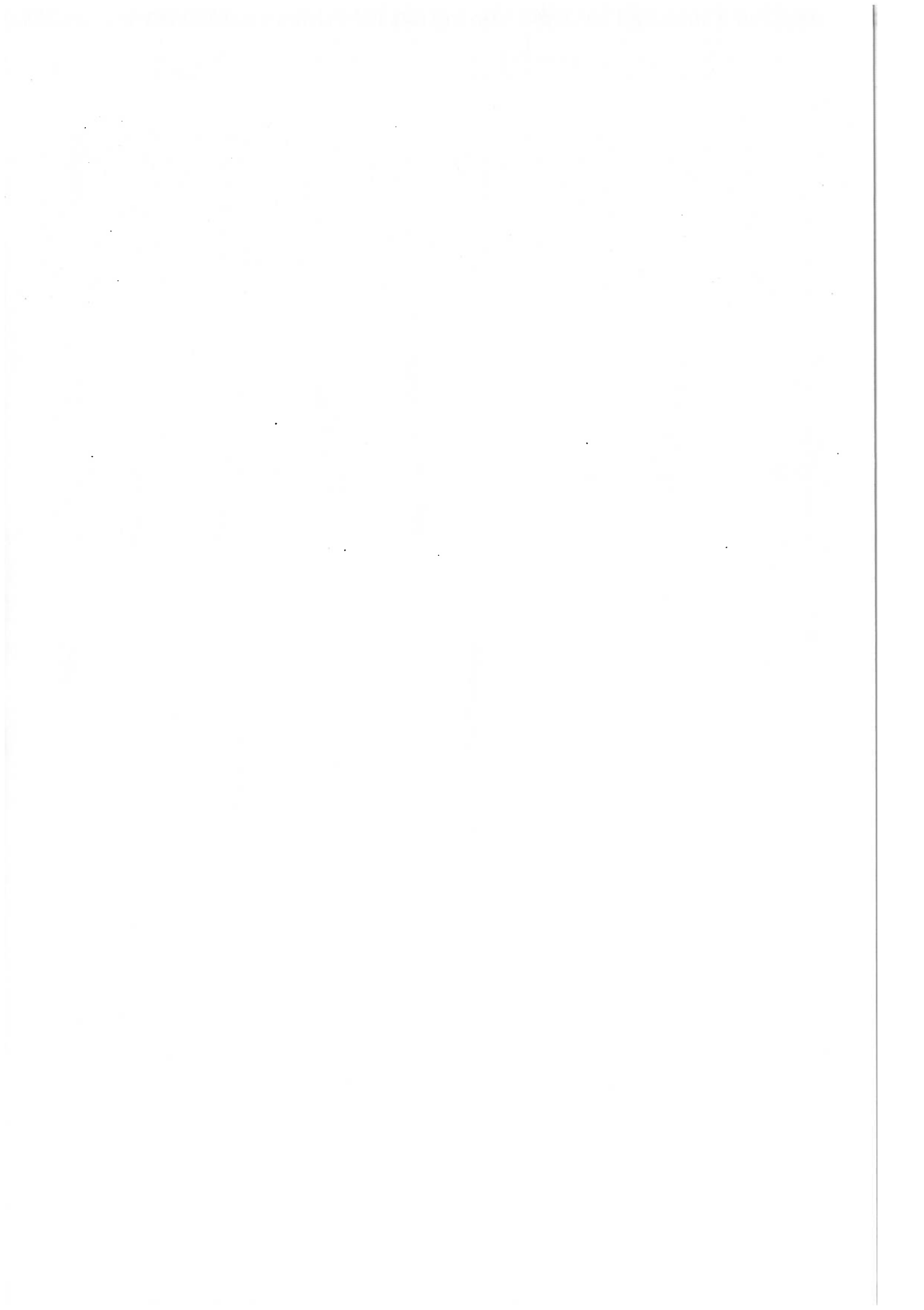
Are presented the concepts of lean manufacturing, eco-efficiency, Kaizen, 5S and Standard Work tool and is presented and discussed the implementation of such tools in an enterprise Treatment and Waste Recovery.

Analysis of the results obtained, it can be concluded that the use of these tools was critical to the quality and environmental improvement of the company and to increase competitiveness in the environmental market.

Key words: Lean Production. Eco-efficiency. Productivity. Environment.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	7
2	OBJETIVO.....	8
2.1	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	8
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	9
3.1	EVOLUÇÃO DOS MODELOS PRODUTIVOS.....	9
3.2	PRODUÇÃO ENXUTA.....	11
3.2.1	Ferramentas e Técnicas da Produção Enxuta .....	12
3.2.2	Sistema 5S.....	13
3.2.3	Trabalho Padrão.....	15
3.2.4	Kaizen .....	15
3.2.5	Ferramentas para análise de problemas .....	16
3.3	PRODUÇÃO MAIS LIMPA .....	17
3.4	PRODUÇÃO ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS LIMPA .....	18
4	ESTUDO DE CASO .....	21
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	21
4.2	Metodologia.....	23
4.2.1	Fase 1- Conceitos e Fundamentos.....	24
4.2.2	Fase 2- Implantação de <i>Kaizens</i> Pilotos.....	29
4.2.3	Fase 3- Consolidação (Expansão <i>Kaizens</i> ).....	30
4.2.4	Fase 4- Manutenção e Auditorias.....	34
4.3	RECONHECIMENTO .....	35
4.4	PROGRAMA DE ECOEFICIÊNCIA .....	37
4.5	Aplicação da Metodologia no Processo de Biogás .....	38
4.6	Aplicação da Metodologia no Aterro Sanitário .....	40
5	RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	44
6	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48



## 1 INTRODUÇÃO

As empresas, na busca de um preço competitivo, e conseqüente redução nos custos, sentem a necessidade de aperfeiçoarem as técnicas e procedimentos, sempre na busca pela melhoria contínua.

Em uma economia globalizada segundo Robbins (2001), para se obter vantagem competitiva, as organizações deverão ser capazes de responder rapidamente às mudanças, atendendo melhor às diversas necessidades dos clientes e entregando produtos mais depressa que seus concorrentes.

A competitividade e a evolução dos processos produtivos trouxeram mudanças no modelo de consumo da sociedade e no que o cliente busca como qualidade de um produto, que de acordo Melmam (2002), antes, os clientes se dispunham a aceitar produtos padronizados – consequência de linhas de montagem não flexíveis e dos princípios de produção em massa. Cada vez mais o consumidor quer produtos com alto padrão de qualidade, inovação e com menor preço.

Com a crescente atenção com a problemática ambiental, a gestão nos processos produtivos torna-se fundamental para o desenvolvimento sustentável. Entretanto, ainda é um desafio para as operações manter a produtividade, qualidade, baixo custo operacional e tudo isso com a preocupação de não agredir o meio ambiente (LAYRARGUES, 2010).

Nesse contexto as organizações devem buscar diferenciais para garantir seu espaço no mercado, comenta Millani (2010) que as indústrias de manufatura necessitam de uma gestão altamente eficaz, que seja capaz de romper com os velhos paradigmas e instituíam o comprometimento com a melhoria contínua, com a mudança e inovação organizacional.

Para se alcançar resultados são necessários práticas gerenciais e métodos de trabalho para solução de problemas. Uma das soluções é a produção enxuta que acordo Dalla (2006) trata-se de ferramenta útil para todo tipo de organização, bem como para todo tipo de mercado.

O modelo de produção enxuta tem como objetivo principal objetivo a eliminação de desperdícios através do pensamento enxuto que segundo Toledo (2002) pode ser entendido como uma forma de produzir cada vez mais com cada vez menos recursos e, ao mesmo tempo, aproximar-se dos clientes e oferecer aquilo que eles realmente almejam, transformando desperdício em valor.

Para Pascal (2008) uma das metas do sistema enxuto é eliminar o gasto para melhorar a lucratividade a única estratégia eficaz em uma nova economia.

Associado a técnica manufatura enxuta está o conceito de produção mais limpa ou ecoeficiência que de acordo com SISINNO (2005), as empresas ecoeficientes são aquelas que conseguem benefícios econômicos – rapidez em seus processos e qualidade de seus produtos, com redução nos custos associados aos desperdícios de água, energia e materiais - inserindo em seu processo gerencial o conceito de prevenção da poluição e de riscos ocupacionais.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é estudar a aplicação da técnica de manufatura enxuta por meio de um estudo de caso em um sistema de tratamento de resíduos sólidos.

O estudo de caso consiste na aplicação da metodologia de manufatura enxuta nesses processos atrelada os conceitos de Ecoeficiência, dando enfoque as ferramentas de melhoria contínua *Kaizen*, 5S e trabalho padrão.

### **2.1 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho foi desenvolvido dentro do âmbito de uma empresa de Soluções Ambientais cujo foco é o tratamento e valorização de resíduos, instalada no Brasil, para permitir a plena compreensão do modelo de Manufatura Enxuta vinculada com a Ecoeficiência.

Devido ser uma empresa com muitos processos e diferentes formas de operação, foi necessário, portanto, limitar a pesquisa, poder desenvolver com alguma profundidade os pontos abordados.

A pesquisa foi focalizada na aplicação das ferramentas 5S, Trabalho padrão e *kaizens*.

Outro fator limitante diz respeito ao período de estudo que foram de dois anos; sendo assim os resultados expressos nesse trabalho dizem respeito á implantação e a um ano de aplicação da metodologia.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo visa apresentar a teoria em que o trabalho está baseado. Inicialmente, o contexto em que emergiu a produção enxuta e suas principais ferramentas. Em seguida, serão também teorizadas as similaridades do sistema de produção enxuta com os conceitos da produção mais limpa, e como os dois sistemas podem ser implantados em conjunto.

#### 3.1 EVOLUÇÃO DOS MODELOS PRODUTIVOS

Para compreender o cenário no qual o sistema de produção enxuta está baseado é necessário fazer uma retrospectiva na evolução dos modelos produtivos.

Até o final do século XIX, a produção de bens de consumo era artesanal, cada pedaço era criado por um artesão individual e o resultado disso era que o consumidor tinha exatamente o que ele almejava, mas com um custo normalmente alto (DIAS, 2006).

Para Pascal (2008) os nostálgicos veem a produção artesanal como uma era dourada em que a arte era importante e as empresas davam atenção especial a cada cliente. Mas com esse processo evidentemente haviam consideráveis desvantagens:

- Somente ricos podiam comprar o produto.
- A qualidade era imprevisível- cada produto era, essencialmente, um protótipo.
- Ações de melhoria não eram amplamente compartilhados. Na verdade, algumas organizações profissionais viam a melhoria como uma ameaça.

No início do século XX, surgiram teorias com a finalidade de racionalizar a administração das indústrias, que antes era realizada de maneira não sistematizada pela produção artesanal (DIAS, 2006).

Uma das mais importantes teorias surgidas nessa época foi a Administração científica, que segundo Chiavenato (2000), a abordagem básica dessa escola é a ênfase na tarefa e teve seu início com o engenheiro americano Frederick Taylor, onde a sua preocupação original foi à eliminação do fantasma do desperdício e das perdas sofridas pelas indústrias.

Para Pascal (2008) Taylor procurou identificar a “melhor forma” de fazer o trabalho baseado em princípios científicos e ao fazer isso, inventou a engenharia industrial.

Sua obra ficou conhecida como Taylorismo e fundamentou-se no estudo de tempos e movimentos, divisão do trabalho, desenho de cargos e tarefas, padronização de métodos e máquinas, incentivos salariais e prêmios de produção, entre outros.

Nesse meio tempo, um jovem empresário chamado Henry Ford incorporou os conceitos de Taylor a uma linha de montagem de veículos. Segundo Chiavenato (2000), Henry Ford promoveu, ainda na escola da Administração científica, a grande inovação do século XX: a produção em massa. Ford inovou na organização do trabalho: a produção de maior número de produtos acabados com maior garantia de qualidade e menor custo possível.

A produção em massa tradicional tinha seus problemas, conforme Pascal (2008) os sindicatos lutavam constantemente para reduzir as horas de trabalho, a qualidade ficara em segundo plano as taxas de defeito era extremamente alta, a maquinaria tornava-se cada vez maior visando à economia de escala.

Entre os problemas enfrentados pela produção em massa, surge a abordagem humanística, onde a ênfase era nas pessoas que trabalhavam ou que participavam das organizações. A partir dessa teoria foi criado o modelo Sociotécnico que conforme Chiavenato (2000), a organização era um sistema aberto em interação constante com o seu ambiente formado por dois subsistemas: técnico e social.

A partir de todas essas teorias abordadas acima, o engenheiro japonês Eiji Toyoda iniciou o conceito de manufatura enxuta que teve a sua origem na década de 50, no Japão. Eiji Toyoda visitou a vasta fábrica Rouge da Ford em Detroit nos Estados Unidos, conforme Pascal (2008) tanto o Japão quanto a Toyota Motor Company, que havia sido fundada por sua família em 1937, estavam em crise. Após treze anos de esforços, a Toyota conseguiria produzir apenas 2685 automóveis. Em contraste, a Ford produzia 7000 automóveis por dia.

De acordo com Dias (2006) após retornar para o Japão Eiji e o chefe de produção da Toyota Taiichi Ohno perceberam que a simples imitação do sistema americano de produção em massa poderia ser perigosa em função das dimensões territoriais e do mercado consumidor que exigia uma vasta variedade de produtos e concluíram que existiam algumas formas de melhorar o sistema.

Para Pascal (2008) Eiji Toyota e Taiichi Ohno, criaram um sistema que fazia da virtude uma necessidade. A Toyota enfrentava desafios desanimadores em termos financeiros, tecnológicos e nas relações trabalhistas. Nascia da necessidade de

sobrevivência da empresa o Sistema Toyota de Produção, que se instituiu até hoje como um sistema de produção mais poderoso do mundo.

### 3.2 PRODUÇÃO ENXUTA

A produção *lean* que significa enxuta, também conhecida como o Sistema Toyota de Produção, tem como foco principal a diminuição do *lead time* (tempo que leva para uma peça percorrer todo o caminho no chão de fábrica), sendo necessária a eliminação de todo o tipo de desperdício.

Para Pascal (2008) a produção enxuta representa fazer mais com menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinário, menos material e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem.

De acordo com Womack e Jones (1998), a manufatura enxuta tem como seu principal objetivo, alinhar a melhor sequência possível de trabalho a fim de agregar valor de forma eficaz aos produtos solicitados pelo cliente, oferecendo exatamente o que ele deseja e transformando, na melhor maneira possível, desperdício em valor.

Ohno (1998) afirma que a real eficiência é obtida quando o desperdício não existe e a porcentagem de eficiência no trabalho é de 100%. Para isso, primeiramente os diferentes tipos de desperdício devem ser identificados, em seguida, as melhores contramedidas para combatê-los são definidas. Ohno (1998) reconheceu sete categorias de desperdício:

- Movimento: movimento desnecessário de pessoas e máquinas e peças longes uma da outra.
- Espera: ocorre quando é necessário esperar para que o material seja entregue ou alguma parada da linha de produção.
- Transporte: o desperdício de transportar materiais e produtos sem necessidade.
- Correção: Está relacionado com o retrabalho que deve ser feito para corrigir os problemas.
- Excesso de processamento: processar o produto mais do que o consumidor demanda.
- Excesso de Produção: produzir coisas que não será vendido.

- Estoque: manter desnecessariamente matéria prima, produtos acabados, partes de produtos ou produtos em processamento.

Além dos sete tipos de desperdício definidos por Ohno, outro tipo de desperdício é tipicamente mencionado. Dennis (2007) define este oitavo desperdício como desconexão do conhecimento e ocorre quando existem desconexões dentro de uma empresa ou entre a empresa e seus fornecedores. Isso limita o fluxo de ideia, criatividade e conhecimento, causando frustração e oportunidades perdidas.

O desperdício para Pascal (2008) é o oposto de valor, que é simplesmente, o que um cliente está disposto a pagar e o cliente não quer pagar por tempo de espera, correção ou excesso de estoque; ou qualquer outra forma de desperdício.

### 3.2.1 Ferramentas e Técnicas da Produção Enxuta

A produção enxuta segundo Ohno (1997) é um método de produção que significa colocar um fluxo no processo de manufatura. As máquinas são posicionadas conforme a verdadeira sequência do processo de fabricação. Desta maneira, ao invés de ter um operário por máquina, um operário supervisiona muitas máquinas, melhorando a produtividade.

Para Ohno (1997) os dois pilares de sustentação do Sistema Toyota de Produção são o *Just in time* (“na hora certa”) e a automação. *Just in time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero.

Essas organizações devem procurar trabalhar em conjunto com seus fornecedores a fim de nivelar e evitar o excesso de produção. Já a automação ou *jidoka* consiste em um conjunto de práticas que fornecem equipamentos e, principalmente, aos operadores da produção, a habilidade de detectar quando uma condição anormal ocorre e interrompe, dessa forma, imediatamente o trabalho (OHNO, 1997).

A base do Sistema Toyota de acordo com Pascal (2008) é a estabilidade e a padronização. A meta do sistema é o foco no cliente, entregar a mais alta qualidade ao mais baixo custo possível e o coração do sistema é o envolvimento dos membros das equipes e a constante busca de uma melhor forma de fazer as coisas.

Para alcançar este estágio, o Sistema de Produção Enxuta é baseado em um conjunto abrangente de técnicas, para eliminação de todos os tipos de desperdício. Que podem ser divididas, segundo Almeida (2006), entre como planejar e como implementar uma Manufatura Enxuta.

Pascal (2008) comenta que planejar significa responder duas perguntas: Para onde vamos? E como chegaremos lá? O planejamento eficaz obriga a avaliar os pontos fortes e fracos e tomar contramedidas.

Para se planejar é necessário criar um mapa de fluxo de valor que de acordo com Rother (1999), significa seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Para Almeida (2006), isso implica em exibir as condições atuais da empresa através de uma linguagem comum a todos no projeto para que seja possível identificar os problemas que impedem o fluxo e medir o *lead time* do processo.

Outra atividade do planejamento é a criação de um sistema puxado que conforme Almeida (2006) seria criar um sistema de produção em que cada etapa do processo só deve produzir um bem ou serviço quando um processo posterior ou o cliente final o solicite.

Diminuir os intervalos de troca (*Setup*) e tamanho do lote com também é um dos objetivos da produção enxuta, que segundo Shingo (2000), é aumentar a flexibilidade do sistema produtivo aliado à confiabilidade, os lotes de produção devem ser menores e a balanceados para manter a produção nivelada, logo o *setup* deve ser encarado como uma atividade rotineira.

Para a implantação do sistema de produção enxuta Várias ferramentas são aplicadas: Sistema 5S, kaizen, trabalho padrão.

### 3.2.2 Sistema 5S

O Sistema 5S ocorre através de um processo educativo que visa à mudança cultural das pessoas, incorporando as seguintes práticas: *Seiri* (senso de Utilização e Descarte); *Seiton* (senso de Ordenação); *Seiso* (senso de Limpeza); *Seiketsu* – (senso de Asseio) e *Setsuke* (senso de Disciplina).

O objetivo do 5S vai além do que apenas deixar um ambiente limpo, de acordo com Dennis (2007) essa ferramenta cria um local de trabalho propício à gestão visual, e

neste caso, a situação fora de padrão é imediatamente identificada, podendo ser rapidamente corrigida pelos funcionários. Pascal (2008) completa que o sistema 5S foi projetado para criar um local de trabalho visual- ou seja, um local de trabalho que seja autoexplicativo, auto-organizado e auto melhorável.

O sistema 5S está baseado em uma mudança da cultura organizacional que necessita da mudança de hábitos, comportamento que deve mobilizar toda a organização da alta direção aos operários.

Para Paixão (2011) os cinco princípios baseados nas palavras em japonês são definidos como:

- *Seiri*: Esse primeiro passo consiste em selecionar itens desnecessários dos necessários, descartando os primeiros. É muito comum que se tenha muitos itens indesejados na linha e estes atrapalham o funcionamento ótimo da área de trabalho.
- *Seiton*: Significa organizar e identificar todos os itens e ferramentas para fácil uso em um local específico. Mais do que apenas definir um local significa analisar a posição mais adequada de modo a facilitar o trabalho e o fluxo.
- *Seiso*: Esse é o passo de limpeza. Um método deve ser estabelecido e o controle deste definido, de modo a manter a área de trabalho sempre arrumada e brilhante. A equipe dos 5S deve definir os quatro passos: O que limpar; Como limpar; Quem fará a limpeza e o que significa limpo.
- *Seiketsu*: Esse é o passo para padronizar, estabelecendo uma frequência suficiente e métodos para a realização dos três primeiros "S", de modo a manter o local de trabalho sempre em boas condições. Os padrões devem definir o modo de trabalho, o que fazer e até quando.
- *Shitsuke*: O último passo é também o mais desafiador de toda a disciplina para sustentação deve estar no centro dos outros "S". Significa criar o hábito e disciplina dos outros 4S. Para isso, as práticas devem ser promovidas e comunicadas, atingindo um envolvimento entre os trabalhadores. Motivar e recompensar a excelência são modos de estimular as pessoas, mas é essencialmente importante explicar as razões para realização dos 5S e a importância destes para a produção enxuta, ajudando os trabalhadores a acharem um motivo pessoal nesta responsabilidade.

O objetivo final da ferramenta é a criação de uma cultura com pensamento enxuto que auxilie na eliminação de desperdício. De acordo com Pascal (2008) o 5S naturalmente leva à manutenção produtiva total (TPM) que é central para a estabilidade e a eficácia de máquinas. À medida que o processo evolui trabalha na manutenção básica, tal como inspeção, limpeza, lubrificação e ajustes das máquinas.

### 3.2.3 Trabalho Padrão

Trabalho Padrão para Almeida (2006) consiste no estudo do trabalho de um operador para se desenvolver procedimentos baseados na taxa em que os produtos devem ser produzidos para atender a demanda dos clientes, a sequência exata em que o operador deve realizar suas tarefas.

O trabalho padronizado é uma ferramenta para desenvolver, confirmar e melhorar os métodos. As ferramentas do trabalho padronizado nos ajudam a melhorar a eficiência através da identificação de valor e desperdício em um processo (PASCAL, 2008).

Liker e Meier (2007) afirmam que a padronização, na verdade, é o ponto de partida para a melhoria contínua, estabilidade nos processos, de forma a garantir que as atividades sejam executadas sempre numa determinada sequência e da mesma forma, com o mesmo tempo e com o menor nível de desperdício, com qualidade e produtividade em níveis elevados.

### 3.2.4 Kaizen

Significado da palavra Kaizen é "kai" em japonês significa mudança e "zen" para melhor, o objetivo principal é a busca do aprimoramento contínuo, realizadas por um grupo de pessoas. De acordo com Ferreira (2000) a Metodologia *Kaizen* é desenhada segundo as seguintes características: as pessoas na organização desenvolvem suas atividades melhorando-as sempre, por meio de reduções de custos e alternativas de mudanças inovadoras; o trabalho coletivo prevalece sobre o individual.

A palavra kaizen em japonês significa separar, refletir e colocar juntos novamente de um modo melhor. De acordo com Womack e Jones (2003), é uma melhoria contínua

e incremental de uma atividade para criar mais valor com menos desperdício. Relaciona-se diretamente com a melhoria contínua, um dos princípios mais importante do sistema enxuto.

Rother e Shook (2009) afirmam que há dois tipos: kaizen de fluxo e kaizen de processos. Ambos os tipos são necessários em uma empresa e agem juntos para a melhoria global:

- Kaizen de fluxo: está focado na melhoria do fluxo de materiais e informação.
- Kaizen de processos: está focado nas pessoas e no fluxo das atividades.

Os Kaizens oferecem grandes benefícios como fortalecer as habilidades do trabalho em equipe, liderar pessoas, pensar claramente e logicamente e em resolver problemas. Desenvolve a confiança entre membros da equipe e ataca problemas cruciais com “centenas de mãos”. (PASCAL, 2008)

### 3.2.5 Ferramentas para análise de problemas

Depois dos desperdícios, o segundo foco da produção enxuta está em enfrentar os problemas dos processos produtivos, achando a causa raiz dos defeitos encontrados que se corrigida, preveniria a recorrência desta ou de ocorrências similares.

Entre as ferramentas de análise de causa e efeito está o diagrama de Ishikawa também conhecido como espinha de peixe, criado pelo engenheiro japonês Kaoru Ishikawa. De acordo com Paladini (2012) o objetivo desta ferramenta é a análise das operações dos processos produtivos. A lógica do diagrama é simples, o fluxo evidencia causa que conduzem a determinados efeitos, se o efeito é nocivo, as causas podem ser eliminadas; se for benéfico, pode-se conferir consistência a elas, garantindo a sua continuidade.

Outra ferramenta que pode ser utilizado é 5 porquês, o método consiste em 5 iterações de perguntas sobre o porquê do problema. Neste sistema, as perdas são intoleráveis, e para evitar que uma perda se repita, há de se buscar a causa-raiz do problema, impedindo sua repetição. (OHNO, 1997)

Segundo Silva (2008) apesar de famosa, é preciso entender que esta é uma ferramenta limitada, principalmente pela amplitude de resultados que se pode obter, dependendo das pessoas que participam, e seu real conhecimento sobre o assunto.

Outra maneira é a utilização de outra ferramenta de busca de causa-raiz, como o Diagrama de Ishikawa.

### 3.3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Com a evolução dos processos industriais foram surgindo inúmeros novos produtos, ocorrendo um desenvolvimento tecnológico, passando assim os bens e serviços produzidos pela indústria a ter caráter essencial na vida da sociedade moderna.

Segundo Viterbo (1998), os processos industriais começaram no período pós-guerra, onde a maior preocupação era a retomada do crescimento econômico, a reconstrução dos países que sofreram grandes perdas (Japão e Alemanha) e o suprimento de toda uma demanda reprimida de consumo da população economicamente ativa dos Estados Unidos.

Toda essa evolução industrial foi ocorrendo sem que o homem imagina-se a consequência negativa dessas atividades para o meio ambiente, a consciência ecológica era incipiente, os danos ambientais eram vistos como consequência inevitável do progresso e da evolução econômica.

Sendo assim na década de 90, segundo Moura (2002), houve um grande impulso com relação à consciência ambiental, na maioria dos países aceitando-se a pagar um preço pela qualidade de vida e mantendo-se limpo o ambiente.

Sendo assim as empresas tinham um novo desafio como continuar produzindo com qualidade e baixo impacto ambiental. Segundo Foelkel (2008) os conceitos de produção mais limpa (P+L) e de ecoeficiência encaixam-se como uma luva nesse cenário de desenvolvimento empresarial sustentável. Tecnologia mais limpa pode ser definida como um procedimento industrial de manufatura que usa menos matérias-primas, menos energia, possui melhor rendimento, dá origem a um melhor produto e menos resíduos, não gerando impacto ambiental significativo.

De acordo Foelkel (2008) a Produção mais limpa está relacionada à redução de poluição na sua origem. O primeiro passo é implementar um amplo programa de limpeza interna avaliar quais resíduos e efluentes são gerados pelo processo de produção. Em outros casos, a produção mais limpa pode exigir alterações tecnológicas (tecnologia mais limpa), demandando uso mais intensivo de capital.

Essa tecnologia apresenta várias vantagens que segundo CNTL (2001) são elas:

- P+L reduz a quantidade de materiais e energia usados, apresentando assim um potencial para soluções econômicas;
- Devido a uma intensa exploração do processo de produção, a minimização de resíduos, efluentes e emissões geralmente induz a um processo de inovação dentro da empresa;
- A responsabilidade pode ser assumida para o processo de produção com um todo e os riscos no campo das obrigações ambientais e da disposição de resíduos podem ser minimizados;
- A minimização de resíduos, efluentes e emissões é um passo em direção a um desenvolvimento sustentável.

Para Foelkel (2008) a produção mais limpa é uma estratégia para melhorar continuamente os processos, produtos e serviços, a eficiência operacional, a qualidade de vida e o meio ambiente; reduzindo impactos ambientais, aumentando resultados econômicos por redução de custos. Assim, a produção mais limpa e a ecoeficiência auxiliarão na melhoria da competitividade das empresas (industriais, públicas ou de serviços), porque permitirá aumentar a motivação dos colaboradores e possibilitará maiores margens de lucratividade.

### **3.4 PRODUÇÃO ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Apesar das duas ferramentas terem surgido em épocas distintas e com foco de atuação diferente uma voltada para a melhoria contínua e produtividade e a outra voltada para uma produção com menor impacto ambiental, as duas ferramentas tem pontos em comum, a identificação e eliminação dos desperdícios.

Quando se elimina as perdas a que se refere o Sistema Toyota de Produção, está se evitando o desperdício, principalmente, de recursos naturais, contribuindo para a não obsolescência e a não deterioração do produto, evitando assim a geração de resíduos e conseqüentemente a disposição no meio ambiente (ELIAS, 2003).

Segundo Pascal (2008) para o sistema de produção enxuta a meta é fornecer a mais alta qualidade com menor custo, dentro do menor tempo, através da eliminação de desperdício. Porém, hoje em dia, os clientes têm expectativas mais amplas. Portanto, empresas enxutas acrescentaram segurança, meio ambiente e moral aos seus princípios. É a partir disso e surgiu a sigla PQCDMS:

- *Productivity*- Produtividade
- *Quality*- Qualidade
- *Cost*- Custo
- *Delivery Time*- Tempo de Entrega
- *Safety and Environment*- Segurança e Meio Ambiente
- *Morale*- Moral

As empresas Ecoeficientes, ou seja, que usam a produção + limpa conseguem benefícios econômicos – rapidez em seus processos e qualidade de seus produtos, com redução nos custos associados aos desperdícios de água, energia e materiais (SISINNO, 2004). Esses desperdícios estão relacionados a fatores como problemas operacionais, qualidade de materiais e à falta de procedimentos e de treinamento adequado das equipes (SISINNO, 2005).

Na tabela 1 está à correlação das ferramentas da manufatura enxuta na aplicação da P+I:

Tabela 01 – Ferramentas de Produção Enxuta possibilitando benefícios para a P+L.

Principais Ferramentas da Produção Enxuta	Benefícios para a Produção mais Limpa
<i>kanban</i>	Diminuição do volume de estoque, com redução da possibilidade de deterioração e obsolescência dos materiais e a conseqüente geração de resíduos e sua disposição no meio ambiente.
Manufatura Celular	Redução da movimentação dos materiais, diminuindo a possibilidade de estragos em seu manuseio e a conseqüente geração de resíduos e sua disposição no meio ambiente. Diminuição da necessidade do uso de meios de movimentação de materiais e do conseqüente consumo de energia (combustível).
<i>Setup</i> rápido	Diminuição do volume de estoque, com redução da possibilidade de deterioração e obsolescência dos materiais e a conseqüente geração de resíduos e sua disposição no meio ambiente.
5 Ss	Maior visibilidade do processo produtivo e rápida identificação de desperdícios, tais como vazamentos e geração excessiva de resíduos, possibilitando o uso mais racional dos recursos, com reflexos positivos para o meio ambiente.
Inspeção Autônoma	Redução do número de peças defeituosas, com a conseqüente diminuição do consumo de recursos produtivos tais como materiais e energia, possibilitando o uso mais racional dos recursos naturais.
Manutenção Produtiva Total	Diminuição das paradas de máquina para manutenção e, conseqüentemente, do consumo de materiais para o seu conserto e a conseqüente geração de resíduos. A manutenção mais adequada possibilita também um melhor rendimento da máquina colaborando, assim, para um menor consumo de energia.
<i>Poka-yoke</i>	Redução do número de peças defeituosas, com a conseqüente diminuição do consumo de recursos produtivos tais como materiais e energia, possibilitando o uso mais racional dos recursos naturais.

Fonte: Elias, 2003.

No objetivo de manter as empresas atuantes e competitivas, emerge a utilização de programas de gestão da qualidade e gestão ambiental que propõem controlar e, conseqüentemente, garantir a qualidade em seus produtos finais e que não danem o meio ambiente, além da utilização de programas de manutenção, os quais interferem diretamente à estrutura operacional de uma indústria pontualmente por meio de seus equipamentos (PETER, 2011).

A aplicação da Produção Enxuta e da Produção Limpa contribui efetivamente para a melhoria da competitividade das indústrias, pois ambas tem como benefícios, por exemplo, o aumento da produtividade, melhoria da qualidade, otimização na utilização da matéria-prima, dos insumos, fatores esses de importância relevante à necessidade da busca contínua da excelência empresarial no mundo atual. (VAZ, 2008)

Nesse cenário alinhar a produção enxuta com os conceitos da manufatura enxuta aos de Ecoeficiência dos processos, podem ser diferenciais competitivos para o sucesso das organizações.

## **4 ESTUDO DE CASO**

Este capítulo visa apresentar a implantação da metodologia de produção enxuta e produção mais limpas aplicadas em conjunto, por meio das ferramentas, kaizen, 5S e trabalho padrão.

A aplicação desta metodologia aconteceu em uma empresa nacional que atua no ramo ambiental.

O estudo de caso baseia-se, então, nas experiências adquiridas durante o processo de planejamento e aplicação da metodologia.

### **4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

O estudo de caso foi realizado em uma empresa privada de prestação de serviços ambientais, cuja principal função é o tratamento e a valorização de resíduos sólidos.

A empresa localiza-se na região metropolitana de São Paulo e conta com seis tecnologias diferentes de tratamento e valorização que são elas: Aterro Sanitário e Aterro Industrial, Biogás, Recuperação de Metais, Logística Reversa, Unidade de Dessorção Térmica.

A empresa recebe diversos tipos de resíduos seja ele de origem doméstica como resíduos de coleta pública, quanto os gerados em processos industriais. A partir de uma avaliação das características físicas e químicas do resíduo é determinado o tipo de tratamento dentro das seis tecnologias que a empresa possui.

O principal processo da empresa é o Aterro Sanitário que adota uma tecnologia de confinamento total de resíduos classificados como não perigosos e perigosos. O processo possui dois subprodutos o chorume, que é uma substância líquida resultante do processo de putrefação (apodrecimento) de matérias orgânicas e o biogás que é composto basicamente de Metano ( $\text{CH}_4$ ), Gás Carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e Oxigênio ( $\text{O}_2$ ).

O aterro a ser estudado possui a maior capacidade de recebimento de resíduos da América Latina e recebe 50% dos resíduos gerados no Município de São Paulo e contam com a drenagem e tratamento de efluentes líquidos e gasosos.

O processo de Biogás consiste no processo de queima do gás proveniente da decomposição dos resíduos composto principalmente por metano, gás de alto poder calorífico e considerado gás de efeito estufa. O Biogás é coletado por meio de tubulações de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) direcionado para o sistema de queima, no qual o metano presente no biogás sofre reação química e se transforma em CO<sub>2</sub> e água.

A Unidade de Dessorção Térmica (TDU) é um processo de tratamento de solos contaminados com hidrocarbonetos tais como gasolina, óleo diesel, óleo combustível, querosene, entre outros, reduzindo ou eliminando sua concentração a níveis que permitam a disposição do solo em seu local de origem ou em uma nova utilização.

A Recuperação de Metais é um processo físico-químico que através do controle de pH recupera por precipitação os metais pesados presentes nos resíduos industriais de empresas do ramo de galvanoplastia, metalurgia, siderurgia, petroquímicas, entre outras. Entre os metais recuperados, estão o Cobre, Níquel, Cobalto, Molibdênio, Cromo, Ferro, Zinco e Alumínio, que serão comercializados, retornando assim à cadeia produtiva como matéria-prima para outros processos industriais.

A Manufatura Reversa ou Logística Reversa tecnologia que permite recuperar materiais e matérias-primas de produtos como refrigeradores, computadores e eletroeletrônicos em geral. Mas antes passam por um processo de desmontagem, descaracterização, picagem e reaproveitamento das partes recicláveis.

Todas as tecnologias contam com duas áreas suportes principais Balança e Laboratório. O processo de Balança consiste no recebimento e pesagem do fluxo logístico que traz os resíduos até a empresa, sendo parte inicial de todos os processos.

O Laboratório funciona como o controle de qualidade, são analisados e vistoriados os resíduos recebidos checagem com que está declarado na proposta comercial. O laboratório também realiza testes para garantir a segurança das operações analisando algumas características dos resíduos, como reatividade, temperatura e teor de umidade.

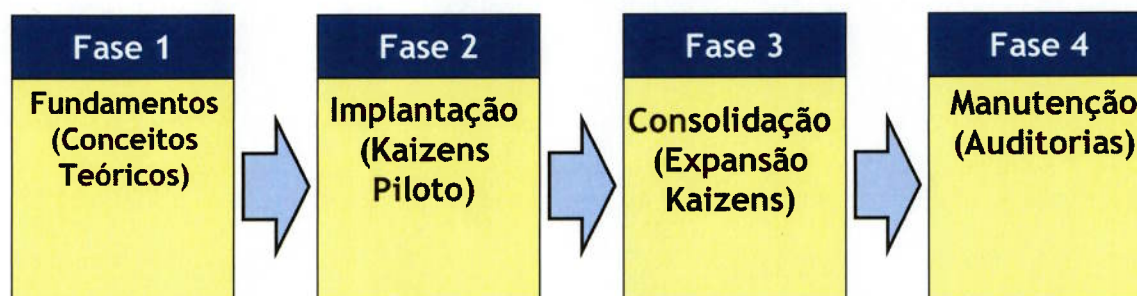
Cada tecnologia possui característica técnica diferenciada de operação e de prestação de serviços. Essa variabilidade de processos torna o processo de implantação da metodologia de produção enxuta um estudo interessante de como a ferramenta se adapta a cada processo.

#### 4.2 Metodologia

A empresa decidiu implantar a metodologia de produção enxuta no ano de 2012 com o objetivo de estruturar seus processos de forma sistêmica, com a criação fluxos de processos, aumento de produtividade e redução de custos atrelados a minimização dos impactos ambientais dos processos.

Para alcançar este objetivo, a implementação foi classificada em fases como mostra a figura 1, criando inicialmente a base da mentalidade enxuta com os fundamentos teóricos, implantação de testes para alinhamento das premissas e por fim a consolidação e manutenção.

Figura 1: Fases de Implantação



Antes do início das atividades foi realizado um diagnóstico dos processos da empresa e como era constituída a força de trabalho. Para essa etapa foram realizadas entrevistas com o corpo gerencial, técnico e operacional assim como visitas nas áreas de operações.

Através do censo realizado anualmente pela empresa foi possível constatar o perfil de escolaridade da força de trabalho. 35,7% dos colaboradores possuem o ensino médio completo, 6,2% ensino médio incompleto, 23,6% o ensino fundamental completo, 8,9% ensino fundamental incompleto, 12,5% superior completo, 15,7% superior incompleto, 11,5% Pós-graduação, 0,3% Doutorado e 0,3% sem instrução. A partir dessa informação foi identificada a necessidade de ser criar um plano de

comunicação que possibilitassem aos colaboradores um fácil entendimento com os termos em japonês e inglês.

O cronograma de implantação seguiu duas premissas, a primeira de começar pelas operações cujos processos sejam voltados para uma linha produtiva, nesses processos os resultados seria de melhor visualização em um menor prazo, o que daria ao programa uma credibilidade facilitando a implantação nas demais áreas. A segunda foi trabalhar com as áreas suportes dos processos cujas operações são voltadas para o fluxo de prestação de serviços.

Com as premissas definidas iniciou as fases de implantação.

#### 4.2.1 Fase 1- Conceitos e Fundamentos

A fase 1 teve por objetivo a capacitação e a divulgação dos conceitos teóricos da produção enxuta. As ações foram divididas entre campanhas de comunicação e treinamento da força de trabalho.

O programa recebeu o nome de SOL (Sistema Operacional *Lean*), o objetivo era ser um nome de fácil entendimento. O logotipo escolhido é mostrado na figura 2.

Figura 2- Logo do Programa SOL



Fonte: Essencis

As campanhas de para a divulgação interna contou com e-mail explicativo, cartazes e divulgações dos conceitos em murais e foram lançados de acordo com a evolução do programa de treinamento. Conforme o exemplo demonstrado na figura 3.

Figura 3- Cartaz de Divulgação 6S



Fonte: Essencis

A capacitação do corpo de funcionários contou com a participação de todos os colaboradores divididos em três etapas:

- Alta direção e corpo técnico (engenheiros, gerentes, coordenadores, supervisores): Conceitos de Manufatura Enxuta – treinamentos básico de curta duração (8 horas).
- Equipe operacional: Introdução a Manufatura Enxuta – treinamento básico de curta duração (4 horas)
- Equipe de Multiplicadores: Implantação do Programa SOL – Treinamento específico com duração de 16 horas

A partir dos resultados obtidos no diagnóstico foi necessário desenvolver modelos específicos de treinamento para cada perfil de colaboradores. Utilizando modelos em formato de dinâmicas de grupos, cada público recebeu as informações com uma linguagem específica.

Para a alta direção e corpo técnico o treinamento contemplou todos os conceitos da metodologia de manufatura enxuta e Sistema Toyota de produção; para esse grupo foi aplicada a dinâmica chamada “Eco Trucks”, cujo objetivo era montar uma fábrica de carrinhos. Nela foram abordados o mapeamento do processo, 5S, Trabalho padrão, atendimento ao cliente, fluxos de trabalho e produtividade. Na figura 4 mostra os materiais recebidos pelos participantes sem nenhuma organização ou fluxo. O objetivo era fazer com que os participantes utilizassem os conceitos de 5s cujo resultado é mostrado na figura 5.

Figura 4 - Início da Dinâmica com materiais desorganizados



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 5 - Materiais organizados com conceitos 5S



Fonte: Arquivo Pessoal

Além dos conceitos de 5s os participantes também realizavam o mapeamento dos fluxos de trabalho a partir da identificação dos principais desperdícios, conforma mostra a figura 6.

Figura 6- Mapeamento dos fluxos de Trabalho



Fonte: Arquivo Pessoal

O treinamento da equipe operacional foi feito de forma simplificada e com menor tempo e abordou os conceitos de 5S e Trabalho Padrão e contou com uma dinâmica mais simples chamada “Rally” Sol. A elaboração contou com o apoio das equipes operacionais e o participante tinha como função montar um circuito de um *Rally* que contava com uma ponte, uma pista e o objetivo era fazer três voltas com o carrinho no circuito em menor. Para isso as equipes foram divididas em três posições: Montagem da Ponte, operador do carrinho e líder da equipe. Assim como a dinâmica “Eco trucks” os participantes receberam os materiais sem nenhuma organização e deveriam achar os itens específicos para a montagem da ponte, conforme figura 7 e organizar conforme os conceitos de 5s como mostra a Figura 8. Após a montagem os participantes tinham que completar as três voltas no circuito do *Rally* ilustrado na figura 9; o objetivo era demonstrar como é difícil executar uma atividade sem instrução de trabalho, pois não tinham informação de como operar o carrinho, destacando assim a importância do trabalho padrão.

Figura 7- Montagem sem Padrão 5S



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 8- Montagem do Fluxo de Trabalho com Conceitos 5S



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 9- Circuito do Rally SOL



Fonte: Arquivo Pessoal

Para manter o programa em constante evolução foi constituída uma equipe de multiplicadores do programa, no qual foi escolhido principalmente os engenheiros e encarregados de operação que lidam diretamente com as equipes e com as melhorias dos processos; para cada área operacional foi escolhido um multiplicador que contou com treinamento de 16 horas do conteúdo completo da filosofia “*lean*,” o modelo SOL, “kit” de ferramentas com todos os formulários utilizados, e guia específica para aplicação das dinâmicas.

#### 4.2.2 Fase 2- Implantação de *Kaizens* Pilotos

A segunda etapa de implantação do programa contou com a execução de *Kaizens* Pilotos realizados em áreas previamente escolhidas e com a ajuda da equipe de implantação. O objetivo principal dos *Kaizens* pilotos era testar as ferramentas elaboradas, adequar os modelos e obter resultados visíveis para servir de exemplo para os demais setores.

A área escolhida para o primeiro *Kaizen* foi a tecnologia de Dessorção Térmica, utilizando a metodologia dos 5S. O *Kaizen* teve a duração de três dias, com 12 participantes e 38 oportunidades de melhorias.

Foram realizados mais três *kaizens* pilotos na unidade de Recuperação de Metais, Laboratório e Manutenção. Após os pilotos com todos os modelos testados foi elaborado um fluxo atividades e uma sequência de três etapas:

Etapa 1- Preparação: Nesta etapa é definido a equipe de trabalho e o líder, definição do nome do time, levantamento das tarefas e dos materiais necessários.

Etapa 2- Realização das atividades: Nessa etapa a equipe de trabalho é organizada pelo líder e inicia as tarefas, com duração de três dias.

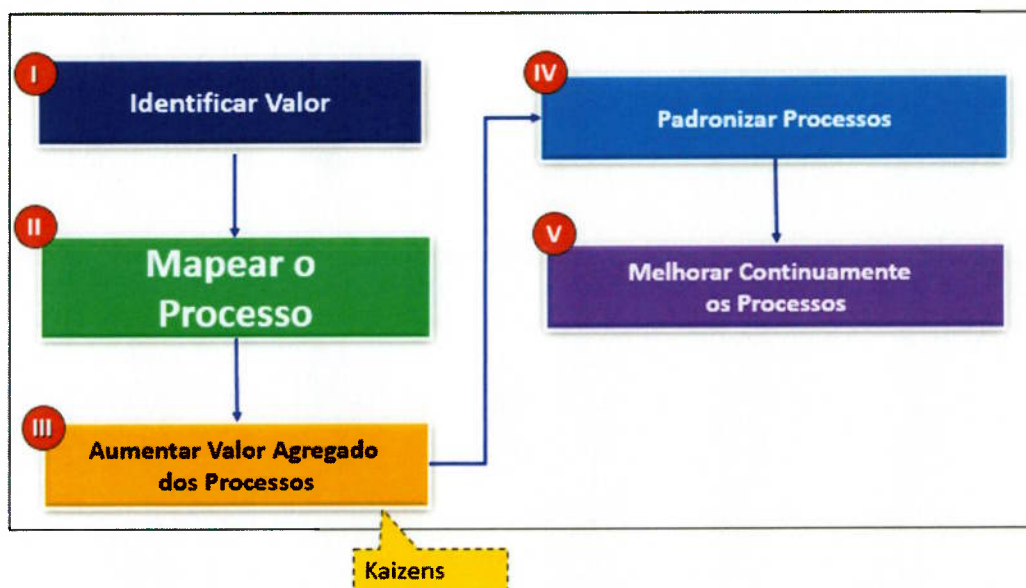
Etapa 3- Apresentação dos Resultados: Nessa etapa a equipe deve montar a apresentação padrão com todos os itens necessários para apresentação, enviar o convite da apresentação para o corpo gerencial e providenciar um lanche que será um marco de encerramento.

#### 4.2.3 Fase 3- Consolidação (Expansão *Kaizens*)

Os primeiros *Kaizens* realizados foram nas áreas operacionais e administrativas com foco específico em atividades de 5S, para que as equipes consolidassem os conceitos do programa SOL.

Em paralelo com os *Kaizens* de 5S, foram realizados os primeiros *kaizens* para mapeamento de processos e de fluxos de valor. Para a realização dos mapeamentos foi utilizado o método de mapear os processos a partir de fluxos desenhados em papel e com a participação de uma equipe multidisciplinar para mapear as inter-relações dos processos. Seguindo as etapas, conforme apresentado na figura 10:

Figura 10- Etapas de Mapeamento dos Processos



As figuras 11 e 12 mostram o método de mapeamento a partir de fluxos desenhados em papel.

Figura 11- Mapeamento dos Processos do Setor Administrativo



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 12- Mapeamento do Fluxo de Valor Operações



Fonte: Arquivo Pessoal

Como o resultado dos mapeamentos de processos de fluxos de valor foi criado fichas técnicas que tem por objetivo descrever os procedimentos padrões de uma forma visual com seqüência de fotos e explicações objetivas, conforme mostra a figura 12.

Figura 13 – Modelo de Ficha Técnica

FICHA TÉCNICA		01
<b>Título:</b>	<b>EXECUÇÃO DE PRAÇAS E ACESSOS</b>	<b>Área:</b> Aterro Kil <b>Unidade:</b> Caieiras <b>Revisão:</b> 00 <b>Data:</b> 29/06/2012
  	 	<b>Procedimento</b> a) Rachão; b) Bica Grossa c) Escória; d) Reciclado  1) Regularizar o terreno - solo (seta A); 2) Aplicar camada de rachão com aproximadamente 20 cm de espessura (seta B); 3) Aplicar escória ou a bica grossa (seta D) preenchendo os espaços formados entre os rachões. 4) Em não chuvosos aplicar o material reciclado e compactar (seta C).

CAAT 01.01 B - Rev 00

Fonte: Essencis

Após um ano de implementação da ferramenta Kaizen e com a cultura disseminada, o programa passou a ter um foco específico nos resultados financeiros e de ganhos de produtividade.

As equipes passaram a medir os resultados de cada melhoria de forma quantitativa, passando de simples organização para *kaizen* de trabalho padrão, mapeamento de processos e os fluxos de valor, repensando os processos e localizando os principais desperdícios.

Para auxiliar na implantação do programa SOL foi elaborado um kit de ferramentas com todos os formulários específicos para cada etapa do programa, divididos por temas:

*Kaizen*: Modelo de apresentação padrão com todas as informações necessárias Objetivo do *Kaizen*, membros da equipe, matriz de prioridade das melhorias, lista de atividades, formulário A3 com o antes e depois da melhoria, conforme mostrado nas figuras 14, 15,16.

Figura 14- Formulário A3



Figura 16 - Exemplo da Matriz de Priorização das Oportunidades de Melhorias



Fonte: Essencis

#### 4.2.4 Fase 4- Manutenção e Auditorias

Após um ano de implantação o programa SOL se consolidou como uma ferramenta de gestão e incorporada no dia a dia das operações. Para manter o programa em constante evolução foram estabelecidos metas por equipe e metas globais de aplicação de *Kaizens* e redução de custos e os resultados são acompanhados através do Programa de Metas e Performance.

Para controlar a efetividade das ações foi estabelecido um plano mensal de auditorias de 5s e auditorias anuais para verificar a aplicação dos procedimentos de trabalho padrão, exemplificado na figura 16.

Figura 16- Formulário de Auditoria 5S

<b>AVALIAÇÃO 5S</b>		Data
Área:		Duração
Auditor(es):		
Acompanhante(s):		
<b>Objeto da avaliação (Revisão 12)</b>		<b>Nota (1 a 5)</b>
<b>SEIRI</b>		
1.1. Utilização dos recursos existentes nos locais abertos		
1.2. Utilização dos recursos existentes nos locais fechados		
1.3. Estado de conservação de instalações e recursos		
1.4. Controle dos problemas de conservação		
		<b>SEIRI</b>
<b>SEITON</b>		
2.1. Identificações e Sinalizações		
2.2. Definição e Adequação de locais para a guarda de recursos (não inclui layout)		
2.3. Ordem dos recursos (não inclui layout)		
2.4. Layout		
		<b>SEITON</b>
<b>SEISO</b>		
3.1. Nível de limpeza (sujeira provocada por falha das pessoas)		
3.2. Nível de limpeza (sujeira provocada pelo processo ou por ações da natureza)		
3.3. Sistemática de limpeza		
3.4. Lixeiras, cinzeiros e outros coletores de recursos descartados		
		<b>SEISO</b>
<b>SEIKETSU</b>		
4.1. Padronizações		
4.2. Higiene e Saúde		
4.3. Rotinas e Sistemática para manutenção do 5S		
4.4. Estruturação dos arquivos e correios eletrônicos (quando houver)		
		<b>SEIKETSU</b>
<b>SHITSUKE</b>		
5.1. Autodisciplina na prática do 5S		
5.2. Autodisciplina no cumprimento de normas e procedimentos de trabalho		
5.3. Autodisciplina no cumprimento de Rotinas de 5S e Regras de convivência		
5.4. Autodisciplina na manutenção da estrutura de arquivos e correios eletrônicos		
		<b>SHITSUKE</b>
<b>MÉDIA 3S</b>		
<b>MÉDIA 4 e 5 S</b>		
<b>MÉDIA 5S</b>		
<b>Observações da Avaliação</b>		<b>Item</b>

Fonte: Essencis

### 4.3 RECONHECIMENTO

Uma etapa importante do programa é o reconhecimento das ações e a divulgação das melhorias; em todas as etapas foram contempladas ações que valorizassem os envolvidos.

No primeiro ano do programa houve uma série de eventos. As primeiras ações ocorreram nos eventos de encerramento dos *Kaizen* que contavam com um lanche e com a participação da diretoria e do corpo gerencial. Esses eventos no início do

programa foram de grande valia, pois representava o comprometimento da alta direção e serviram como incentivo para as equipes.

Os multiplicadores do programa SOL também contaram com homenagem pela diretoria e foram condecorados com placas de reconhecimento.

Já no segundo ano ocorreram mudanças, sendo que as apresentações dos *Kaizens* passaram a ser em público ocorrendo em horários reservados, em que participavam um público maior com pessoas de diversas áreas no sentido de divulgar as melhorias.

E como forma de reconhecimento das equipes no final do ano é realizado um evento de reconhecimento com todas as pessoas envolvidas, apresentando os resultados obtidos e as principais melhorias. Os participantes ganham geralmente brindes de incentivo à cultura como, por exemplo, ingressos de cinema.

#### 4.4 PROGRAMA DE ECOEFICIÊNCIA

Com a implantação do programa SOL foi possível ter um olhar focado para produtividade, qualidade, custos e tempo de prestação de serviços, porém ainda não respondia uma questão fundamental para a empresa que era como produzir mais, com qualidade, menor custo e menos impacto ambiental.

Atrelado aos conceitos da Manufatura Enxuta e o combate dos principais desperdícios, foi criado o programa Ecoeficiência com o objetivo de minimizar e compensar os impactos ambientais causados pelas operações. O programa Ecoeficiência visa atender os compromissos que devem nortear a relação das atividades da empresa, seus produtos e serviços, na promoção do desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, o programa foi estruturado em pilares de atuação (Água, Biodiversidade, Energia, Emissões e Resíduos) para o desenvolvimento das ações voltadas a promover a eficiência das atividades da empresa nos temas propostos.

Com o programa foi possível diagnosticar o real impacto, seja ele positivo ou negativo, dos processos, e assim propor a redução dos impactos negativos e maximização dos impactos positivos.

O objetivo principal do programa Ecoeficiência é oferecer bens e serviços sustentáveis, economia de recursos naturais, preservação de fauna e flora e relações cada vez mais saudáveis das pessoas e o meio ambiente.

##### a) Água

O objetivo do pilar água é minimizar gastos, aumentando o cenário de reutilização, captação e uso consciente da água.

##### b) Energia:

Este pilar tem como finalidade reduzir o consumo de energia elétrica da rede e de combustível através de ações e tecnologias Ecoeficientes.

##### c) Emissões:

O pilar emissões surgiu com o objetivo de implantar a gestão de carbono, contabilizando as emissões de seus processos.

##### d) Resíduos:

O pilar resíduo baseia se no fato de que qualquer resíduo de qualquer sistema produtivo só pode ser proveniente das matérias-primas ou insumos

de produção utilizada no processo, sejam eles operacionais ou dos processos de apoio.

O foco principal da ecoeficiência é trabalhar na não geração e na redução dos resíduos sólidos para que sejam encaminhados para o aterro apenas rejeitos. Dessa forma, tem-se a diminuição dos resíduos, trazendo um imediato resultado financeiro para a empresa, e o benefício ambiental é otimização da vida útil do aterro.

e) Biodiversidades:

O pilar Biodiversidade tem como objetivo monitorar os mamíferos, aves e flora na área de intervenção e no entorno do empreendimento.

Para que o programa fosse aderido e pudesse trabalhar em sinergia com o SOL, foi elaborado “ECO *Kaizen*” para que além dos ganhos de produtividade e financeiros, as equipes também calculassem os ganhos ambientais das melhorias implantadas.

Todo projeto para ser considerado ecoeficiente tem que apresentar uma melhoria no processo que gerou ganhos ambientais e financeiros. Os projetos surgem através do levantamento das necessidades dos *Kaizens* e passam por avaliação do corpo técnico que calcula os ganhos ambientais.

#### **4.5 Aplicação da Metodologia no Processo de Biogás**

O projeto atualmente em operação no aterro classe sanitário é a captação e queima do biogás para a geração de créditos de carbono. Neste caso, um teor de oxigênio (O<sub>2</sub>) um pouco mais elevado, não interfere no processo.

A operação do aterro e a do biogás ocorre concomitantemente. Em função disso, são necessárias movimentações de linhas, conexões e desconexões. Essas movimentações resultam muitas vezes em danos nas linhas que propiciam a entrada de oxigênio reduzindo assim a concentração de metano (gás de interesse do processo).

Para projetos futuros de valorização do biogás, que estão em estudos necessitam de um maior controle da entrada de O<sub>2</sub> para viabilizar suas implementações.

A partir da identificação do problema no processo foi utilizada a metodologia do *Kaizen* para resolução do problema.

A equipe concluiu que a troca das tubulações danificadas resolveria o problema, porém resultaria na compra de novas matérias-primas e a geração de resíduos, já que as tubulações substituídas teriam que ser descartadas.

Utilizando os princípios da produção enxuta e a produção mais limpa a equipe decidiu estudar alternativas para a recuperação desses tubos danificados de forma a aumentar a produtividade, com baixo custo e com menor impacto ambiental.

A ferramenta da qualidade *Ishikawa* permitiu identificar a causa raiz do problema, que estava no processo de manutenção dos tubos. O projeto constitui então em uma revisão do processo de manutenção das tubulações em campo, onde apenas as partes danificadas são retiradas, consertadas e recolocadas, conforme mostra a figura 17. Dessa forma não era necessário retirar toda a tubulação não gerando gastos na compra de materiais.

Além da economia financeira o processo trouxe ganhos ambientais já que evitou o descarte do material, gerando assim um ciclo fechado de reciclagem ao serem reutilizados no próprio processo e os resíduos gerados retornam para o fabricante para serem reaproveitados num ciclo aberto de reciclagem.

Figura 17: Ilustração das etapas do processo



Fonte: Essencis

O projeto implantado melhorou a eficiência do processo operacional do biogás a concentração de metano melhorou significativamente ao atingir 45% da composição do Biogás (figura 20). Resultados econômicos em redução de custo giraram em aproximadamente R\$ 300.000,00 até dezembro de 2013.

Tratando de ecoeficiência, o projeto possibilitou uma destinação adequada e eficiente com reaproveitamento de 99% dos tubos danificados, sendo 86% com a reutilização no próprio processo, 13% com os resíduos destinados a reciclagem em parceria com terceiros e 1% de perda de material com a destinação ao Aterro Sanitário.

Figura 20: Eficiência Operacional – Biogás

Metas	
CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>
Meta= > 40%	Meta= < 3%
Atual: 45,7 %	Atual= 4,7 %

Fonte: Essencis

O projeto foi implantado com custo zero, apenas contando com as sugestões da equipe operacional e engenharia.

#### 4.6 Aplicação da Metodologia no Aterro Sanitário

A Empresa recebe em média 7.000 tons/dia de resíduos no aterro sanitário. Todo resíduo recebido deve ser disposto no aterro assim que chega e para isso as operações contam com tratores/esteiras que são responsáveis pelo espalhamento e cobertura dos resíduos.

Com auxílio das ferramentas do programa SOL foi identificado problemas com relação ao uso eficientes das máquinas. Alto índice de manutenção e ociosidade dos equipamentos (equipamento está ligado, porém não está produzindo).

A análise de causa identificou que por serem equipamentos antigos os tratores/ já não atendia a eficiência e a ociosidade das máquinas era causada por uma de monitoramento e controle da hora/ máquina trabalhada.

Para solucionar o problema foi feito a substituição dos equipamentos antigos por equipamentos novos com maior capacidade de produção, análise e modelagem de escalas de máquinas baseada nos horários do dia de maior e menor entrada de resíduos, conforme mostra a figura 21.

Figura 21: Escala de Utilização dos Equipamentos

Hora	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sáb
	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão	Previsão
00:00	3 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores
01:00							
02:00							
03:00							
04:00							
05:00							
06:00							
07:00	5 Tratores	5 Tratores	5 Tratores	5 Tratores	5 Tratores	5 Tratores	
08:00							
09:00							
10:00							
11:00							
12:00							
13:00							
14:00	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	4 Tratores	
15:00							
16:00							
17:00							
18:00							
19:00							
20:00							
21:00							
22:00							
23:00							

Fonte: Essencis

Para redução da ociosidade de máquinas pela implantação do sistema de telemetria que tem por objetivo controlar o funcionamento dos equipamentos. O sistema opera conectado ao módulo da injeção eletrônica do veículo capturando informações mecânicas em tempo real, por exemplo: temperaturas do motor consomem de combustível, como essas informações são possíveis identificar se o equipamento está apenas ligado ou se está operando, conforme mostra a figura 23.

O sistema emite alerta por e-mail ou mensagens de texto no celular que permite a supervisão ter um controle em tempo real.

Figura 23: Sistema de Telemetria



Fonte: Essencis

Além da diminuição da produtividade a ociosidade dos equipamentos causa problemas ambientais já que os equipamentos são movidos a diesel e quando ligados emitem gases de escape que são basicamente composto dióxido de carbono e monóxido de carbono. Todas as melhorias implantadas resultaram não só no aumento da produtividade como refletiram no inventário de emissões de gases de efeito estufa.

O recebimento de resíduos no aterro sanitário em 2013 foi 10% maior em relação a 2012, contudo, a média de máquinas utilizadas na frente operacional diminuiu. Isso devido às ações do Kaizen ter reduzido a ociosidade e as novas máquinas terem maior produtividade, além disso:

- Redução de 5 para 4 máquinas (tratores), economia de aproximadamente R\$ 63.249,00/mês (valor referente trator + operador);
- Redução de 4% (27.604 litros) no consumo de óleo Diesel, consequentemente reduzindo a emissão de gases;

Em 2013 o aterro sanitário apresentou redução de 36% nas emissões de gases de efeito estufa em relação a 2012, contribuindo para uma redução total de 8,9% das emissões da Empresa, ou seja, 600 ton. CO<sub>2</sub> equivalente.

Investimento:

- a) Valor do investimento para os equipamentos do aterro: R\$ 62.100,00
- b) Manutenção mensal dos equipamentos e sistema: R\$ 4.725,00

Em onze meses de sistema operando gerou uma economia de R\$ 330.248,50, o investimento foi pago em dois meses de operação e um aumento de 26% na produtividade das máquinas, conforme mostra a figura o gráfico 2.



Gráfico 2- Aumento de Produtividade

O programa é acompanhado através de relatórios mensais fornecidos pelo *software* de telemetria, além do acompanhamento em tempo real por satélite dos tratores esteira;

- Controle mensal de produtividade dos tratores em reuniões de Gerência;
- Inventário de emissões dos gases de efeito estufa (GHG *Protocol* Brasil).

O projeto implantado tornou se um novo processo contínuo e inserido no sistema de gestão.

## 5 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Entre os resultados obtidos, é possível identificar impactos qualitativos e quantitativos. Nesta fase inicial uma parte importante dos resultados será quantitativos, relacionados aos números de *Kaizens* realizados, número de pessoas envolvidas e ganhos financeiros.

No primeiro ano de implantação do programa o foco principal era o entendimento e a adaptação da metodologia nos processos da empresa. Conforme mostra a tabela 1 os resultados ficaram acima da meta, boa parte dos *kaizens* realizados foi de aplicação de 5S e com melhorias pontuais.

Tabela 1- Resultados do Primeiro Ano de Implantação

Resultados 2012				
Número de Kaizens	Nº de Melhorias Implantadas	Ganhos Financeiros	Média de Participantes	Meta
22 Eventos	233 Melhorias	R\$ 325.486,90	105 pessoas	20 Kaizens

No segundo ano do programa o objetivo era a consolidação da metodologia com foco na redução de custos, os resultados ficaram abaixo da meta estabelecida e comparados com os resultados do primeiro ano os números ficaram bem abaixo, conforme mostra a tabela 2. As análises dos resultados mostraram uma baixa no engajamento das pessoas, no qual será um ponto a ser trabalhado no próximo ano. Comparando qualitativamente os resultados de 2012 e 2013, mesmo abaixo da meta 2013 mostrou melhores resultados, pois os *kaizens* deixaram de ser de aplicação de 5S com limpeza e organização para *kaizens* com foco no trabalho padrão e aumento de produtividade.

Tabela 2- Resultados do Segundo Ano de Programa

Resultados 2013				
Número de Kaizens	Nº de Melhorias Implantadas	Ganhos Financeiros	Média de Participantes	Meta
10 Eventos	115 Melhorias	R\$ 267.542,70	52 pessoas	40 Kaizens

Os resultados da implantação conjunta do programa SOL com o ecoeficiência tem ganhos expressivos financeiramente e representam melhorias significativas de processos, conforme mostra a tabela 3. Mesmo com valores abaixo da meta, os resultados demonstram que é possível unir as duas metodologias e chegar a resultados que expressam aumento de produtividade com ganhos ambientais.

Tabela 2- Resultados do Programa SOL e Ecoeficiência

Resultados 2013 - Programa SOL e Ecoeficiência				
Número de Kaizens	Nº de Melhorias Implantadas	Ganhos Financeiros	Média de Participantes	Meta
2 Projetos	5 Melhorias de Processos 2 melhorias Ambientais	R\$ 630.248,50	35 pessoas	4 Projetos

Os resultados principais da utilização dos formulários A3, acompanhamento das tarefas e matriz de priorização foram o aprendizado gerado na equipe na identificação das melhorias, análise de problemas, priorização de atividades, estabelecimento de cronograma e acompanhamento dos resultados.

Para a aplicação da metodologia foram necessárias várias adaptações no modelo original, por ser uma empresa de diferentes processos e por ser uma inovação a aplicação no segmento de tratamento de resíduos. Os resultados de dois anos de programa ainda não conferem uma aplicação da cultura *lean* nos processos, porém demonstram uma evolução e prova que é possível à aplicação mesmo em um segmento fora de linhas produtivas.

Outro ponto de atenção é dentro da metodologia original escolher apenas algumas atividades, é mais fácil de aplicar e obter resultados, mais se os conceitos não forem bem alinhados a metodologia fica dispersa e acontece de forma mal estruturada com várias partes mal- ajustadas ou seja não acontece em todos os processos, não conversa com outras práticas da empresa, não ocorre uma análise dos resultados e acima de tudo não cria se a cultura do pensamento enxuto.

A organização tem que ter claro o que se espera com a ferramenta, os objetivos específicos e qual mudança cultural e organizacional que precisa acontecer para que os resultados apareçam e sejam de forma contínua.

Um ponto de destaque do sucesso do programa foi o planejamento prévio da implantação e o diagnóstico do perfil da força de trabalho e adequação da linguagem do programa para todos os públicos, o que garantiu a adesão do programa.

Entender as diferenças das tecnologias possibilitou criar um programa que se adequasse a cada característica.

O programa modificou procedimentos e incorporou novas metodologias de trabalho, buscando sempre a melhoria continuamente dos processos operacionais, cujo propósito vai além de aumento da produtividade. É também um processo que humaniza o ambiente, minimizando o trabalho duro, ensinando as pessoas como realizar experimentos usando os métodos científicos, também identificando e eliminando desperdícios no negócio.

Reconhecer as ações dos colaboradores é de suma importância para que o programa ganhe força; pessoas motivadas criam melhorias e incentivam as mudanças. A alta direção tem que apoiar e demonstrar o comprometimento com o tema, assim os resultados vão aparecer.

Como resultado final dos dois anos do programa esta a implantação em todas as áreas da empresa e resultados significativos em curto prazo, principalmente na junção das metodologias de produção enxuta e produção mais limpa.

## 6 CONCLUSÃO

A partir da análise dos conceitos de Manufatura Enxuta e Ecoeficiência elucidados neste trabalho, foi possível apresentar o funcionamento das duas filosofias no contexto de uma empresa de tratamento e valorização de resíduos sólidos industriais, com resultados significativos.

Com dois anos de implantação do programa foi possível evidenciar que a metodologia pode ser aplicada em vários tipos de processos. Sendo necessário fazer adaptações e entender os processos no qual será implantado, apesar da ferramenta ter sido desenvolvida para linhas de produção os conceitos se adaptam em processos de prestação de serviços.

Atrair os conceitos de Manufatura Enxuta com Ecoeficiência atende a uma nova demanda de mercado e dos consumidores e apresentam ganhos financeiros a partir da minimização de desperdício de matérias primas e materiais. Demonstram uma nova forma de se produzir, focando na produtividade, ganhos financeiros e com menor impacto ambiental na cadeia produtiva.

E finalmente concluo que a base da filosofia *Lean* é entender qual a necessidade da sua empresa, dos seus processos e que não existe um único caminho certo ou uma única forma de se fazer e que a gestão participativa na resolução de problemas é o ponto alto da filosofia, pois se chega a resultados efetivos e se garante a continuidade das práticas quando a um envolvimento de todos.

Como tema para futuras pesquisas pode se estudar a aplicação dos conceitos de manutenção preventiva e os ganhos da aplicação das ferramentas assim como a criação de indicadores de produtividade para cada tecnologia, vinculado os impactos na produtividade com relação à parada de equipamentos.

**REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, J.A.R. DE. **Uma visão geral da mentalidade enxuta, conceitos e ferramentas**. São Carlos: 2006.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

CNTL (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS). **Manual: questões ambientais e produção mais limpa**. Curso de Formação de Consultores em Produção mais Limpa, Fortaleza, dezembro, 2001.

DALLA, D.W, MORAIS.P.L.L. **Produção enxuta: vantagem e desvantagem competitivas decorrentes da sua implementação em diferentes organizações**. XIII SIMPEP, Bauru.2006

DENNIS, P. **Lean Production Simplified**. Productivity Press: New York, 2007.

DIAS, T.L.R. **Conceito de manufatura enxuta aplicada a uma indústria de suprimentos e dispositivos médicos**. Monografia apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais. 2006.

ELIAS, S. J. B, MAGALHÃES, L. C. **Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Ouro Preto, 2003.

FERREIRA, A. A.; REIS, A. C. F.; PEREIRA, M. I. **Gestão Empresarial: de Taylor aos Nossos Dias**. 1º ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

FOELKEL, C. **Ecoeficiência e Produção Mais Limpa para a Indústria de Celulose e papel de Eucalipto**. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. São Paulo, 2008.

LAYRARGUES, Philippe Pomier, **Sistemas de Gerenciamento Ambiental, Tecnologias Limpas e Consumidor Verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo**. RAE - Revista de Administração de Empresas, v. 40 • n. 2 • Abr./Jun. 2000.

LIKER, J, MÉIER, D. **O Modelo Toyota. Manual de Aplicação: Um Guia Prático para a Implementação dos 4 PS da Toyota**. Porto Alegre, Bookman. 2007.

MILANI, U.L, OLIVEIRA, R. D. **Princípios de produção enxuta: um estudo bibliográfico e empírico sobre as contribuições e limitações de sua implantação nas organizações**. VII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. 2010.

MELMAN, S. **Depois do Capitalismo**. São Paulo: Editora Futura. 2002.

MOURA, A.A L. **Qualidade e gestão ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 1400 nas empresas**. São Paulo: Editora Juarez, 2002.

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

PASCAL, D. **Produção LEAN Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ROBBINS, S. P. **Administração - mudanças e perspectivas**. São Paulo: Saraiva. 2001.

ROTHER, M, SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil. 1999,97 p.

SILVA, G.L- **Melhoria do Processo Produtivo na Montagem de Peças de Material Composto**. Trabalho de conclusão de curso apresentado à universidade de São Paulo. São Paulo. 2008

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta. Uma Revolução nos Sistemas Produtivos.** Porto Alegre, Bookman. 2000,

SISINNO, C. L. S, BARROS, R. L. P. **Ecoeficiência em Laboratórios e Estabelecimentos de Saúde.** Bionotícias, n.66, 2004.

SISINNO, C. L. S. MOREIRA. C.J. **Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde,** p.2, 2005.

PALADINI, Edson Pacheco. **Controle de qualidade: uma abordagem abrangente.** 1ªed. São Paulo: Atlas, 1990.

PAIXÃO, A. G. L. **Implementação de Práticas da Produção Enxuta: Um Estudo De Caso Em Uma Fábrica De Produtos De Papel.** Trabalho de Conclusão de curso apresentada à Universidade de São Paulo. São Paulo

PETTER, R.R, VAZ, R. C. RESENDE, M. M. L. **Produção Limpa, Produção Mais Limpa, Produção Enxuta, 5S e Manutenção Autônoma - uma proposta metodológica de implantação conjunta.** VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro. 2011

VITERBOR, J.Ê, **Sistema integrado de gestão ambiental “como implementar a ISO14000 a partir da ISSO 9.000 dentro de um ambiente de GQT.** São Paulo: Editora Aquariana LTDA.1998.

VAZ, R.C, OLVEIRA, L. I, RESENDE, M. L. **Produção Limpa x Produção Enxuta: uma revisão dessas ferramentas.** XV Simpósio de Engenharia de Produção. São Paulo. 2008.

WOMACK, J. P., JONES, Daniel T. **A Mentalidade enxuta nas empresas.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation.** Simon & Schuster: London, UK, 2003.