

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL PROFISSIONAL
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA
AMBIENTAL – ÊNFASE EM GESTÃO AMBIENTAL

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL
NO PROCESSO DE PINTURA AUTOMOTIVA**

THIAGO ANTÔNIO DE PAULA DRUMOND

Florianópolis
2013

THIAGO ANTÔNIO DE PAULA DRUMOND

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL
NO PROCESSO DE PINTURA AUTOMOTIVA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional, para a obtenção do Título de MESTRE PROFISSIONAL em Engenharia Ambiental.

Prof. Fernando Soares Pinto
Sant'Anna, Dr. – Orientador

Florianópolis
2013

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL NO
PROCESSO DE PINTURA AUTOMOTIVA

THIAGO ANTÔNIO DE PAULA DRUMOND

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre Profissional em Engenharia Ambiental e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Profissional da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr. ENS/UFSC – Coordenador do curso

Prof. Fernando Soares Pinto Sant’Anna, Dr. ENS/UFSC – Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof.^a Cátia Regina Silva Carvalho Pinto, Dr.^a. – ENS/UFSC – Membro Interno

Prof.^a Lisiane Ilha Librelotto, Dr.^a. – ENS/UFSC – Membro Interno

Prof.^a Maria Nagel Hassemer, Dr.^a. – ENS/UFSC – Membro Externo

Florianópolis, 16 de Agosto de 2013

Dedicatória

Ao meus heróis. Aqueles que nunca deixaram de acreditar nos meus sonhos, por menores que fossem ou por mais impossíveis que eles pudessem parecer.

Obrigado por tudo e pra sempre:

A Dinha e ao Né ...

AGRADECIMENTOS

A força maior que comanda e rege a tudo e a todos, que nos move na esperança de sermos a cada dia melhores do que fomos ontem e somos hoje; que nos ensina a viver e que nos permite partilhar das maravilhas deste mundo; que nos ajuda a levantar quando caímos e nos derruba quando pensamos estar no topo do mundo; que nos faz sentir uma brisa do vento e o cantar dos pássaros. A essa força maior que chamamos de DEUS.

As pessoas mais importantes na minha vida, que cada uma ao seu jeitinho me faz querer ainda mais buscar meus sonhos e objetivos, ultrapassar as dificuldades e celebrar as vitórias. DINHA, NATA E BELA, amo vocês.

A LÍVIA pela paciência, ajuda, carinho, incentivo, “puxões de orelha”, conversas, amizade, companheirismo e amor incondicional por todos esses anos que estamos juntos construindo nosso caminho.

Ao meu primo e irmão BRUNO que mesmo sem saber, muito tem me ajudado a ser uma pessoa melhor e mais paciente com os outros e comigo mesmo.

A todos da FAMÍLIA DE PAULA pelo carinho, ajuda, amizades, festas e “Zalêns” que fazem parte de nossas vidas e nos une em uma família tão bonita.

Ao meu orientador PROF. DR. FERNANDO SANT’ANNA pela orientação, ensinamentos, incentivo e por ter aceitado esse desafio em me ajudar a me tornar um mestre.

A UFSC e a todos os PROFESSORES do programa de pós-graduação pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional.

Aos COLEGAS DO MESTRADO pela companhia, conselhos, ensinamentos, brincadeiras, ajudas, risadas e por compartilharem dessa batalha juntos. Nós conseguimos.

Aos meus colegas e amigos da pintura que durante esses quase 6 anos que convivemos e sofremos juntos muito me ensinaram. Em especial ao NEIMAR, FERNANDINHO, MANEL e JEAN. Vocês foram mais que

amigos, foram irmãos, pais, ombros, refúgio: e sei que sempre posso contar com vocês.

Ao CRUZ pelo incentivo, ensinamentos e ajuda para que não somente esse mas todos os desafios que apareceram pudessem ser ultrapassados sem tanto sofrimento. Você sabe que sem uma “mãozinha” sua esse desafio do mestrado não teria se realizado. Valeu meu chefe, ou melhor, meu LÍDER. Deixa o “chefe” pra quem realmente precisa aprender a ser um líder de verdade um dia.

A TODOS que de alguma forma contribuíram para que mais esse desafio que vai chegando ao seu final pudesse ser realizado da melhor forma possível. Pedras sempre estarão em nosso caminho, o que nos faz diferentes é como passamos por elas.

Valeu NÉ. Caprichei na letra!

Obrigado.

Epígrafe

“... Vocês não tem consciência nem que vocês não tem consciência ...”

Zezé de Paula

“Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada.”

Albert Einstein

RESUMO

DRUMOND, Thiago Antônio de Paula, **APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL NO PROCESSO DE PINTURA AUTOMOTIVA**. 2013. 162 f. Dissertação (Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental). UFSC, Florianópolis.

Esta dissertação trata do estudo da utilização de técnicas de produção sustentável em um processo de pintura automotiva de uma montadora localizada na região metropolitana de Belo Horizonte em Minas Gerais. Com a busca pela inovação, mercado, utilização de linhas de produção mais eficazes e ainda mais produtivas surgem também grandes quantidades de resíduos gerados em seus processos, maior consumo de recursos energéticos e ambientais para suportar uma demanda cada vez maior. Um desafio para essas indústrias de transformação é a busca de alternativas para a redução da degradação ambiental causada em seus processos produtivos. A proposta principal desta dissertação baseou-se na utilização de metodologias como a produção mais limpa (P+L) em conjunto com a produção enxuta, visando a melhoria e modificação de processos e tecnologias, que poderiam minimizar os impactos de suas atividades. Para a execução destes objetivos foram utilizadas as metodologias de implementação de P+L, respeitando o andamento de suas fases, assim como as técnicas de produção enxuta através do uso de suas ferramentas, tais como, *Kaizens*, ciclo PDCA, 5W1H, 4Ms entre outras. A comprovação de melhoria na sustentabilidade ambiental do processo produtivo pode ser observada nos indicadores de consumo energéticos, assim como na redução da geração de resíduos, observando a diminuição do impacto ambiental no processo produtivo de pintura de carrocerias. A expectativa desta dissertação foi de contribuir para “abrir os olhos” das pessoas e instituições para se agir na causa raiz da geração dos resíduos, quebrando paradigmas de que os desperdícios são características intrínsecas aos processos.

Palavras-chave: Produção Sustentável; P+L; Produção Enxuta; Pintura Automotiva.

ABSTRACT

DRUMOND, Thiago Antônio de Paula. IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE PRODUCTION TECHNIQUES IN THE PROCESS OF AUTOMOTIVE PAINT SHOP. 2013. 162 f. Dissertation (Master's in Environmental Engineering). UFSC, Florianópolis.

This dissertation deals with the study of using sustainable production techniques in a process of automotive painting shop an automaker located in the metropolitan region of Belo Horizonte in Minas Gerais. With the search for innovation, market, utilization of production lines more efficient and more productive arise also generated large amounts of waste in their processes, higher consumption of energy and environmental resources to support a growing demand. A challenge for these manufacturing industries is the search for alternatives to reduce environmental degradation caused in their production processes. The main purpose of this dissertation is based on the use of methodologies such as cleaner production (CP) together with lean production, aiming at the improvement and modification of processes and technologies that could minimize the impact of its activities. To implement these goals the methodologies of implementing PL, respecting the progress of its phases, as well as the techniques of lean production through the use of its tools, such as Kaizen, PDCA, 5W1H, 4Ms among others Evidence of improvement in environmental sustainability of the production process can be observed in the indicators of energy consumption, as well as the reduction of waste generation, noting the reduced environmental impact in the production process of painting vehicle bodies. The expectation of this thesis was to contribute to "open the eyes" of people and institutions to act on the root cause of waste generation, breaking paradigms that waste are intrinsic to the processes.

Keywords: Sustainable Production, P+L, Lean Production and Automotive Paint Shop.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Vista aérea do complexo industrial	07
FIGURA 2 Produção de automóveis – 2001/2012	08
FIGURA 3 Produção de veículos por continente	09
FIGURA 4 Números da indústria automobilística brasileira	11
FIGURA 5 Distribuição das unidades de produção no Brasil	12
FIGURA 6 Escopo da produção automotiva brasileira	14
FIGURA 7 Exemplo de uma unidade produtiva de prensas	19
FIGURA 8 Exemplo de uma unidade produtiva de funilaria	20
FIGURA 9 Exemplo de uma unidade produtiva de pintura	21
FIGURA 10 Exemplo de uma unidade produtiva de motopropulsão .	23
FIGURA 11 Exemplo de uma unidade produtiva de montagem	24
FIGURA 12 Exemplo de uma unidade produtiva de acabamento final	25
FIGURA 13 Processo de pintura da lataria dos automóveis	26
FIGURA 14 Organograma da UOP	27
FIGURA 15 Processo de pré-tratamento da UOP	28
FIGURA 16 Formação dos cristais de fosfato com o uso do condicionador (refinador)	32
FIGURA 17 Formação da lama ou borra de fosfato	34
FIGURA 18 Relação catodo x anodo no processo de eletrodeposição	38
FIGURA 19 Carroceria no processo de cataforese	39

FIGURA 20 Fluxograma de funcionamento do STP	49
FIGURA 21 Casa do STP	52
FIGURA 22 Ciclo do PDCA	55
FIGURA 23 Ideogramas japoneses que significam melhoramento contínuo	57
FIGURA 24 Tipos de <i>Kaizen</i>	59
FIGURA 25 Exemplo de formulário de 5 Porques	61
FIGURA 26 Exemplo de formulário de 5WH	62
FIGURA 27 Exemplo de um formulário de espinha de peixe associado aos 4 Ms	63
FIGURA 28 Exemplo de um formulário de <i>Quick Kaizen</i>	64
FIGURA 29 Exemplo de um formulário de <i>Standard Kaizen</i>	65
FIGURA 30 Exemplo de um formulário de <i>Major Kaizen</i>	66
FIGURA 31 Exemplo de um formulário de <i>Advanced Kaizen</i>	67
FIGURA 32 Fluxograma para o estabelecimento de prioridade na identificação de oportunidades de P+L num processo produtivo	70
FIGURA 33 Abordagem de Fim de Tubo x P+L	71
FIGURA 34 Barreiras que podem dificultar a implementação do programa de P+L	73
FIGURA 35 Níveis de aplicação de P+L	78
FIGURA 36 Esquema de integração dos sistemas de gestão	84
FIGURA 37 Esquema representativo da UOP	86

FIGURA 38 Oportunidades, nível e subnível de aplicação do P+L	102
FIGURA 39 Levantamento de custos estimados relativos aos projetos P+L	104
FIGURA 40 Consumo específico de Água – Antes e depois	114
FIGURA 41 Média específica do consumo de Água – Antes e depois	115
FIGURA 42 Consumo específico de Gás Natural – Antes e depois ...	115
FIGURA 43 Média específica do consumo de Gás Natural – Antes e depois	116
FIGURA 44 Consumo específico de Energia Térmica – Antes e depois	116
FIGURA 45 Média específica do consumo de Energia Térmica – Antes e depois	117
FIGURA 46 Consumo específico de Energia Elétrica – Antes e depois	117
FIGURA 47 Média específica do consumo de Energia Elétrica – Antes e depois	118
FIGURA 48 Consumo específico de Ar Comprimido – Antes e depois	118
FIGURA 49 Média específica do consumo de Ar Comprimido – Antes e depois	119
FIGURA 50 Geração específica de Resíduos – Antes e depois	119
FIGURA 51 Média específica de geração de Resíduos – Antes e depois	120
FIGURA 52 Comparativo de custos – Antes e depois	121
FIGURA 53 Custo, benefício e B/C dos projetos	122

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Formação do Ecotime	92
TABELA 2 Quantidade de insumos (anual) utilizados nos processos da UOP	110
TABELA 3 Consumo específico de Água	110
TABELA 4 Consumo específico de Gás Natural	111
TABELA 5 Consumo específico de Energia Térmica	111
TABELA 6 Consumo específico de Energia Elétrica	111
TABELA 7 Consumo específico de Ar Comprimido	112
TABELA 8 Geração específica de Resíduos	113
TABELA 9 Custo de controle de Insumos e Resíduos	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4M – Mão-de-obra, Material, Máquina e Método;
5S – Sentos do sistema de harmonização japonês (*Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu, Shitsuke*);
5W1H – *What* (o que), *When* (quando), *Who* (quem), *Where* (onde), *Whick* (qual) e *How* (como);
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ANOVA – Análise de Variância;
B/C – Custo x Benefício;
Cc – Cilindradas
CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro Para o Desenvolvimento Sustentável;
Di – Desmineralizada;
DOE – *Design Of Experiments*;
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes;
EUA – Estados Unidos da América;
IFF – Insonorizantes pré-formados de betume (manta asfáltica);
IR – Infravermelho;
ISO – *International Organization for Standardization*;
KG – Quilograma;
KPI – Indicadores de performance;
MC – Melhoria Contínua;
MG – Minas Gerais;
 μm – Micrômetro
Nm – Newton metro
OICA – Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos;
P+L – Produção mais Limpa;
PDCA – *Plan* (planejar), *Do* (executar), *Check* (verificar) e *Act* (ações corretivas);
pH – Potencial Hidrogeniônico;
PM – Matriz de manutenção;
PPA – Análise do Ponto de Processo;
PVC – Policloreto de Polivinila (*Polyvinyl Chloride*);
QM – Matriz de Qualidade;
QX – Matriz de Relacionamentos;
RTO – Reator Termo Oxidativo;
SGA – Sistema de Gestão Ambiental;
STP – Sistema Toyota de Produção;
TIR – Taxa Interna de Retorno
TON – Tonelada;

UF – Ultrafiltrado;
UNCED – *United Nations Conference on Environment Development*;
UOP – Unidade Operativa Pintura;
UTE – Unidade Tecnológica Elementar;
UV – Ultravioleta;
VLP – Valor Presente Líquido;
VOC – *Volatile Organic Compound*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA	03
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA	03
1.3	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	04
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	04
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	06
2.1	CONTEXTO DA PESQUISA	06
2.1.1	Setor automobilístico internacional	07
2.1.2	Setor automobilístico nacional	09
2.1.3	Sustentabilidade e a indústria	14
2.2	PROCESSO DE PRODUÇÃO AUTOMOTIVO	18
2.2.1	Cadeia produtiva	18
2.3	PROCESSO DE PINTURA AUTOMOTIVA	25
2.3.1	Unidade Operativa Pintura – UOP	26
2.3.2	Pré-tratamento	27
2.3.3	Cataforese	35
2.3.4	Sigilatura	39
2.3.5	Primer	40
2.3.6	Revisão de fundo	41
2.3.7	Esmaltes	41
2.3.8	Revisão dos esmaltes	43
2.3.9	Estufas ou fornos	44
2.4	SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA	44
2.4.1	Eliminação de desperdícios	49
2.4.2	A cultura da qualidade – <i>Jidoka</i>	52
2.4.3	A padronização de atividades e o nivelamento da produção	53
2.4.4	O ciclo PDCA e suas características	54
2.4.5	Melhoria contínua (MC) e a utilização do <i>Kaizen</i>	56
2.4.6	5S	59
2.4.7	5 Porques (análise de causa raiz)	60
2.4.8	5W1H	61
2.4.9	4 “Ms” e espinha de peixe (<i>Ishikawa</i>)	62
2.4.10	<i>Quick, Standard, Major e Advanced Kaizen</i>	63
2.5	SISTEMA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA	67
2.5.1	Produção mais limpa (P+L)	67
2.5.2	Vantagens e barreiras à produção mais limpa (P+L)	72
2.5.3	Princípios da produção mais limpa (P+L)	73
2.5.4	Descrição das fases de implementação da P+L	74

2.5.5	Fase 1: Pré-avaliação	74
2.5.6	Fase 2: Capacitação e sensibilização dos profissionais da empresa	75
2.5.7	Fase 3: Elaboração do diagnóstico ambiental e de processo	75
2.5.8	Fase 4: Elaboração do balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo	76
2.5.9	Fase 5: Avaliação do balanço elaborado e identificação de oportunidades de P+L	77
2.5.10	Fase 6: Priorização das oportunidades identificadas na avaliação	78
2.5.11	Fase 7: Elaboração do estudo de viabilidade econômica das prioridades	80
2.5.12	Fase 8: Estabelecimento de um plano de monitoramento	81
2.5.13	Fase 9: Implantação das oportunidades de P+L prioritizadas	81
2.5.14	Fase 10: Definição dos indicadores do processo produtivo	82
2.5.15	Fase 11: Documentação dos casos de P+L	82
2.6	SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA: RELAÇÃO ENTRE PROGRAMAS DE P+L E GESTÃO AMBIENTAL	83
2.6.1	Barreiras à implementação de P+L	85
3	METODOLOGIA	86
3.1	UOP – UNIDADE OPERATIVA PINTURA	86
3.2	FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DO P+L	91
3.2.1	Fase 1: Pré-avaliação	91
3.2.2	Fase 2: Capacitação e sensibilização dos profissionais ...	91
3.2.3	Fase 3: Elaboração do diagnóstico ambiental e de processos	93
3.2.4	Fase 4: Elaboração do balanço ambiental econômico	95
3.2.5	Fase 5: Avaliação do balanço elaborado e identificação de oportunidades de P+L	98
3.2.6	Fase 6: Priorização das oportunidades identificadas na avaliação	99
3.2.7	Fase 7: Elaboração do estudo de viabilidade econômica das prioridades	103
3.2.8	Fase 8: Estabelecimento de um plano de monitoramento	105
3.2.9	Fase 9: Implantação das oportunidades de P+L	

	priorizadas	106
3.2.10	Fase 10: Definição dos indicadores do processo produtivo	107
3.2.11	Fase 11: Documentação dos casos de P+L	108
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS ...	109
4.1	CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA	114
4.2	CONSUMO ESPECÍFICO DE GÁS NATURAL	115
4.3	CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA	116
4.4	CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA ELÉTRICA	117
4.5	CONSUMO ESPECÍFICO DE AR COMPRIMIDO	118
4.6	GERAÇÃO ESPECÍFICA DE RESÍDUOS	119
4.7	RELAÇÃO DE CUSTOS	120
5	CONCLUSÕES	123
5.1	CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO	124
5.2	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	124
	REFERÊNCIAS	125
	ANEXOS	132
	A – PROJETO REDUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE PAPEL	132
	B – PROJETO REDUÇÃO DO NÚMERO DE IMPUREZAS NO PRODUTO FINAL	137
	C – PROJETO REDUÇÃO DO CONSUMO DE LIXAS	140
	D – PROJETO REDUÇÃO DO RESÍDUO DE TINTA DAS CABINES DE PINTURA	145
	E – PROJETO REDUÇÃO DO CONSUMO DE TINTA	151
	F – PROJETO REDUÇÃO DOS ÍNDICES DE VOC	157

1 INTRODUÇÃO

A preocupação formal com o meio ambiente é recente na história da humanidade. Esta preocupação tem se manifestado de modo mais acentuado a partir dos anos 1960. Diversos encontros mundiais foram realizados desde então, dos quais alguns podem ser realçados, por suas decorrências. Em 1972, foi realizada uma conferência mundial sobre Meio Ambiente, em Estocolmo. Em 1992, foi realizada a ECO-92, no Rio de Janeiro, promovida pela UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*). Neste, foi elaborada a Agenda 21, que passou a ser opção de referência na implantação de programas e políticas de preservação do meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Dois encontros ocorreram: em *Kioto*, em 1998, no qual se discutiu o impacto das emissões gasosas ao meio ambiente e em Johannesburgo (Rio mais dez, em 2002), a conferência das Nações Unidas sobre ambiente e desenvolvimento sustentável (MACHADO, 1997; LUZ; SELITTO; GOMES, 2006).

Segundo Gomes (2006), pensando cada vez mais nas questões ambientais, os lançamentos de produtos novos baseados nos princípios ambientais da Agenda 21, passam a ser um dos principais fatores de competitividade, fazendo com que se reduza o intervalo de lançamentos, procurando levar para o mercado, pelo menos, uma novidade a cada ano, através de produtos totalmente novos ou inovações nos produtos em exercício. Dessa forma, as linhas de produção já instaladas estão sempre sendo influenciadas por inovações, onde a capacidade e rapidez de inovação é um fator-chave de sucesso.

Nesta busca pela inovação, mercado, utilização de linhas de produção mais eficazes e inovadoras surgem também a grande quantidade de resíduos gerados em seus processos para que estas ideias possam ser colocadas em prática, assim como um maior consumo de recursos energéticos e ambientais para suportarem a cada vez maior demanda.

Em relação à indústria automotiva, Medina e Gomes (2003) comentam que é certo que o futuro do automóvel passa pela capacidade dos fabricantes de reduzir e/ou compensar seus efeitos danosos sobre o ambiente, desde a fabricação de materiais até a reciclagem de autopeças e de veículos no final da vida útil.

Young e Lustosa (2001) argumentam que os resíduos industriais, sejam sólidos, líquidos ou gasosos, podem ser reaproveitados em diversos casos: para a cogeração de energia, a extração de substâncias

reutilizáveis e a reciclagem de materiais, dessa forma reduzindo-se os impactos e melhorando o desempenho ambiental.

O desenvolvimento de processos menos poluentes traz consigo várias vantagens dentre as quais podem ser citadas: a redução na geração de resíduos, menores impactos causados no meio ambiente, maior facilidade na obtenção de linhas de crédito junto a bancos e entidades afins, e como consequência, a redução nos custos de manufatura do produto fabricado. Isto faz com que as empresas desenvolvam ações de caráter preventivo. A utilização de metodologias para minimização de resíduos contribuem de forma significativa para a redução de elementos que possam causar a degradação ambiental.

Uma técnica de grande valia para reduzir impactos ambientais nos processos utilizados pelas indústrias, seus produtos e serviços, o processo de Produção Mais Limpa (P+L) resulta de uma ou mais medidas combinadas, tais como conservação da matéria-prima, água e energia, eliminação de matéria-prima tóxica ou perigosa e redução na quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos na fonte durante o processo de produção, (MELLO, 2002).

Em relação aos produtos, a Produção Mais Limpa objetiva reduzir os impactos ambientais, de saúde e segurança em relação à totalidade de seu ciclo de vida, (definido pela ISO/CD 14040 (ABNT, 2002) como os estágios consecutivos e inter-relacionados de um sistema de produtos e serviços, da extração dos recursos naturais ao descarte final). A abordagem da produção mais limpa pode também incluir o redesenho de um produto ou eco design, que atenda às necessidades do consumidor e que incorpore melhores práticas ambientais.

Outra técnica recentemente utilizada baseia-se no modelo de Pensamento Enxuto ou Produção Enxuta, modelo japonês de administração (Womack, 1992). O pensamento enxuto introduzido pelo Sistema de Produção Enxuta da Toyota (montador japonesa), revolucionou o padrão já existente da produção americana em massa. As inovações são focadas principalmente em flexibilidade na produção e também eliminação contínua de desperdício, reduzindo o investimentos em máquinas e aumentando a valorização dos operadores com qualificação e delegação de responsabilidades.

Através de uma maneira de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Ou seja, o objetivo crucial é produzir mais com cada vez menos, não somente custo, mas também: menos esforço humano,

menos equipamento, menos tempo, menos espaço e com menor utilização de recursos naturais.

Para que ocorra o desenvolvimento da produção de forma sustentada, é preciso prevenir, evitar ou minimizar estes impactos gerados ao meio ambiente, permitindo que as futuras gerações tenham o direito de usufruir do meio ambiente nas mesmas condições que as gerações presentes. Assim, o resultado esperado com esta pesquisa é encontrar oportunidades de otimização de processos de pintura de carrocerias em uma montadora automobilística na região metropolitana de Belo Horizonte, através da melhoria dos controles e processos, redução do uso de recursos ambientais, buscando uma melhor alternativa de desenvolvimento sustentável.

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A crescente preocupação com os efeitos ou impactos ambientais gerados pela ação antrópica no meio ambiente vem sendo motivada pela queda da qualidade de vida ocasionada pela rápida degradação ambiental.

Um dos desafios atuais das indústrias de transformação é criar alternativas para manter ou aumentar seus lucros, com a redução da degradação ambiental causada por seus processos ou produtos.

Neste estudo serão abordadas questões ambientais envolvidas no processo de pintura automotiva de carrocerias de uma multinacional automobilística situada na região metropolitana de Belo Horizonte, na cidade de Betim, em Minas Gerais. A estratégia a ser adotada será a otimização de processos, impactos ambientais, melhoria contínua, redução na fonte ou eliminação de rejeitos e/ou resíduos.

A questão da pesquisa estabelece: Quais são as oportunidades de melhorias que podem vir a ser realizadas no processo automotivo de pintura visando a redução de impactos ambientais?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral deste trabalho é identificar as oportunidades de melhorias de processo visando ganhos ambientais preliminares à pintura de carrocerias de uma indústria automobilística na região metropolitana de Belo Horizonte, em Betim, Minas Gerais.

Os objetivos específicos propostos são:

- Mapear o processo produtivo de pintura, subdividindo-o em etapas a fim de identificar oportunidades de melhorias.
- Utilizar técnicas de P+L e produção enxuta buscando minimizar a geração de resíduos.
- Estimar o B/C (Custo x Benefício) global das melhorias obtidas nos processos produtivos, que acarretam na diminuição de danos ambientais ou redução de consumo de recursos energéticos.
- Comprovar a melhoria na sustentabilidade ambiental do processo de pintura automotiva visando ganhos para a empresa onde realizou-se este estudo.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O conceito de desenvolvimento sustentável, conforme o Relatório de *Brundtland* (BRUNDTLAND, 1991), pressupõe um modelo de desenvolvimento que atenda às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Assim, a busca pelo desenvolvimento sustentável tem conduzido a constantes desafios e questionamentos, pois conceitos antes considerados antagônicos, como lucro, preservação do meio ambiente e bem estar social devem ser agora harmonizados e tratados de forma indissociável. A falta de entendimento deste conceito como um todo, tem levado, no entanto, a interpretações e posturas errôneas.

A carência de informação ou até mesmo a utilização de conceitos errôneos, conduz à ações ineficazes e dispendiosas, o que leva ao tratamento das consequências e não à verdadeira causa raiz do problema.

A proposta principal deste trabalho baseia-se na utilização de metodologias que visam a melhoria, modificação ou até substituição de tecnologias, que possam ocasionar ganhos através da otimização dos processos a fim de minimizar os impactos ambientais de suas atividades.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação divide-se em cinco partes principais, onde a primeira, já apresentada, compõe-se da introdução que cita o tema abordado pelo trabalho e os objetivos geral e específicos. Finalizando esta primeira parte estão inclusas as justificativas que evidenciam a pertinência do tema escolhido.

A base teórica que contextualiza o cenário da pesquisa incluindo os processos da cadeia produtiva automotiva, assim como o processo produtivo de pintura de carrocerias e os tipos de sistema de produção utilizados nesta dissertação, são apresentados na segunda parte através da revisão bibliográfica.

A terceira parte refere-se à metodologia que será utilizada para otimização dos processos e ferramentas relacionadas à especificidade do problema.

O capítulo quarto trata da apresentação e análise dos resultados.

O quinto capítulo traz as conclusões, limitações e sugestões relacionadas ao trabalho que possam ser usadas em pesquisas futuras.

Como finalização estão inclusas as referências bibliográficas no desenvolvimento de todo o trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONTEXTO DA PESQUISA

Utilizando-se de pioneirismo e inovação como características marcantes de seu compromisso com o Brasil, a indústria automobilística deste estudo presa por produtos de alta qualidade, tecnologia, design, respeito ao consumidor e responsabilidade social. Tais atributos a tornaram uma das maiores empresas automobilísticas do país, com maior crescimento no mercado nacional e líder de vendas de seu setor.

O seu grupo é o maior grupo industrial da Itália e um dos maiores do mundo, com operações industriais em mais de 60 países espalhados pelos cinco continentes do planeta.

As principais atividades do grupo no Brasil concentram-se na produção e venda de automóveis e caminhões; desenvolvimento e produção de motores e transmissões; produção de peças fundidas em ferro para a indústria automobilística nacional; fabricação de máquinas agrícolas e de construção; produção e comercialização de componentes automotivos; fornecimento de equipamentos de automação industrial; consultoria e formação de pessoal; consultoria e administração empresarial.

O Brasil ocupa hoje um lugar de destaque na estratégia global desta empresa e é um dos principais grupos industriais do país, com atuação diversificada nos segmentos metal-mecânico e de serviços. Operando atualmente em três turnos produtivos com capacidade de produção para até 800.000 veículos/ano, resultado de investimentos da ordem de R\$ 5 bilhões até o ano de 2010, tornando-a uma das maiores fábricas de automóveis do mundo. A dimensão dessa grandeza pode ser vista em seu complexo industrial com mais de 2 milhões de metros quadrados conforme a figura 1.

Investe também em pesquisa e desenvolvimento de produtos, novas tecnologias, qualidade e capacitação da engenharia para executar projetos cada vez mais ousados e inovadores. Tudo em sintonia com os desejos e as aspirações dos clientes.

Desde que chegou ao Brasil, em 1976, estabeleceu-se uma relação com o país que extrapola os limites da fábrica e das relações comerciais. Hoje, a montadora sustenta um forte relacionamento de compromisso e respeito com a sociedade brasileira.

Ao eleger a educação e a inovação como pilares de suas estratégias socioculturais, a empresa reforça o ideal de contribuir com a

formação de cidadãos mais conscientes e criativos, instigando-os a construir um novo futuro para si mesmos, sociedade e meio ambiente.

Por acreditar na união entre desenvolvimento e sustentabilidade, cada passo dessa grande indústria envolve o equilíbrio entre perspectivas econômicas, ambientais e sociais. Também por compreender que as empresas são parte de comunidades dinâmicas, e cada vez mais participativas, valoriza o relacionamento intersetorial, articulando-se, permanentemente, com o governo e a sociedade civil.

Figura 1 - Vista aérea do complexo industrial



Fonte: Site da empresa.

Data de construção: 1973

Data de inauguração: 09 de julho de 1976

Área total: 2.250.000 m²

Área construída: 613.800 m²

2.1.1 Setor automobilístico internacional

Considerada como um dos setores industriais mais dinâmicos, a indústria automobilística mundial é composta por um oligopólio global de empresas internacionalizadas onde são grandes as barreiras econômicas e tecnológicas à entrada de novos competidores.

O setor automobilístico sempre se caracterizou por empresas de grande porte, disseminando inovações na produção e nos produtos, que influenciaram muitos outros setores da economia e a organização dos espaços, começando pela Ford nos EUA com o Fordismo no início do século XX até a Toyota com o *Toyotismo-Just-in-time* na década de 1970. Atualmente, com o seu amplo capital empregado em inovações e adaptações informacionais, é um dos setores da economia mais característico do meio técnico-científico-informacional global.

Dentre os países produtores o Brasil vem tomando um papel de destaque, ocupando atualmente o 6º lugar do ranking de veículos produzidos, conforme figura 2. Ficando atrás de China, Japão, Estados Unidos, Alemanha e Coreia do Sul, segundo dados da OICA (Organização Internacional dos Fabricantes de Veículos).

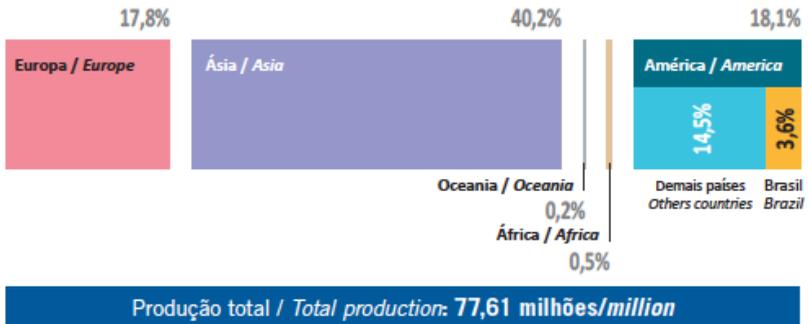
Figura 2 - Produção de autoveículos - 2001/2010

	Mil unidades/Thousand units									
PAÍS/COUNTRY	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
China / China	2.334	3.287	4.444	5.234	5.708	7.278	8.883	9.299	13.791	18.265
Japão / Japan	9.777	10.257	10.286	10.512	10.800	11.484	11.596	11.576	7.934	9.626
Estados Unidos / United States	11.425	12.280	12.115	11.989	11.947	11.292	10.781	8.694	5.731	7.761
Alemanha / Germany	5.692	5.469	5.507	5.570	5.758	5.820	6.213	6.046	5.210	5.906
Coreia do Sul / South Korea	2.946	3.148	3.178	3.469	3.699	3.840	4.086	3.827	3.513	4.272
BRASIL / BRAZIL	1.817	1.792	1.828	2.317	2.531	2.612	2.980	3.216	3.183	3.646
Índia / India	815	895	1.161	1.511	1.639	2.017	2.254	2.332	2.642	3.537
Espanha / Spain	2.850	2.855	3.030	3.012	2.752	2.777	2.890	2.542	2.170	2.388
México / Mexico	1.841	1.805	1.575	1.577	1.684	2.046	2.095	2.168	1.561	2.345
França / France	3.628	3.702	3.620	3.666	3.549	3.169	3.016	2.569	2.048	2.227
Canadá / Canada	2.533	2.629	2.553	2.711	2.688	2.572	2.579	2.082	1.490	2.071
Tailândia / Thailand	459	585	742	928	1.123	1.194	1.287	1.394	999	1.645
Irã / Iran	323	315	582	789	817	904	997	1.051	1.394	1.599
Rússia / Russia	1.251	1.220	1.279	1.386	1.355	1.503	1.660	1.790	725	1.403
Reino Unido / United Kingdom	1.685	1.823	1.846	1.856	1.803	1.650	1.750	1.650	1.090	1.393
Turquia / Turkey	271	347	533	823	879	988	1.099	1.147	870	1.095
República Tcheca / Czech Republic	465	447	442	448	602	855	938	947	983	1.076
Polônia / Poland	348	311	322	601	613	715	785	946	879	869
Itália / Italy *	1.580	1.427	1.322	1.142	1.038	1.212	1.284	1.024	843	857
Argentina / Argentina	236	159	169	260	320	432	545	597	513	717
Indonésia / Indonesia	279	299	322	408	501	296	412	601	485	705
Malásia / Malaysia	359	395	344	472	563	503	442	531	489	568
África do Sul / South Africa	407	404	421	450	525	588	534	563	374	472
Bélgica / Belgium *	1.187	1.057	904	900	927	918	834	724	537	338
Austrália / Australia	319	344	413	411	395	331	335	330	227	243
Suécia / Sweden	289	276	323	340	339	333	366	308	156	217
Outros / Others	1.188	1.466	1.402	1.714	1.996	2.006	2.498	2.566	1.887	2.369
TOTAL / TOTAL	56.304	58.994	60.663	64.496	66.551	69.335	73.139	70.520	61.704	77.610

* Estimativa

Fonte: Anfavea, 2010.

Figura 3 - Produção de veículos por continente



Fonte: Anfavea, 2010.

Como pode-se observar na figura 3, o continente Asiático lidera a produção mundial de veículos com cerca de 40% da produção total, seguido pelos continentes Americano (cerca de 18,1%) e o Europeu (cerca de 17,8%) praticamente empatados. E bem atrás o Africano (0,5%) e Oceania (0,2%), totalizando 77,6 milhões de veículos produzidos em 2010.

2.1.2 Setor automobilístico nacional

O mercado automotivo brasileiro foi bem em 2010, com 3,51 milhões de veículos comercializados e crescimento de 11,9%. A produção também comportou-se bem, com 3,38 milhões de unidades e expansão de 10%. Foi mais um ano de crescimento continuado do mercado e da produção, assim se comportando de 2005 a 2010, com expansão acumulada no período de 105 e 43% respectivamente.

Os resultados são bons, é verdade, mas escondem um aspecto importante a considerar: o fato do mercado crescer quase duas vezes mais que a produção revela que esse crescimento vem sendo abastecido fortemente por importações que, no período 2005-2010, aumentaram 650%, chegando no último ano a 660 mil veículos. Em outras palavras, em 2005 os importados representavam apenas 5,1% do mercado interno e encerraram 2010 absorvendo 19% do total de veículos comercializados.

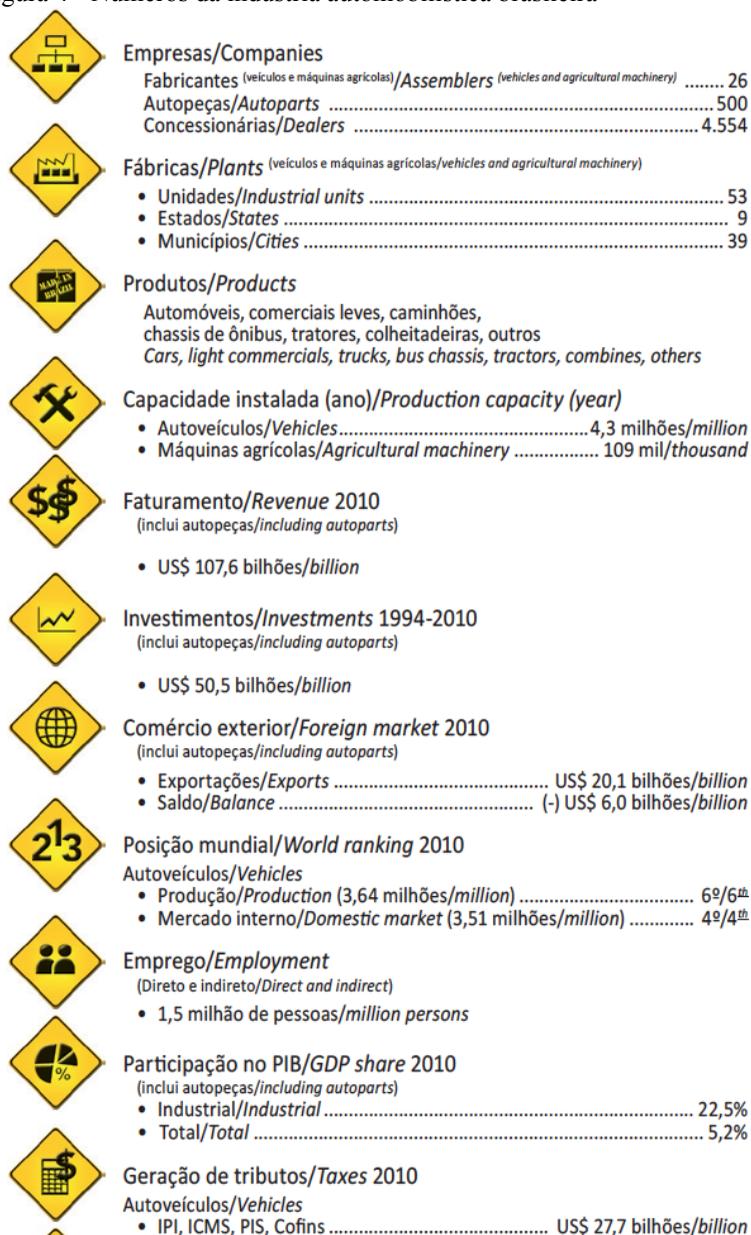
Ao mesmo tempo, no contrafluxo das importações, as exportações brasileiras de veículos vem perdendo participação na produção nacional. Em 2005 as exportações de veículos representaram 31% da produção, participação essa que caiu para 15% no ano passado.

O fato é que se deixa de produzir mais aqui no País, o que geraria mais investimentos, produção, emprego e consumo, num círculo virtuoso.

A competitividade da cadeia automotiva e da própria economia brasileira é uma preocupação atual e deve ser encarada como prioridade essencial. Torna-se necessário agregar valor e competências ao parque industrial, com políticas dirigidas e eficazes, de modo a estruturar a indústria para os novos tempos, fortalecendo-a e criando diferenciais de vantagens comparativas, expandindo a inovação, a tecnologia e a engenharia, de modo a nos elevarmos à condição de eficientes geradores de inteligência automotiva. A competitividade é fator determinante para nosso futuro como produtor global e deve ser tratada em toda a sua dimensão. Não será demais afirmar que competitividade é a senha para o futuro (ANFAVEA, 2010).

Os números da indústria automobilística brasileira são surpreendentes, tanto em escala quanto em quantidade como mostrado na figura 4, fazendo com que o país se firme cada vez mais como uma potência do mercado mundial na produção de automóveis.

Figura 4 - Números da indústria automobilística brasileira



Fonte: Anfavea, 2010.

Figura 5 - Distribuição das unidades de produção no Brasil



Fonte: Anfavea, 2010.

De modo geral, as montadoras instaladas no país, conforme demonstrado na figura 5, têm projetos de construção de grandes unidades e, em sua maioria, serão seguidas por seus fornecedores, já presentes também no Brasil. Com relação aos novos fabricantes de veículos, os

européus estão investindo em plantas de escala significativa e, de modo geral, seus fornecedores mundiais estão inaugurando unidades no país. Com o objetivo de aumentar suas participações no mercado global, principalmente na América do Sul, adotam uma estratégia comum para o Mercosul, buscando a integração das plantas do Brasil e da Argentina.

As novas plantas procuram maior racionalidade, realizando apenas as atividades de estamparia, fechamento e pintura da cabine e montagem final do veículo, transferindo o maior número possível de operações para os fornecedores.

Para atender a esses novos conceitos de produção das montadoras, verificam-se também a entrada e o fortalecimento de grandes fabricantes mundiais de autopeças no país. Vários já estavam presentes, porém estão alargando suas linhas de atuação e consolidando-se nos novos espaços. A maioria instalou-se com uma perspectiva de mercado integrado do Mercosul e até mesmo da América do Sul. Muitos são grandes fabricantes mundiais que hoje constituem-se em um grupo tão atuante como as montadoras de veículos, em função da absorção de inúmeras atividades anteriormente realizadas por elas.

São esperadas mudanças no setor de autopeças, podendo-se observar que deverá crescer o número de fabricantes de determinado produto, uma vez que cada montadora tende a trazer fornecedores diferentes. Há também expectativa de mudanças no relacionamento com as montadoras. À medida que os fornecedores globais – participantes de um grupo que acompanha a montadora em diversos países e responsáveis pelo desenho e desenvolvimento de produto – passam a instalar unidades no país, deve ser estabelecido, então, um novo relacionamento. De porte econômico significativo e com contratos de venda realizados mundialmente, esses fabricantes globais devem obter um relacionamento diferenciado, como, por exemplo, contratos de longo prazo, tamanho de compras garantido e compartilhamento de ganhos de produtividade nas margens de lucro.

Tendo em vista o nível inicial de importação dos sistemas para atender às maiores plantas, bem como a necessidade de aumentar a participação das compras locais, em função de obter menores estoques, redução de custos de logística e maior flexibilidade de operação, acredita-se que há espaço para o desenvolvimento de empresas locais, atendendo não só às montadoras, mas, principalmente, aos novos fornecedores diretos instalados no país.

Cabe destacar a posição privilegiada do Brasil no cenário mundial da indústria automobilística, considerando o desempenho do setor após a estabilidade das economias sul-americanas. Após 1997, quando foram

definidos os primeiros “grandes investimentos”, o Brasil apresentou uma taxa de crescimento média de 12% a.a. na produção de veículos, enquanto o mundo crescia a 3,5%. Apesar das flutuações de demanda, o potencial do mercado interno é o principal objetivo dos investimentos recentes.

Esses investimentos comprovam a importância estratégica do Brasil, em particular, e do Mercosul, em geral, para alguns dos maiores fabricantes mundiais, não só pelo potencial existente de mercado, mas também por ser uma região de cultura ocidental, com mão-de-obra qualificada, disponibilidade de matérias-primas, capacidade exportadora e um grande parque metal-mecânico instalado (BNDS, 1999), demonstrado na figura 6.

Figura 6 - Escopo da produção automotiva brasileira

Empresas Companies	PRODUTOS / Products				FÁBRICAS Plants	CONCESSIONÁRIAS Dealers (Dez/10 / Dez/10)	EMPREGO Employment (Dez/10 / Dez/10)
	Automóveis Cars	Comerciais leves Light commercials	Caminhões Trucks	Ônibus Buses			
Agrale					4	71	1.634
Fiat					3	530	15.930
Ford					4	449	10.637
General Motors					4	377	22.909
Honda					1	123	3.425
Hyundai					1	159	1.738
International					Incluída na Agrale included in Agrale	8	23
Iveco					1	63	2.489
Karmann-Ghia					1	-	642
Mahindra					1	25	ND/NA *
MAN					1	110	949
Mercedes-Benz					3	191	13.324
Mitsubishi					1	153	2.221
Nissan					Incluída na Renault included in Renault	90	Incluído na Renault included in Renault
Peugeot Citroën					2	271	4.771
Renault					3	154	5.226
Scania					1	83	3.254
Toyota					2	136	3.493
Volkswagen					4	418	25.354
Volvo					1	79	3.007

(*) ND/NA - Não disponível / Not available

Fonte: Anfavea, 2010.

2.1.3 Sustentabilidade e a indústria

O estabelecimento do conceito de “Sustentabilidade” recebeu a contribuição de John Elkington quando ele sugeriu este nome para a

nova empresa que estava fundando, entre 1986 e 1987: a *SustainAbility*, a qual fornece consultoria empresarial na área de riscos e oportunidades associadas com responsabilidade corporativa e desenvolvimento sustentável.

Isso aconteceu poucos meses antes da publicação do Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, intitulado *Nosso Futuro Comum* (COMISSÃO, 1987), onde o conceito de Desenvolvimento Sustentável foi utilizado pela primeira vez e com a premissa de que a humanidade deverá satisfazer as suas necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de satisfazerem as suas próprias necessidades. Este relatório também ficou conhecido como Relatório de *Brundtland*, em homenagem ao Presidente da referida Comissão que chamava-se *Gro Harlem Brundtland*.

Segundo Tachizawa, Andrade e Carvalho (2002), em junho de 1992, por ocasião do vigésimo aniversário da Conferência de Estocolmo, foi realizada no Rio de Janeiro a maior conferência mundial sobre Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, denominada “Eco 92” ou “Rio 92”. Esta acabou considerado como marco global das discussões sobre o assunto, pois teve a participação de representantes governamentais de todo o mundo; seus principais resultados foram dois grandes documentos: A Carta da Terra (rebatizada de Declaração do Rio) e a Agenda 21.

A Agenda 21 dedica-se aos problemas da atualidade e almeja preparar o mundo para os desafios do século XXI. Ela reflete o consenso global e compromisso político em seu mais alto nível, objetivando o desenvolvimento e o compromisso ambiental. A Declaração do Rio visa estabelecer acordos internacionais que respeitem os interesses de todos e proteja a integridade do sistema global de ecologia e desenvolvimento.

A partir desse momento, começa a existir de maneira globalizada uma preocupação no que diz respeito à Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável tanto por parte das entidades governamentais das organizações públicas e privadas como dos consumidores deste mercado global.

Segundo Mello (1999), a Gestão Ambiental, incorpora modernas práticas de gerenciamento a uma atuação empresarial responsável, baseadas nos parâmetros do Desenvolvimento Sustentável. Sob o ponto de vista histórico, são três os principais fatores ou paradigmas a mudarem a gestão empresarial nos últimos 50 anos: a questão ambiental; o desenvolvimento da tecnologia da informação e a expansão da economia de mercado.

Há autores ainda, a exemplo de Vargas (2001), que veem a sustentabilidade como um novo discurso no processo de desenvolvimento, sobretudo porque desvelou-se na discussão moderna a noção de meio ambiente sustentável, enquanto aspecto relevante a todo e qualquer processo desenvolvimentista.

Este posicionamento vem esboçado também, por Becker (1996), ao descrever as facetas deste novo processo desenvolvimentista que deve envolver a cultura e o meio ambiente.

Sendo esta ligação entre ambiente e cultura para delimitar um novo modelo de desenvolvimento, há de se atentar que este modelo apesar de ainda estar longe de ser implementado, requer alternativas capazes de fazer invocar numa sociedade globalizada à tão visada noção de sustentabilidade.

Mais de 20 anos após a criação do conceito de sustentabilidade, ele é amplamente utilizado por todos e, muitas vezes abusado e mal compreendido. Algumas empresas às vezes confundem o termo sustentabilidade simplesmente com um ato de, por exemplo, manterem suas fábricas limpas ou fazerem algum trabalho filantrópico. John Elkington rebate duramente essa visão, mostrando que sustentabilidade deverá ser vista como uma agenda global, na qual mudanças econômicas e políticas possam ser realizadas em prol da sociedade e do meio ambiente, através da modelagem de um novo mercado (PAIVA, 2008).

O que pode-se ver é que a responsabilidade social e ambiental das corporações tem se tornado uma grande preocupação dentro das empresas. O crescimento do investimento socialmente responsável, levam à prerrogativa que problemas de Desenvolvimento Sustentável conquistaram um lugar de destaque nas agendas de reuniões de diretorias e gerências sênior.

Não foram apenas em função da legislação, mas, principalmente, por questões que poderíamos associar à gestão ambiental: aumentar a qualidade dos produtos: aumentar a competitividade das exportações; atender o consumidor com preocupações ambientais; atender à reivindicação da comunidade; atender à pressão de organizações não-governamentais ambientalistas e melhorar a imagem perante a sociedade. A expressão “desenvolvimento sustentável” passou a ser a proposta mais adequada para se gerir o desenvolvimento econômico mundial, que consiste na criação de um novo patamar de relações empresa-consumidor, empresa-empresa e empresa-comércio, onde os valores ecológicos são determinantes, (MELLO, 2002).

Uma das perguntas centrais das discussões em torno do desenvolvimento sustentável das indústrias é: como é possível torná-las

ecologicamente éticas e ao mesmo tempo produtivas (que gerem lucros rápidos)?

A forma mais utilizada para tornar a indústria sustentável é, sem dúvida, a adoção de projetos sustentáveis com vistas na geração de energia limpa e renovável, além de medidas de ordens sociais e ambientais que possam ser vantajosas, como por exemplo, as atitudes que permitam uma geração de emprego sustentável nas comunidades que extraíam a matéria prima utilizada pela indústria em questão; um outro exemplo de atitude sustentável é a reeducação dos funcionários e o treinamento destes para tornar a produção mais ecologicamente ética. Há também medidas internacionais, provenientes do protocolo de Kyoto que debatem a viabilidade das indústrias utilizarem a intervenção financeira como meio de redução da emissão de gases danosos ao ambiente, por exemplo.

Quando as indústrias já são sustentáveis, tem-se o cuidado de manter tais medidas e de sempre utilizar um investimento reservado a aplicação de novas técnicas nas suas produções. Um exemplo de indústria sustentável são as que produzem o açúcar e que utilizam do bagaço de cana para a geração de energia, ou aquelas que se referem a produção de cosméticos e de celulose que incentivam não somente o replantio, mas que também criam áreas de reservas intocáveis. A reciclagem e o aproveitamento de todos os materiais, como a utilização hídrica, também representam um interesse comum da sustentabilidade industrial.

A adoção da sustentabilidade industrial além de ser uma medida ética e produtiva, também ganha um espaço cada vez maior em questão de aceitabilidade dos consumidores (ECOLATINA, 2007). O Desenvolvimento Sustentável tem seis aspectos prioritários que devem ser entendidos como “metas”:

- a) a satisfação das necessidades básicas da população (educação, alimentação, saúde e lazer);
- b) a solidariedade para com as gerações futuras (preservar o ambiente de modo que elas tenham chance de viver);
- c) a participação da população envolvida (todos devem se conscientizar da necessidade de conservar o ambiente e fazer cada um a parte que lhe cabe para tal);
- d) a preservação dos recursos naturais;
- e) a elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas;
- f) a efetivação dos programas educativos.

O conceito de Sociedade Sustentável parece ser mais adequado que o de Desenvolvimento Sustentável na medida em que possibilita a cada uma delas definir seus padrões de produção e consumo bem como o de bem-estar a partir de sua cultura, de seu desenvolvimento histórico e de seu ambiente natural. Além disso, deixa-se de lado o padrão das sociedades industrializadas, enfatizando-se a possibilidade da existência de uma diversidade de sociedades sustentáveis, desde que pautadas pelos princípios básicos da sustentabilidade ecológica, econômica, social e política (DIEGUES, 1992).

As organizações, precisam partilhar o entendimento de que deve existir um objetivo comum, e não um conflito, entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, tanto para o momento presente como para as gerações futuras. A inclusão da proteção do ambiente e da sustentabilidade entre os objetivos da organização moderna amplia substancialmente todo o conceito de administração. Administradores, executivos e empresários introduziram em suas empresas programas de: reciclagem, medidas para poupar energia, uso responsável dos recursos naturais necessários e outras inovações ecológicas. Essas devem desenvolver sistemas abrangentes de gestão empresarial sem perder de vista o cunho ecológico.

É importante que as empresas e os empresários tenham plena consciência de que aplicar a sustentabilidade como forma apenas de garantir um efeito de “marketing” passageiro, ou gerar lucros com isso, pode-se tornar um grande problema posterior, uma vez que degradada a imagem de uma corporação pode-se levar anos, décadas para reparar tal feito, correndo o risco de não mais conseguir repará-lo.

A sustentabilidade, entendida no ambiente corporativo como fator estratégico para a sobrevivência dos negócios, é bem mais que um princípio de gestão ou uma nova onda de conceitos abstratos e efeitos de “marketing”, representa um conjunto de valores e práticas que deve ser incorporado ao posicionamento estratégico das empresas para definir posturas, permear relações e orientar escolhas.

2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO AUTOMOTIVO

2.2.1 Cadeia produtiva

O Grupo no qual esta empresa está inserida é o maior grupo industrial da Itália e um dos maiores do mundo, com operações industriais em mais de 60 países espalhados pelos cinco continentes do planeta.

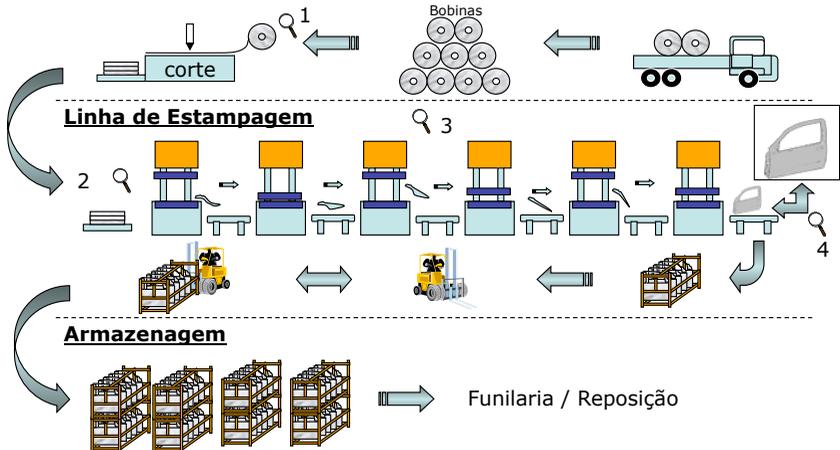
Instalada na região metropolitana de Belo Horizonte, em Betim (MG), desde 1976, esta empresa opera atualmente em três turnos, com capacidade produtiva para até 800.000 veículos por ano. A fábrica em Betim é a maior instalação da empresa fora de seu país natal, a Itália.

A sua cadeia produtiva está dividida entre suas oficinas de produção, onde inicia-se com as prensas passando para a funilaria, pintura, montagem e a unidade de acabamento final, nas quais serão explicitadas em seguida.

No setor de prensas, demonstrado na figura 6, as chapas de aço são transformadas em peças para a carroceria do automóvel. As chapas de aço chegam em bobinas e/ou chapas já cortadas e tratadas quimicamente. As prensas recortam, furam e dobras as chapas de aço até chegar à peça desejada. Ao todo estão em funcionamento 17 linhas de prensas médias e grandes. Cada linha tem capacidade de fazer de 15 a 20 tipos de peças diferentes. São 108 prensas com poder de impacto variando entre 50 e 1.500 toneladas. Esta é a linha de prensas robotizadas e que são utilizadas para produção de um tipo específico de modelo.

Todas as aparas de aço não aproveitadas no processo são transformadas em sucatas prensadas e, posteriormente, reprocessadas. Reciclando este material, a empresa em estudo contribui para a preservação do meio ambiente.

Figura 7 - Exemplo de uma Unidade Produtiva de Prensas



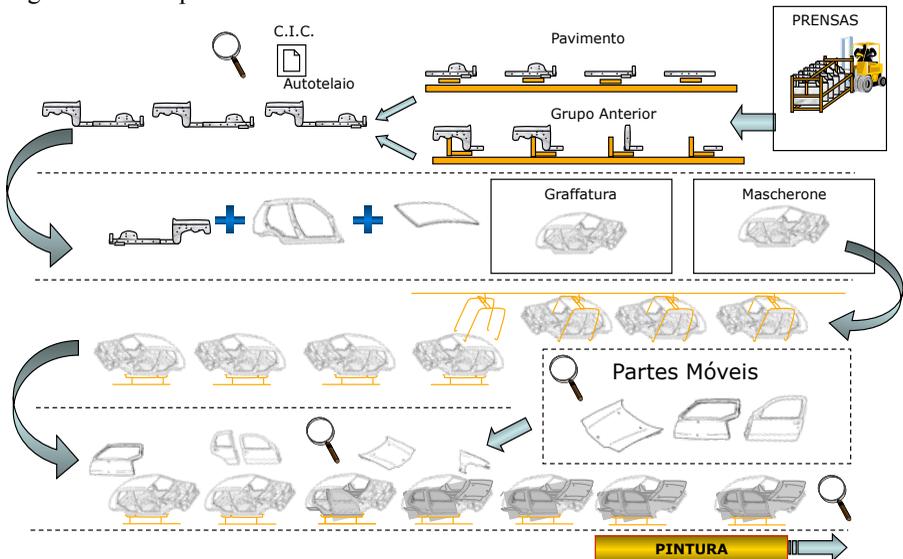
Fonte: Elaborado pelo autor.

As peças estampadas nas prensas são soldadas na funilaria e a carroceria começa a tomar forma, conforme demonstrado na figura 8. Aqui são unidas as peças vindas das prensas, passando pelos processos de montagem, grafatura e soldagem para se formar a carroceria do veículo. No início desta etapa é feita a junção de várias peças do pavimento, que em seguida é unido à frente do veículo, em um processo chamado de *Autotelaio*.

Na terceira fase são unidos teto, traseira e laterais do veículo, formando-se a carroceria, que é enviada para a *Mascherone*, onde esse maquinário é o responsável pela conformação da carroceria do automóvel. Coberto pelo equipamento, em um intervalo de um minuto, o veículo recebe os primeiros 48 pontos de solda.

Ao sair do *Mascherone*, a carroceria segue para a complementação das soldas – durante o percurso, recebe entre 3,8 mil e 4,5 mil pontos de soldas, dependendo do veículo, que depois passa por um processo de revisão para ser encaminhado ao processo de pintura.

Figura 8 - Exemplo de uma Unidade Produtiva de Funilaria



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O processo de pintura é o cerne da durabilidade e embelezamento da carroceria de um automóvel, elo da estética e da qualidade. Seus processos de tratamento são usados para proteção contra corrosão e

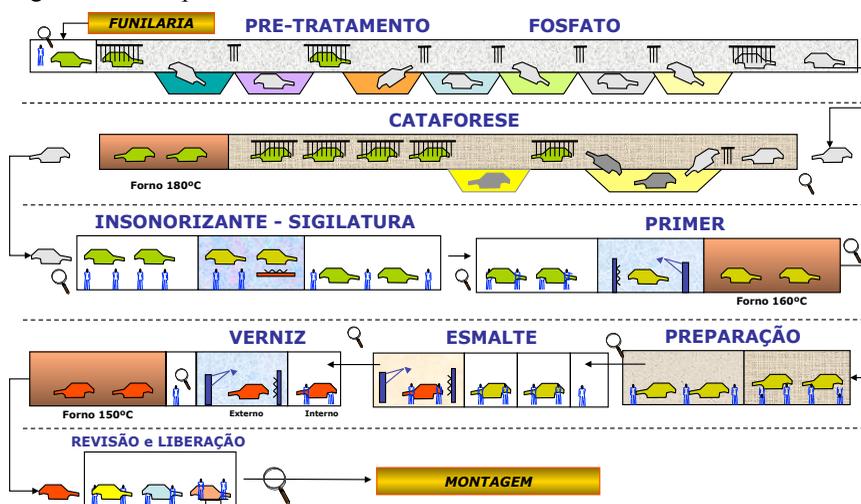
resistência a intempéries, cujos materiais previamente qualificados em exaustivos ensaios em laboratório resultam na cobertura das chapas internas e, externamente, na formação de película de cor final, síntese da excelência de proteção e aparência do produto.

A aplicação de materiais fono-absorventes e de vedação produzem conforto e proteção ao habitáculo quanto à poeira, água, ruídos e batida de pedras.

A carroceria é transportada pelas instalações de produção cumprindo cada etapa produtiva de aproximadamente 12 km de transportadores aéreos, cabines e aplicações robótica, muito difundidas no processo de pintura.

Os gases produzidos nos processos de pintura, secagem e solda são coletados, filtrados e purificados por equipamentos importados de última geração, eliminando totalmente as emissões de solventes na atmosfera.

Figura 9 - Exemplo de uma Unidade Produtiva de Pintura



Fonte: Elaborado pelo autor.

A empresa possui um leque extenso de produtos e tecnologias capaz de atender às variadas demandas do mercado. Produz motores – com potência de 20 a 1.020 cavalos e cilindradas de 1.000 a 20.100 cc – e transmissões em uma gama que cobre de 145 a 950 Nm. Seus produtos podem ser aplicados em todos os setores: automobilístico (veículos de passeio, especiais e comerciais, caminhões e ônibus); industrial

(máquinas de construção, agrícolas, especiais e de irrigação); marítimo (lazer e profissional) e geração de energia.

Dentro da fábrica em Betim, a empresa possui um centro de engenharia especializado no desenvolvimento de propulsores com combustíveis alternativos e duas fábricas, onde são produzidos os motores *Fire 1.0 Economy Flex*, *Fire 1.0 Flex*, *Fire 1.3 Flex*, *Fire 1.4 Flex* e *Fire 1.4 Tetrafuel* e as transmissões *C510*, *C510 Dualogic*, *C510 Locker* e *C513*.

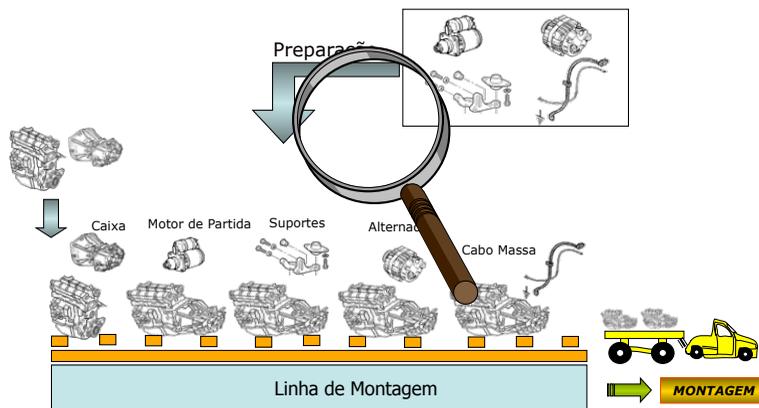
Anualmente, são produzidos em sua unidade na região metropolitana de Belo Horizonte 1,5 milhões de unidades/ano, somando os volumes de propulsores e câmbios.

Na moderna fábrica de motores a produção é dividida em duas etapas principais: usinagem e montagem. Na primeira é realizado todo o processo de desbaste e acabamento do bloco motor, eixo virabrequim e cabeçotes, que são as principais peças do produto. Já a montagem de todos os componentes do propulsor e testes de funcionamento faz parte da segunda fase da produção.

Já na fábrica de transmissões (figura 10), o processo é feito em três etapas: usinagem, tratamento térmico e montagem. Para comprovar a qualidade e durabilidade dos produtos, cada peça passa pelo teste de Manobralidade, no qual são analisadas as transições e a transmissão das marchas em uma cabine totalmente computadorizada de última geração.

Depois de finalizados, os motores e câmbios são enviados para a área de Motopropulsor, unidade responsável pela união dos dois produtos. Depois de encaixado, o conjunto motopropulsor completo é enviado à linha de montagem final onde é acoplado à carroceria dos mais diversos veículos da montadora.

Figura 10 - Exemplo de uma Unidade Produtiva de Motopropulsão



Fonte: Elaborado pelo autor.

No galpão de montagem final é feita a finalização do veículo, após a saída da pintura.

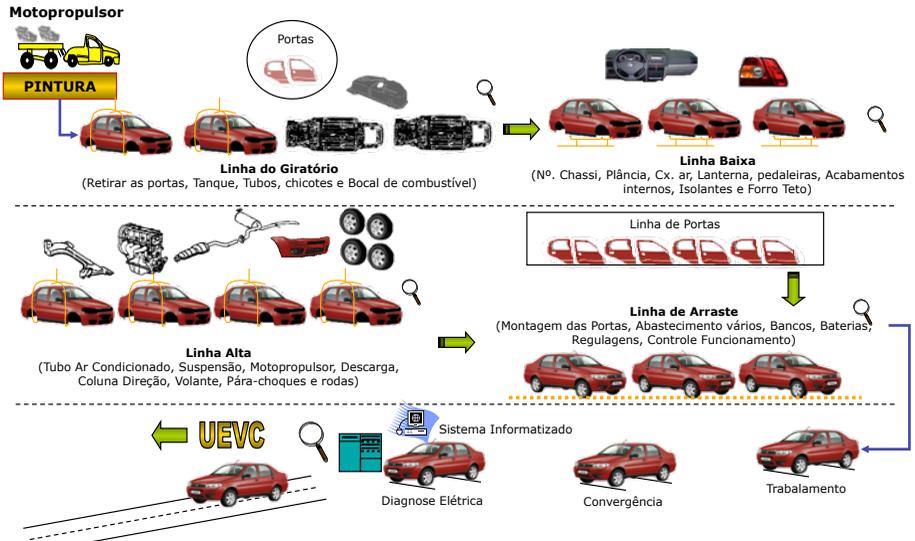
Nessa etapa, o carro recebe os acabamentos externos e internos, como estofado, bancos, vidros, painéis, luzes, motor, suspensão, parte elétrica e outros componentes de finalização.

Na montagem final, os veículos são separados e divididos por linhas, demonstrado na figura 11.

Os veículos, estão identificados da carroceria por meio de um código de barras, para que todos os setores da montagem tenham, de imediato, as informações sobre as características técnicas e as peças que serão colocadas nos automóveis.

Durante as etapas do processo, o veículo recebe acabamentos internos e externos. As portas, retiradas no início do processo, são novamente acopladas ao carro, que segue para a revisão final, quando são realizadas as diagnoses elétricas e a convergência das rodas (teste de trepidação).

Figura 11 - Exemplo de uma Unidade Produtiva de Montagem



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para garantir a segurança e a qualidade dos veículos da empresa, 100% dos carros que saem da linha montagem passam por uma pista de testes, demonstrado na figura 12. Os veículos passam por essa pista, que tem 3,8 mil metros de extensão e é dividida em seis trechos de maior e menor velocidade, onde são efetuados diferentes tipos de avaliações:

Testes de rumorosidade: os veículos são submetidos a diferentes tipos de piso;

Testes de impermeabilidade: feitos na cabine hídrica;

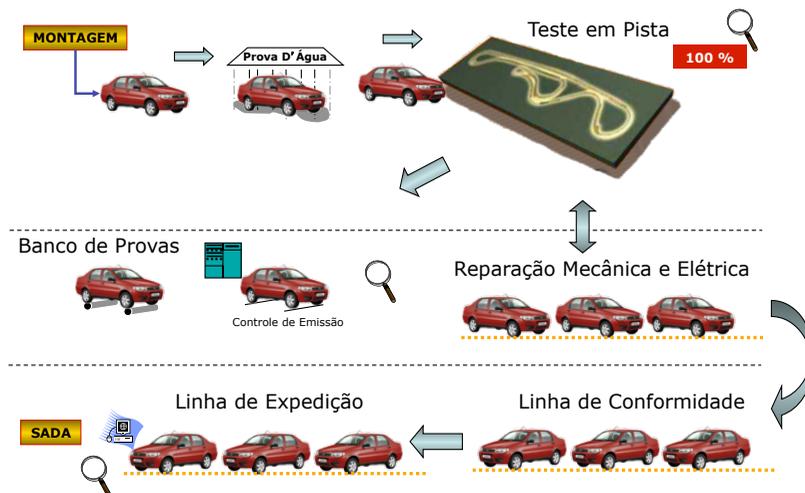
Testes de cambio e transmissão: todas as trocas de marchas são testadas em condições adversas;

Testes de frenagem: também realizado em diversas situações.

Nessa pista, os veículos passam ainda por muitos outros testes, que submetem o carro a possíveis situações reais. A pista apresenta duas curvas parabólicas com uma inclinação de 30°, onde os carros passam a velocidades entre 70 e 110 Km/h.

Além dos carros 0 Km que saem diretamente da montagem final, é possível ver também veículos com placas azuis ou carros especiais, dirigidos por pilotos da engenharia, submetidos muitas vezes a altas velocidades e condições extremas.

Figura 12 - Exemplo de uma Unidade Produtiva de Acabamento Final



Fonte: Elaborado pelo autor.

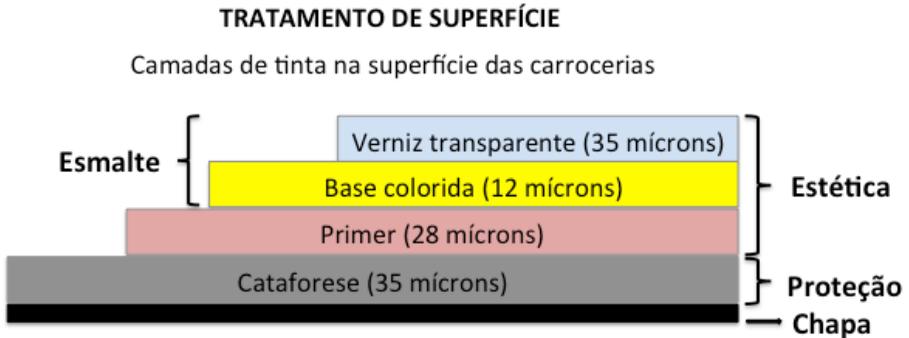
2.3 PROCESSO DE PINTURA AUTOMOTIVA

O tratamento de superfície da chapa, no processo de pintura, tem duas funções básicas. A primeira refere-se à proteção contra a corrosão, feita com um tratamento antioxidante composto por limpeza e pré-tratamento da carroceria à base de soluções saponáceas alcalinas, e pintura posterior à base de epóxi (Cataforese – base d'água). Em seguida, são aplicados os insonorizantes e sigilantes, com a função de proteger a carroceria contra infiltrações de água e poeira e diminuição do ruído no interior das carrocerias, também chamado de “rumurosidade”.

A segunda função é puramente estética, quando a carroceria recebe sua cor definitiva. O processo é formado por aplicação de pintura de fundo (*Primer*) com posterior aplicação de esmalte (lisa, metalizada ou polimerizada e verniz). O processo de pintura do veículo é concluído com aplicação de óleo ceroso nas cavidades internas da carroceria, que aumenta a proteção contra a corrosão.

A figura 13 apresenta a distribuição das camadas de tinta na superfície das carrocerias, demonstrando o tratamento de superfície:

Figura 13 - Processo de pintura da lataria dos automóveis



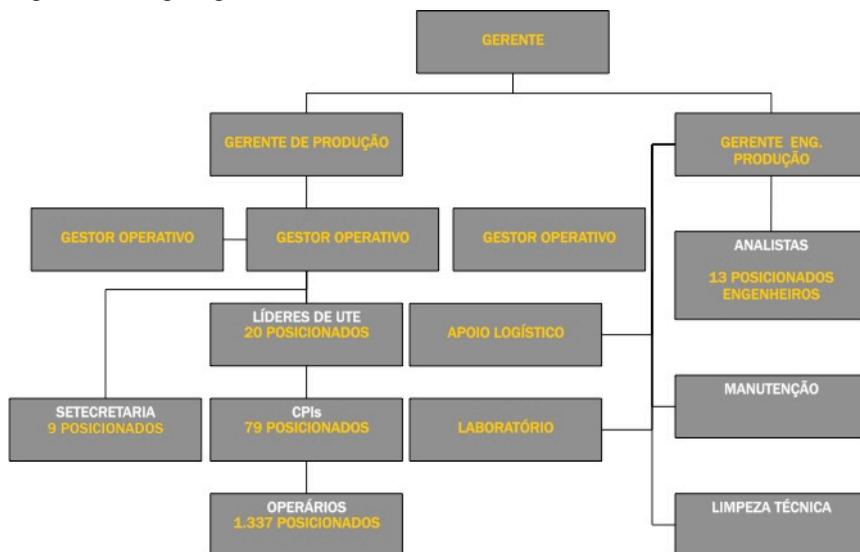
Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.3.1 Unidade Operativa Pintura – UOP

A unidade de Pintura conta com 1.300 (mil e trezentos) operários ligados à produção e 50 (cinquenta) trabalhadores divididos pelos setores de administração, técnico e de engenharia da oficina.

O modelo de gestão apresentado na UOP é também utilizado nas outras unidades da fábrica. A liderança da UOP fica a cargo de um gerente responsável que comanda os Líderes da Engenharia de Produção e da Produção. Obedecendo ao líder da Engenharia, existem os gestores técnicos de laboratórios e de equipamentos. O responsável pela produção comanda Gestores Operativos (GO's): um responsável pelo *mix* produtivo e os outros dois responsáveis pela produção, um em cada turno, conforme a figura 14.

Figura 14 - Organograma da UOP



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.3.2 Pré-tratamento

- As superfícies das carrocerias e outros componentes do automóvel estão normalmente contaminadas, entre outros, com poeiras e produtos de estampagem que estão absorvidos na superfície. Segue abaixo algumas características destes tipos de sujidades encontradas nas carrocerias antes do processo de pintura:

- Oleosas: principalmente óleos minerais, óleos graxos, emulsões óleo-graxa, óleos de laminação, estampagem, repuxamento, trefilação, além de protetores oleosos contra a corrosão.

- Semi-sólidas: parafina, graxas, ceras, sabões e protetivos anticorrosivos comuns.

- Sólidas: partículas disseminadas em massas de polimento, massas de estampagem, resíduos carbonáceos de películas parcialmente carbonizadas.

- Óxidos e produtos de corrosão: óxidos que aparecem em tratamento térmico, óxidos que se formam nos estágios intermediários de armazenamento, em linhas de fabricação.

Muitos desses produtos são insaponificáveis, tornando ineficiente a limpeza alcalina. É também importante o problema da

incompatibilidade entre as sujidades e os detergentes utilizados na produção. Algumas dessas sujidades podem mesmo ser corrosivas para alguns dos diferentes metais que compõe as carrocerias. Por tais razões é fundamental que os materiais de limpeza a serem utilizados numa determinada linha de produção sejam previamente ensaiados e aprovados.

Normalmente são constituídos por uma base mineral e uma mistura tensoativa. Com pH entre 10 e 12,5 é normalmente solúvel ou miscível em água à temperatura de trabalho. A mistura deve ser compatível com a base mineral e com as sujidades, ser estável às temperaturas de trabalho, ser solúvel em água e não apresentar tendência para a formação de espumas.

Os componentes mais frequentes das bases minerais são os hidróxidos de sódio ou potássio, os fosfatos, os carbonatos e os silicatos, e ainda antioxidantes e aditivos.

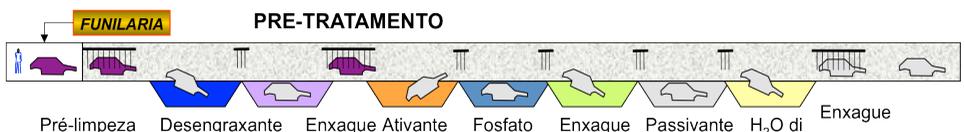
Entre os diferentes agentes tensoativos utilizados, salientam-se os aniônicos solúveis em água, os não iônicos tipo etoxilados e os anti-espuma.

Os três parâmetros básicos desta fase do pré-tratamento são: a concentração dos banhos, a duração da operação e a temperatura que a mesma ocorre. Também a pressão é importante quando se opera por aspersão (ALMEIDA, 2000).

A etapa de pré-tratamento de superfícies mais amplamente utilizada para metais ferrosos e não ferrosos é a fosfatização. A figura 15 mostra a sequência do processo de pré-tratamento.

O desenvolvimento histórico deste processo evidencia as inúmeras modificações ao longo dos anos, seguindo o desenvolvimento das tecnologias em acabamento superficial. A arte de modificar as formulações da fosfatização através da correta incorporação de aditivos metálicos, como Ni^{2+} e/ou Mn^{2+} , para produzir um revestimento que atenda às necessidades da pintura eletroforética (SANKARA NARAYANAN, 1996).

Figura 15 - Processo de Pré-tratamento da UOP



Fonte: Elaborado pelo Autor

As reações de fosfatização podem ser aceleradas e melhoradas através de ações mecânicas e eletrolíticas, que podem ocasionar também uma superfície ativa propícia à formação de óxidos. Para limitar este efeito, a combinação de desoxidação e passivação é utilizada. Devido as suas propriedades de formação de filmes, os ácidos fosfóricos são os agentes antioxidantes mais indicados. O filme de passivação formado durante a fosfatização fornece uma proteção temporária contra a corrosão e prepara a superfície (EROL; THOMING, 2005).

Num segundo passo (precipitação extremamente fina de cristais de fosfato), o ataque do metal modifica o equilíbrio do banho de fosfatos na interface metal/solução, de tal modo que origina a precipitação massiva de fosfatos no estado amorfo. Num terceiro passo (cristalização) verifica-se um nítido aumento da quantidade dos principais constituintes da camada, que passa de fosfatos amorfos a cristalinos. Finalmente, durante um quarto passo, os fosfatos da camada dissolvem-se e reprecipitam muito rapidamente, resultando daí uma reorganização cristalina, acompanhada por um rápido e significativo decréscimo de porosidade, a qual se torna inferior a um por cento.

Todos estes mecanismos são desenvolvidos sobre o aço perfeitamente limpo e mergulhado num banho fosfatante. Este é usualmente constituído, como já foi referido, por ácido fosfórico, um fosfato primário e um acelerador, sendo muito importante a concentração dos diferentes componentes do banho no tipo de película obtida (BURNS; BRADLY, 1959).

A película de fosfatização é selada para evitar a permeação de agentes agressivos através de seus poros, o que permitiria que a corrosão se iniciasse. Tal selagem foi feita durante numerosos anos usando um banho de passivação diluído baseado em ácido crômico. Este tratamento, que reduzia a porosidade da película fosfática em cerca de 50%, atuava por deposição de cromato insolúvel nos poros da película. Ainda que usado numa gama de concentração compreendida entre 0,04% e 0,07%, tal tratamento conduzia a um excesso de ácido crômico na superfície passivada, originando empolamentos e outros defeitos dos revestimentos por pintura aplicados posteriormente. Por tal razão, a manutenção e o controle destes banhos são muito críticos na sua fase de lavagem final, sendo em algumas instalações industriais a descarga dos efluentes desta lavagem feita diariamente (SPRING, 1965).

Questionado o processo de passivação crômica usado nas décadas de 60 a 80, não pela eficiência anticorrosiva, mas pelas suas características nocivas ao meio ambiente e ao homem, o setor de tratamento de superfície tem desenvolvido significativo esforço no

sentido de encontrar alternativas ao cromo. As películas de passivação obtidas com banhos crômicos são normalmente produzidas por imersão em soluções ácidas contendo íons Cr^{6+} e os depósitos obtidos (películas de passivação) são gelatinosos, endurecendo por envelhecimento. Processos adequados por passivação crômica originam películas uniformes, de cor amarela, azul, castanha ou verde oliva, dependendo da espessura e do substrato, conferindo a este último, boa proteção anticorrosiva e incrementando a aderência dos revestimentos orgânicos (ALMEIDA, 2000).

Os métodos eletroquímicos consistem usualmente em tratamentos catódicos e as soluções usadas são muitas vezes baseadas em Cr^{3+} . Entretanto, a literatura existente sobre os diferentes banhos alternativos é controversa, afirmando alguns autores que, na prática, os produtos orgânicos podem ser difíceis de usar (PETSCHER, 1996), enquanto outros autores informam que já estão disponíveis novas soluções de proteção de base orgânica (MORLOK, 1990).

Apenas em um aspecto os autores concordam: os resultados obtidos com as diferentes alternativas estudadas até agora não apresentam tão boa eficiência anticorrosiva como os tradicionais banhos baseados em cromo hexavalente (PETSCHER, 1996).

Conforme demonstrado na figura 15 o processo de pré-tratamento está subdividido nas seguintes etapas:

- 1º estágio: pré-limpeza (pré-desengraxe) – remove superfícies passivadas e óleos pesados;
- 2º estágio: limpeza alcalina (desengraxante) – remove óleos e gorduras da superfície do metal;
- 3º estágio: enxague (lavagem com água industrial) – previne a contaminação do refinador pelo desengraxante;
- 4º estágio: ativação (refinador) – ativa a superfície do metal para receber a camada de fosfato;
- 5º estágio: fosfatização – aplica a camada de fosfato inorgânica de sais de fosfato;
- 6º estágio: enxague (lavagem com água industrial) – encerra a reação do fosfato e previne a contaminação do estágio posterior;
- 7º estágio: passivação – fecha os poros ou defeitos na superfície da camada de fosfato
- 8º estágio: enxague (lavagem com água desmineralizada “di”) – previne a contaminação do tratamento posterior.

O pré-desengraxe e o desengraxe são os primeiros processos a serem aplicados na limpeza da superfície metálica. Atuando de forma

específica, visam eliminar as sujeiras oleosas que aderem tanto sobre os óxidos como sobre o metal.

As soluções alcalinas para o desengraxamento são baseadas em duas partes: base alcalina (inorgânica) e mistura de tensoativos (orgânica). Os componentes básicos mais frequentemente usados na base alcalina são: soda cáustica (NaOH), potassa cáustica (KOH), fosfatos, carbonatos, silicatos, antioxidantes e aditivos.

Existem diversos pontos que interferem na atuação dos desengraxantes, como: compatibilidade dos óleos de usinagem com o detergente, óleos e compostos não saponificáveis, dentre outros, e que devem ser avaliados para a escolha do desengraxante a ser utilizado, por isso, é desejável que todos os materiais sejam testados e aprovados para limpeza e verificado seus efeitos nas subseqüentes operações do processo de fosfatização.

Uma forma de se verificar a eficiência do desengraxamento é verificar se não existem “aberturas” do filme de água ou efeito de quebra d’água, ou seja, em uma superfície limpa a água se espalha continuamente sem formar gotas, assim, após desengraxar a superfície e molhá-la com água, o filme de água deve escorrer uniformemente.

É importante ressaltar que, uma superfície mal desengraxada prejudica na formação da camada de fosfato, interferindo na resistência da proteção da superfície.

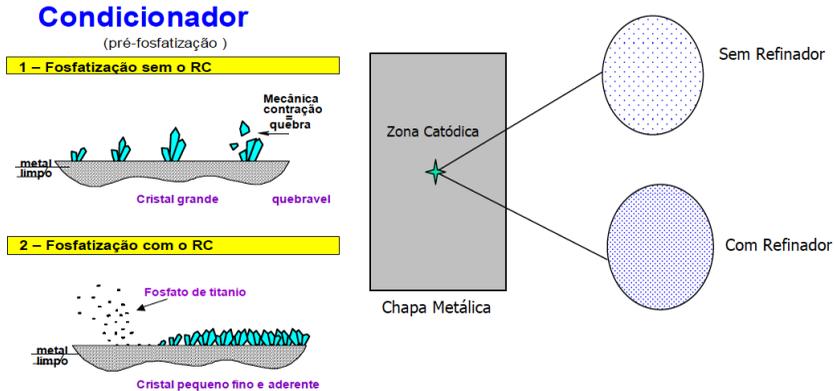
Após a etapa de desengraxamento as carrocerias passam à lavagem com água industrial para que seja retirado todo o excesso de desengraxante que possa vir em suas partes ocultas, propiciando um enxague eficiente da chapa a ser tratada, e permitindo uma melhor eficiência do processo de refinador que vem em seguida.

A ativação da chapa já desengraxada e devidamente lavada, se dá através da introdução de sais de titânio para se refinar cristais de fosfato, daí vem o nome de “processo refinador”. O uso destes sais, auxilia na formação (crescimento) dos cristais de fosfato de zinco e atua como criador de uma rede de centros de nucleação, onde se tem início a formação de minúsculos grãos, fortemente aderentes e resistentes à corrosão. Assim, podemos dizer que os refinadores são produtos condicionadores de superfície metálica para a posterior fosfatização, os quais contêm em sua formulação sais de titânio no estado coloidal (TiPO₄).

O fosfato de titânio forma um colóide (uma partícula que está em suspensão por repulsão eletrostática, cujo tamanho varia de 0,01 a 1µc) formando um núcleo para a formação dos cristais. A ativação de um

grande número de áreas produz um grande número de cristais, que tem seu tamanho restrito (Figura 16).

Figura 16 - Formação dos cristais de fosfato com o uso do condicionador



Fonte: Elaborado pelo Autor

Existem vários tipos de condicionadores (refinador), que variam de acordo com o fosfatizante utilizado no processo subsequente – fosfatização. Quando o fosfatizante utilizado é à base de fosfato de zinco podem ser usadas soluções de nitrato de sódio, ácido oxálico e fosfato de titânio sendo o último o mais usado atualmente. Para fosfatizantes a base de fosfato de manganês utiliza-se sais de suspensão de manganês como refinador.

O fosfato de titânio ($TiPO_4$) apresenta grande eficiência em tratamentos de metais como: ferro, aço, zincados e alumínio quando o processo de fosfatização é à base de fosfato de zinco, fosfato de zinco/ferro e fosfato de zinco/manganês. Apresenta eficiência variada quando o fosfatizante é a base de zinco/cálcio. Uma faixa de pH ótima de trabalho do $TiPO_4$ é entre 6 e 10.

Na fosfatização, ocorre a deposição química que permite a aplicação de camada de fosfato sobre diversos materiais metálicos como ferro, zinco, alumínio, cádmio e magnésio. Nesta etapa do processo, a superfície metálica é mergulhada em uma solução ácida comumente formada de:

- fosfatos metálicos: (zinco, manganês, níquel, ferro, cálcio) como por exemplo $Me(H_2PO_4)_2$;
- ácido fosfórico;

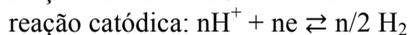
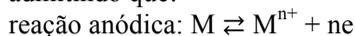
- agentes oxidantes (nitritos, nitratos, cloratos, sais de cobre e níquel);
- aditivos fluorados.

A camada formada é constituída de fosfatos cristalinos, firmemente aderentes à superfície do metal, que apresentam funções de melhoria na aderência da tinta catódica e melhoria a resistência à corrosão.

A fosfatização ocorre quando a superfície metálica é imersa em um banho fosfatizante onde ocorre o ataque ácido ao metal base, devido à presença de íons H^+ (acidez livre):



admitindo que:



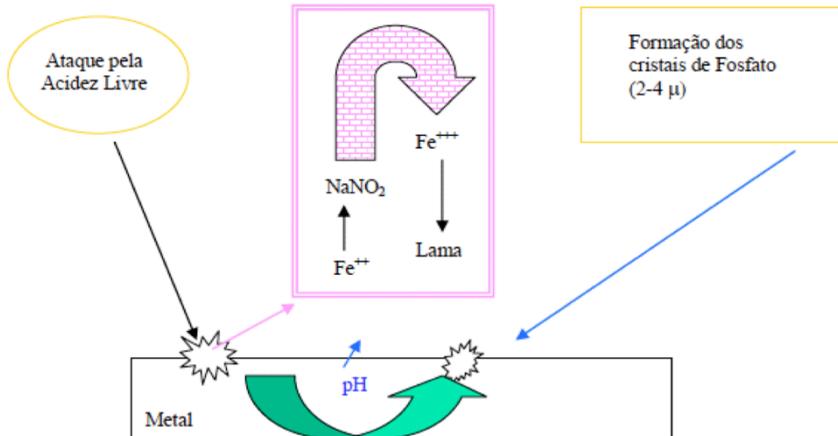
Esta reação é a mesma como qualquer outra reação e seu efeito é que a acidez livre da solução (é a medida do ácido fosfórico livre, ou seja, a acidez da solução que mantém o fosfato solúvel) na interface metal-solução é neutralizada, isto faz o fosfato de zinco, que está próximo da insolubilidade (devido à baixa acidez livre do banho), precipitar na superfície do metal, formando a camada cristalina. A acidez total é determinada para identificar a concentração total dos íons H^+ presentes na solução (banho).

Um banho de fosfato de zinco é usualmente operado com um acelerador (aditivo), geralmente nitrito de sódio, $NaNO_2$, à 40 ou 20% em peso. A função destes agentes oxidantes (aceleradores) é oxidar o ferro que dissolve na solução fosfatizante seguindo a reação do aço. O ferro gerado (como fosfato de ferro) causaria ao banho uma aparência escura e depositaria na superfície metálica como fosfato de ferro combinado com fosfato de zinco. Essas camadas seriam de cor escura e teriam um peso de camada muito alto.

Na presença de aceleradores (nitrito de sódio), o fosfato de ferro solúvel (fosfato ferroso) é imediatamente oxidado para fosfato de ferro insolúvel (fosfato férrico), o qual deposita no fundo do tanque de fosfato como lama ou borra de fosfato (Figura 17).

Outra função do acelerador é oxidar o gás hidrogênio, produto da reação inicial, para água. Essa oxidação é muito importante no processo, caso contrário, o gás hidrogênio produziria uma película gasosa isolante, a qual interromperia o processo de fosfatização.

Figura 17 - Formação da lama ou borra de fosfato



Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a fosfatização passa-se novamente a carroceria pelo processo de enxague para que seja retirado o excesso de material e que diminua o carreamento de material (fosfato) para o processo seguinte, a passivação.

A passivação é um tratamento após a fosfatização necessário para se obter a desejada aparência, resistência à corrosão e outras propriedades. A passivação consiste, basicamente, em tratar a superfície logo após a fosfatização, com soluções de ácido crômico ou de ácido crômico e fosfórico, em concentrações na faixa de 0,02% m/v à temperatura em torno de 60°C. O mecanismo de ação consiste não só na redução da área livre, como também passivador da superfície metálica exposta. Não se conhece inteiramente o mecanismo de reação dos passivadores, sabe-se que o cromo é disperso ao acaso sobre a superfície e esta dispersão não é uniforme. Os passivadores crômicos são considerados de excelente performance, porém os passivadores inorgânicos à base de ácido fluozircônio possuem grande resistência contra corrosão e em alguns casos sua performance é superior aos passivadores à base de cromo.

Os passivadores orgânicos tradicionais são em sua maioria à base de ácido tânico, mas sua performance não equivale aos passivadores inorgânicos.

Finalizando o processo de pré-tratamento temos o enxague das carrocerias com água desmineralizada (DI) como principal função

remover o resíduo do estágio anterior da superfície das peças e a de evitar que o produto remanescente continue atuando, sendo assim diluído até que o mesmo não continue seu efeito sobre a área tratada.

2.3.3 Cataforese

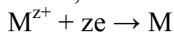
A necessidade de se obter tintas e processos que permitam conseguir proteção das superfícies metálicas contra a corrosão e simultaneamente reduzir a poluição do meio ambiente obriga os técnicos a desenvolver pesquisas cada vez mais profundas para a solução destes problemas seguindo algumas diretrizes básicas como objetivos: (BOHÓRQUEZ, 1997).

- Proteção contra a corrosão;
- Embelezamento;
- Aumento da durabilidade;
- Melhoramento de propriedades superficiais tais como: resistência, espessura, condutividade, lubrificação, capacidade de estampar, etc.

Os princípios que regem a eletroforese ou galvanoplastia podem ser divididos em (FOLDES, 1974):

- Princípio da Deposição Metálica

A deposição metálica a partir de uma solução aquosa pode ser representada, de modo geral, pela seguinte equação química:



Os íons metálicos M^{z+} , que se encontram na solução, carregados positivamente com a valência z, são transformados em átomos metálicos M, através do recebimento de número de elétrons correspondentes e, sendo átomos metálicos, sob certas condições, formam uma camada metálica sobre um objeto qualquer.

Na química uma reação que consome elétrons é denominada “redução”. Os elétrons necessários à redução dos íons metálicos podem ser obtidos, contudo, de diferentes maneiras. Esta é a característica principal para diferenciar os diversos processos de deposição a partir de soluções aquosas.

A deposição metálica pode ocorrer com ou sem fonte de eletricidade externa.

- Princípio da Deposição Metálica com Fonte de Eletricidade Externa.

A deposição galvânica de metais se baseia em fenômenos eletroquímicos. Durante a eletrólise ocorrem transformações químicas nas superfícies-limite eletrodo/eletrólito, que consomem (redução) ou

fornecem (oxidação) elétrons. Para que as reações se passem sempre no sentido desejado, é necessária corrente contínua. Os fenômenos individuais no cátodo e no ânodo bem como no próprio eletrólito ocorrem simultaneamente.

A corrente contínua faz com que os elétrons sejam retirados do ânodo e doados ao cátodo. No ânodo tem-se, a dissolução do metal (ou, então, poderá ocorrer outra reação que forneça elétrons). No cátodo dar-se-á a passagem dos elétrons para os íons metálicos contidos no eletrólito, e dos íons metálicos formar-se-ão átomos metálicos.

- Princípio da Deposição Metálica sem Fonte Elétrica Externa:

Na deposição metálica sem fonte elétrica externa, os elétrons necessários para a redução de íons metálicos são produzidos diretamente na solução, através de uma reação química.

Para tanto existem três diferentes possibilidades:

- Deposição por inversão de carga:

Para que ocorra a deposição por inversão de carga é necessário que o metal que recebe a camada seja menos nobre que o metal a ser depositado.

- Deposição por contato:

A deposição por contato processa-se através da utilização de três metais, o metal a ser protegido, o metal a ser depositado e um terceiro metal, que preenche a função do doador de elétrons, entrando na solução.

- Deposição por redução

Consiste na redução de íons metálicos que são produzidos quimicamente através de um composto químico. O metal redutor é oxidado e os elétrons libertados servem para redução de íons metálicos, onde ocorre uma troca de elétrons entre um composto químico e um metal.

A eletrodeposição catódica é um processo de pintura por imersão, totalmente automatizado e baseado no deslocamento de partículas carregadas sob ação de um campo elétrico, as quais se dirigem para o pólo de sinal oposto (cataforese = deslocamento em direção ao cátodo) (PONTE et al, 2000).

A pintura por cataforese é uma dispersão de resinas e pigmentos num meio aquoso, com um conteúdo de solventes orgânicos baixo (inferior a 4%) e com três componentes básicos:

- Água desmineralizada;
- Resina catiônica;
- Pasta pigmentada.

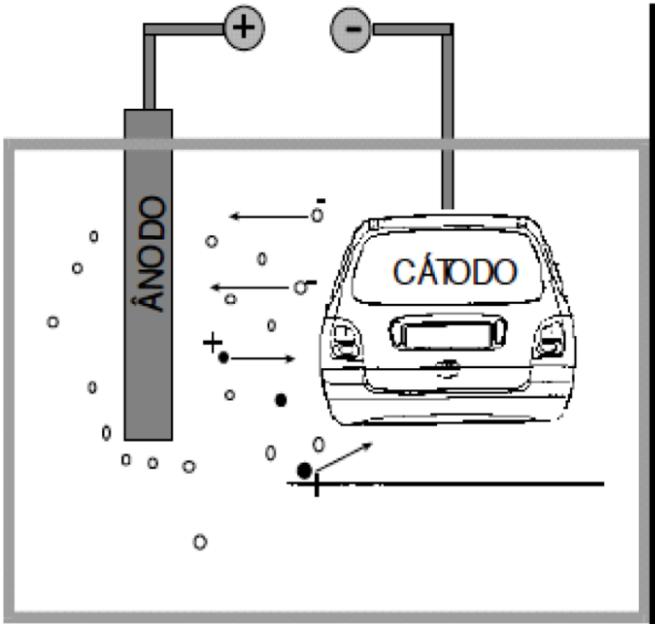
De uma análise detalhada sobre a tecnologia de pintura no setor automotivo parece ser possível concluir que os dois temas com a maior prioridade deste domínio são: a) otimização dos esquemas de pintura utilizando processos mais econômicos e; b) melhorar os sistemas tecnológicos de pintura tendo em conta os fatores econômicos (BOCK, 1997).

Associada a uma mutação mundial das tecnologias da pintura, que conduz a desenvolvimento de novos produtos de alto teor de sólidos, de base aquosa, de pós e de cura por radiação, surgem também projetos audaciosos interligados com as próprias tecnologias de aplicação (MATRA, 1997) e tratamento de efluentes (HARSCH et al. 1999).

Logo, a pintura por eletroforese é então o processo de pintura por imersão, onde a carroceria a ser pintada é imersa num tanque contendo tinta como sendo eletrólito coloidal ou dispersão aquosa estabilizada. Durante a operação de recobrimento a carroceria constitui um eletrodo (anodo ou catodo) num circuito de corrente contínua, com o outro eletrodo oposto constituído de diversas placas de dimensões e distribuição estratégicas. Neste caso, as placas serão dispostas nas laterais do tanque eletricamente isolado. Aplica-se a corrente durante um período determinado e em seguida por um processo de enxaguamento e lavagem com ultrafiltrado e água deionizada para retirar a camada não depositada pelo processo eletroforético e finalmente cura-se a tinta na estufa de secagem.

A migração num campo elétrico de partículas dotadas de carga elétrica. O sinal da carga de partícula determinará o sentido de migração. As partículas dotadas de carga negativa para o pólo positivo (ânodo). As dotadas de carga positiva para o polo negativo (catodo). No caso de pintura eletroforética as partículas em suspensão são compostas de pigmentos, envolvidos com resinas e amins ou ácidos orgânicos. As chamadas tintas anódicas são as que migram para o pólo positivo (ânodo), e as catódicas para o polo negativo (cátodo), conforme figura 18.

Figura 18 - Relação cátodo x ânodo no processo de eletrodeposição



Fonte: Elaborado pelo Autor

- **Ânodo:**

Construído em aço inoxidável. À medida que a camada de cataforese é depositada, aumenta a acidez do banho. Todavia, para que a deposição cataforética seja ótima é necessário manter pH do banho dentro de um intervalo controlado. A taxa de acidez é então regulada por intermédio de membranas semipermeáveis, conhecidas como células de diálise, que controlam o sentido do ácido, deixando que ele passe do banho ao ânodo. O ácido se concentra no circuito de anólito. Regularmente é necessário efetuar uma purga do anólito e completar o banho com água desmineralizada para conservar suas características.

- **Agitadores:**

Os agitadores são necessários para garantir a homogeneidade do banho, a fim de evitar a sedimentação dos pigmentos. Eles contribuem também para eliminar eventuais bolhas de gás que venham a se formar sobre a superfície da carroceria.

- **Ultrafiltração**

O circuito de ultrafiltração é constituído por um sistema de filtração tangencial por membrana, que tem por finalidade separar as

moléculas em função do tamanho, e permite ainda separar solventes, água e ácidos da pintura, constituindo o ultrafiltrado novo. A ultrafiltração é necessária para compensar o empobrecimento do banho.

- Temperatura

A temperatura é mantida através de placas trocadoras de calor (resfriamento ou resfriamento e aquecimento, dependendo da fábrica).

Figura 19 - Carroceria no processo de cataforese



Fonte: Foto tirada pelo Autor

2.3.4 Sigilatura

O processo tem esse nome devido ao principal material utilizado na vedação das partes internas das carrocerias, chamado de “sigilante”, um composto a base de PVC e outros polímeros, no qual já vem pronto dos fornecedores e aplicado manualmente na carroceria após o processo de cataforese, nas linhas de aplicação de sigilatura.

Essa massa de vedação é utilizada em regiões do veículo que possuam grande abertura entre chapas. Um produto termocurável, tendo como sua principal função a proteção da carroceria contra penetração de poeira e a corrosão causada por infiltração de água. Aplicado em todos locais que tenha junção de chapas, em volta da torre dos amortecedores, canaletas de chuva, acabamento da porta, capô, tampa do porta malas,

entre outros. Para que o sigilante atinja as suas características físico-químicas ele deve ser ativado a uma temperatura a cerca de 170°C, podendo ter expansão de até 200%.

Outra parte do processo de sigilatura é a aplicação de um filme de proteção para batida de pedras, chamado na UOP de “PVC”, no qual é aplicado como revestimento protetivo, anticorrosivo e antirruído, nas áreas do veículo que comumente ficam expostas a batida de pedras e a umidade. É aplicado na parte externa do automóvel devido a sua alta resistência ao impacto, promove proteção ao assoalho, caixa de rodas, longarinas, caixa de ar, tanque de combustível. Assim como o sigilante, o “PVC” necessita de um processo de cura para que atinja as suas características físico-químicas a uma temperatura de cerca de 140°C.

A parte de redução de ruído das carrocerias também é realizada na linha de Sigilatura, onde são aplicadas mantas asfálticas insonorizantes pré-formadas de betume, denominadas de “IFF’s”. Estes por sua vez são responsáveis pela redução de ruído no interior do veículo, conhecida como “rumurosidade” interna das carrocerias, proporcionando um melhor ambiente acústico no interior do veículo enquanto o mesmo encontra-se em movimento. A cura dos insonorizantes e dos IFF’s é realizada no secador do processo seguinte, denominado *primer*.

2.3.5 Primer

Após a sigilatura vem o processo de primer, que é uma camada de revestimento que une a cataforese com proteção à corrosão aos esmaltes (base e verniz). Sua função é suavizar as irregularidades da superfície, melhorar o desempenho de resistência a batidas de pedras, e ajuda a proteger o substrato contra a luz visível e UV.

A linha de pintura de *Primer* possui as etapas de preparação, estação de identificação, aplicação de *primer* (externa e interna), a seguir são detalhadas suas etapas:

- Preparação:

Estação de limpeza manual, com operadores trabalhando em cabina climatizada, realizando manualmente a limpeza das carrocerias, utilizando malhas de pano umedecidas em produtos apropriados de limpeza.

- Estação de identificação:

Zona de identificação: são identificados os modelos e cores a serem pintadas pelas máquinas. A identificação dos modelos é realizada

de forma automática assim como a cor, que pode ser alterada pelo preparador de máquina, que digita um código associado à cor.

- Estação de pintura externa:

A aplicação se dá através de robôs de pintura, sendo a primeira aplicação realizada por uma máquina reciprocadora com oito turbinas automáticas (sendo seis nas laterais e duas no teto), denominada de “Ecobell”, responsável por 80% da cobertura de *primer* das carrocerias. Em seguida a carroceria passa para a pintura com 02 robôs antropomorfos, utilizando de sinos eletrostáticos, ou seja, realizando uma pintura eletrostática de *primer* nas partes planas externas das carrocerias, que completam os 20% finais necessários para uma camada uniforme de *primer*, e que atinja a espessura necessária de camada especificada na norma de produção.

- Estação de pintura interna:

Posto de trabalho com dois operadores (pintores), que realizam a pintura de *primer* nas partes internas das carrocerias. Essa tarefa é realizada manualmente, utilizando pistolas eletrostáticas na aplicação no interno das carrocerias.

Após estes processos as carrocerias seguem para o secador.

2.3.6 Revisão de fundo

As linhas de revisão possuem estações de trabalho, com operadores posicionados para realizar as tarefas de verificações das anomalias de pintura, bem como corrigi-las. Essas estações não têm automatismos, a não ser nos transportadores, que são as mesmas linhas de arraste das carrocerias ao longo do processo. Em suas atividades os revisores utilizam ferramentas manuais, como polidoras, lâminas, lixas. Empregam, sobretudo, suas competências técnicas na realização complexas das atividades.

Esses operadores especializados, os revisores, são posicionados ao longo da linha para realizarem as correções dos defeitos de pintura, função básica e prescrita para esses trabalhadores. Os defeitos de pintura mais simples que, na maioria das vezes, são as impurezas, deverão ser corrigidos na própria linha de revisão e os defeitos que exigem mais tempo e, ou repintura, devem ser realizados na parte final da linha ou no pátio externo. As carrocerias são retiradas do circuito e encaminhas pelos próprios revisores até o pátio de revisão.

2.3.7 Esmaltes

O processo de aplicação de esmalte é a pintura de acabamento dos veículos. Esta etapa de produção é realizada em três linhas, que são dotadas de características técnicas similares. O arranjo físico da linha é do tipo *loop* em forma de carrossel, onde o produto é transportado de forma automática por sistemas de transportadores em todas as fases do processo. A linha de pintura Esmalte, com quatrocentos metros de comprimento, gira à velocidade de 5,0 metros por minuto, impondo uma cadência produtiva de 1,0 minutos para cada carroceria pintada.

As carrocerias são transportadas nas linhas por carrinhos tracionados pelos transportadores de arraste, deslocadas em todo o processo de pintura, passando pelas estações de trabalho, onde se realizam as tarefas de pintura, secagem e revisão.

O processo de pintura utiliza a tecnologia de produto bicomponente, com tinta à base de solvente e aplicação de dois componentes no filme de cobertura:

O primeiro componente é a base colorida (lisa, metálica ou perolizado) com espessura de 12 μm ; posteriormente, é aplicado o verniz transparente com 35 μm de espessura. Em seguida, a carroceria é levada para a estufa, que polimeriza a tinta a uma temperatura de 135 a 150 °C.

Etapas do processo de pintura Esmalte:

A linha de pintura tem etapas de preparação, estação de identificação, aplicação de tinta base (externa e interna), aplicação de verniz, processo de polimerização, linha de revisão.

- Preparação:

Estação de limpeza manual, com operadores trabalhando em cabina climatizada, realizando manualmente a limpeza das carrocerias, utilizando malhas de pano umedecidas em produtos apropriados de limpeza.

- Estação de identificação:

Zona de identificação: são identificados os modelos e cores a serem pintadas pelas máquinas. A identificação dos modelos é realizada de forma automática assim como a cor, que pode ser alterada pelo preparador de máquina, que digita um código associado à cor; a operação é realizada somente uma vez, em cada lote de cor pintada na cabina.

- Tinta Base:

Estação de pintura interna de base: Posto de trabalho com operadores (pintores), que realizam a pintura de base lisa, metálica ou perolizada nas partes internas das carrocerias em duas demãos. Realizam a tarefa de forma manual, utilizando pistolas eletrostáticas para a

aplicação. Com a carroceria em movimento, aplica a pintura nos internos das portas, interno do veículo e, posteriormente, nos vãos dos motores e porta-malas.

Estação de pintura externa de base: Nesse posto de trabalho, a aplicação de pintura é realizada por máquinas automáticas e monitorada por operador especializado em aplicação automática, denominados de preparadores de máquinas. As máquinas, denominadas Robôs (tipo antropomorfos), realizam a pintura externa das carrocerias. São equipamentos comandados por controladores programáveis e controles de movimentações dos eixos, que acompanham o perfil das carrocerias, efetuando a aplicação de tinta de forma proporcional, de acordo com as áreas a serem cobertas pela pintura, sempre respeitando o perfil de pintura pré-programado de acordo com cada modelo.

Esta estação possui duas fases de pintura, sendo a primeira realizada por robôs de aplicação através do sistema de sinos eletrostáticos e a segunda através de pistolas de aplicação eletrostáticas.

- Verniz:

Estação de pintura interna: Posto de trabalho com operadores (pintores), que realizam a pintura de verniz transparente nas partes internas das carrocerias. Essa tarefa é realizada manualmente, utilizando pistolas eletrostáticas na aplicação no interno das carrocerias.

Estação de pintura externa: Assim como a primeira parte da aplicação de tinta base, a aplicação se dá através de robôs de pintura utilizando sinos eletrostáticos, ou seja, realizando uma pintura eletrostática de verniz nas partes externas das carrocerias. Um pouco a frente, esta estação possui um posto de trabalho com dois operadores (pintores) que realizam a aplicação do verniz no externo das carrocerias de forma complementar, ou em situação de repasse, caso falhe o sistema automático. Também aplicam o preto decorativo em partes específicas do veículo. Trata-se de pintura realizada de forma manual, com pistolas eletrostáticas.

2.3.8 Revisão de esmaltes

As linhas de revisão possuem estações de trabalho, com operadores posicionados para realizar as tarefas de verificações das anomalias de pintura, bem como corrigi-las. Essas estações não têm automatismos, a não ser nos transportadores, que são as mesmas linhas de arraste das carrocerias ao longo do processo. Em suas atividades os revisores utilizam ferramentas manuais, como polidoras, lâminas, lixas. Empregam, sobretudo, suas competências técnicas na realização

complexas das atividades. Para defeitos mais graves, que necessitam de pequenos retoques de pintura, são disponibilizadas, pela empresa, pistolas de pintura tipo “caneca” e resistências para a cura localizada do reparo de pintura. Esses pequenos reparos são feitos na linha pelos revisores de ponta de linha.

2.3.9 Estufas ou fornos

Os fornos secadores estão presentes na UOP após os processos de pré-tratamento, cataforese, *primer* e esmaltes. Cada processo segue um determinado padrão de cura, seguindo a “curva de cura” das carrocerias, na qual, nos diz qual a faixa ideal e o tempo de cura em que cada processo, no qual deverá trabalhar seguindo rigorosamente estas especificações que estão contidas nas normas de processo de fabricação.

O secador do pré-tratamento e da cataforese são do tipo de secador de vapor, no qual utilizam vapor para efetuar a cura das carrocerias.

O secador do *primer* é composto por uma parte de secagem através de irradiação e convecção e outra por vapor. O secador do *primer* também é utilizado para cura de toda a parte de sigilatura das carrocerias, assim como os insonorizantes.

O secador dos esmaltes, assim como uma parte do *primer*, é composto por aquecedores através de irradiação e convecção, no qual realizam seu aquecimento através de irradiação por lâmpadas IR e convecção por vapor, com posterior sistema de resfriamento.

Todos os fornos dos processos respeitam a sua “curva de cura”, garantindo assim com que as carrocerias atendam à norma de polimerização da tinta de cada etapa do processo.

O ar das zonas de convecção, recirculam entre as baterias de aquecimento e o interno do forno, proporcionando melhor troca térmica. Parte do ar é recirculado no próprio secador, 10% é exaurido, sendo enviado ao pós-combustor. Esse equipamento eleva a temperatura dos gases a 900°C, realizando a queima dos orgânicos voláteis. Para compensar a perda desses 10% do ar saturado, o secador renova o ar, captando-o do ambiente nas baterias de aquecimento. Esse ar é filtrado, aquecido e insuflado para o interior do secador.

2.4 SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

Após a Segunda Guerra Mundial, quando a economia japonesa estava devastada e as montadoras do setor automobilístico norte

americano e europeu cresciam e ganhavam mercado em todo o mundo, o então presidente da Toyota Motor Company, Toyoda Kiichiro, disse: “Alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá”. Porém, isso não seria muito fácil, pois a produção japonesa era muito aquém, comparada à europeia (cerca de um terço da produção europeia) e ainda mais baixa, em se tratando da produtividade norte americana (aproximadamente um nono da produção americana). OHNO (1997), conclui que os americanos não poderiam ser, por volta de oito a nove vezes, mais eficazes que os japoneses e que os mesmos deveriam estar desperdiçando alguma coisa.

Em meados da década de 50 os japoneses realizaram algumas visitas aos Estados Unidos: conheceram as gigantes Ford e General Motors e dessa forma obtiveram um contato mais próximo com a produção em massa. No entanto, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno perceberam que o sistema de produção em massa, que possui um alto volume de produção com pouca variedade de produtos, baixos custos e acima de tudo, onde a produção é empurrada ao mercado, não funcionaria no Japão por certas restrições que o país enfrentava.

Com a economia devastada após a Segunda Guerra Mundial e o crescimento econômico muito baixo ou praticamente estagnado, era impossível ter uma produção em excesso a ser “empurrada” ao mercado, com pouca variedade de produtos. Além disso, os trabalhadores japoneses não estavam acostumados a serem exauridos ao máximo com trabalhos temporários, repetitivos e monótonos, o que impedia a implementação do sistema de produção em massa no Japão.

Esta prática é importante na produção em massa e muito comum nos Estados Unidos onde a contratação de trabalhadores temporários dispostos a enfrentar condições precárias por boas remunerações era normal, juntamente com o trabalho repetitivo e a falta de autonomia dos operários. Vale salientar que também o sindicato fraco e desorganizado que existia nos Estados Unidos, nessa época, era muito bem visto pelas empresas que produziam em massa, pois não havia reivindicações por melhores condições de trabalho, ou mesmo uma garantia aos funcionários quanto ao emprego. Em contrapartida, no Japão, os sindicatos eram fortes e organizados, não permitindo essas condições extrativas e precárias de trabalho. Então, a necessidade de produzir de forma diversificada e pouca quantidade, com um maior rendimento dos trabalhadores, eliminando o desperdício, era uma questão de sobrevivência para a Toyota Motor Company.

Portanto, da necessidade de produzir pequenas quantidades com grandes variedades e baixos custos, para atender o mercado automotivo japonês fragilizado e com potenciais concorrentes americanos e europeus, logo após a Segunda Guerra Mundial, nasce o Sistema Toyota de Produção (STP) que, mais tarde, em meados de 1980, seria denominado Manufatura Enxuta. O termo enxuta, do inglês Lean, foi definido por John Krafcik, do Massachusetts Institute of Technology, para descrever as técnicas do sistema de produção, o sistema de trabalho e a política de recursos humanos. MOORE (1988) chamou o sistema de enxuto pela redução de atividades relacionadas à produção em massa, como estoques menores no local de fabricação e menos espaço para a fabricação.

Eiji Toyoda e Taiichi Ohno apud WOMACK & JONES (1996) foram os pioneiros em utilizar o pensamento enxuto na forma de relacionamento entre clientes e fornecedores, nas operações da produção e no desenvolvimento de novos produtos com a eliminação do *muda*.

Muda é uma palavra japonesa que significa desperdício, ou seja, atividades que não agregam valor ao produto. Portanto, qualquer atividade que absorva recursos e não agregue valor, como, por exemplo: retrabalho, produção de itens indesejados, altos níveis de estoques em toda a cadeia de suprimentos, etapas de processamento, movimentação (de materiais ou funcionários) desnecessária e espera por falta de abastecimento são *muda* que a Manufatura Enxuta busca eliminar.

Esse paradigma, a Manufatura Enxuta, consiste em fazer cada vez mais, utilizando cada vez menos (esforço humano, equipamentos, tempo, espaço), aumentando dessa forma a eficiência da produção pela eliminação de *muda*. WOMACK et al (1992) citam que com metade de esforços, seja humano, espaço, investimentos em ferramentas, engenharia ou tempo pode-se produzir uma “variedade crescente de produtos” ao se utilizar o Lean Manufacturing (termo usado pelo autor em seu livro, *A Máquina que Mudou o Mundo*). Ainda WOMACK & JONES (1998) relatam que a Manufatura Enxuta seria entendida como um contraponto da produção em massa, pois a Manufatura Enxuta dá ênfase ao trabalhador multifuncional, no baixo inventário, seja ele em processo ou final.

MOORE (1998) acredita que o STP (Sistema Toyota de Produção) tenha uma ideia básica que consiste em “produzir os tipos de unidades necessárias, no tempo necessário e na quantidade necessária”. Ainda MOORE acredita que exista submetas para apoiar a meta principal de reduzir desperdícios, portanto, abaixar os custos.

Essas submetas são três: Controle da Quantidade, que consiste na capacidade do sistema em se adaptar às variações em termos de variedade de produtos e quantidades. A segunda é a qualidade assegurada, que tem como premissa: cada processo receberá produtos conformes dos seus antecessores e eles suprirão seus clientes sempre com produtos conformes. A terceira submeta é o respeito à condição humana, na qual fica evidente a importância dos recursos humanos.

As três submetas, juntamente com a meta, devem estar alinhadas, não podendo haver independência, dando-se dessa forma coesão à Manufatura Enxuta.

A Manufatura Enxuta tem dois conceitos-chave, sendo o primeiro o *Just-in-Time* (no tempo exato), que, basicamente, significa produzir e entregar as quantidades necessárias no tempo certo no lugar certo. O *Jidoka* (automação) é o segundo conceito importante sendo este a “automação com um toque humano” (OHNO, 2002).

A manufatura na indústria automobilística, conforme a visão de SLACK (1993), é estrategicamente importante para a obtenção da competitividade. Este é o local onde o produto é elaborado com qualidade, produtividade, flexibilidade e agilidade, e ainda melhorando a cada dia. O resultado disso é o desempenho crescente, que traz como consequência a redução de custos e a competitividade. Este também era o pensamento de OHNO (1997), que afirma que é na produção e por meio de sua observação adequada que se pode entendê-la e otimizá-la, o que gera um diferencial competitivo.

O desenvolvimento da empresa automobilística da Toyota resultou em uma inovação do sistema produtivo, o Sistema Toyota de Produção (STP) (LIKER, 2005).

O STP tomou consistência na década de 50. OHNO (1997) comenta que a produção da Toyota deveria ser flexível para produzir diferentes tipos de veículos e otimizar o uso de insumos devido à escassez de recursos no Japão. O objetivo era tornar-se competitivo no mercado japonês frente aos Estados Unidos e competir com sua produção em escala. Essa necessidade gerou a pesquisa e o desenvolvimento de uma metodologia que pudesse oferecer otimização da mão-de-obra, baixo nível de estoque de materiais e atender a uma produção diversificada e de pequeno volume mensal. A isso SHINGO (1996) denominou evolução da linha de montagem da Ford.

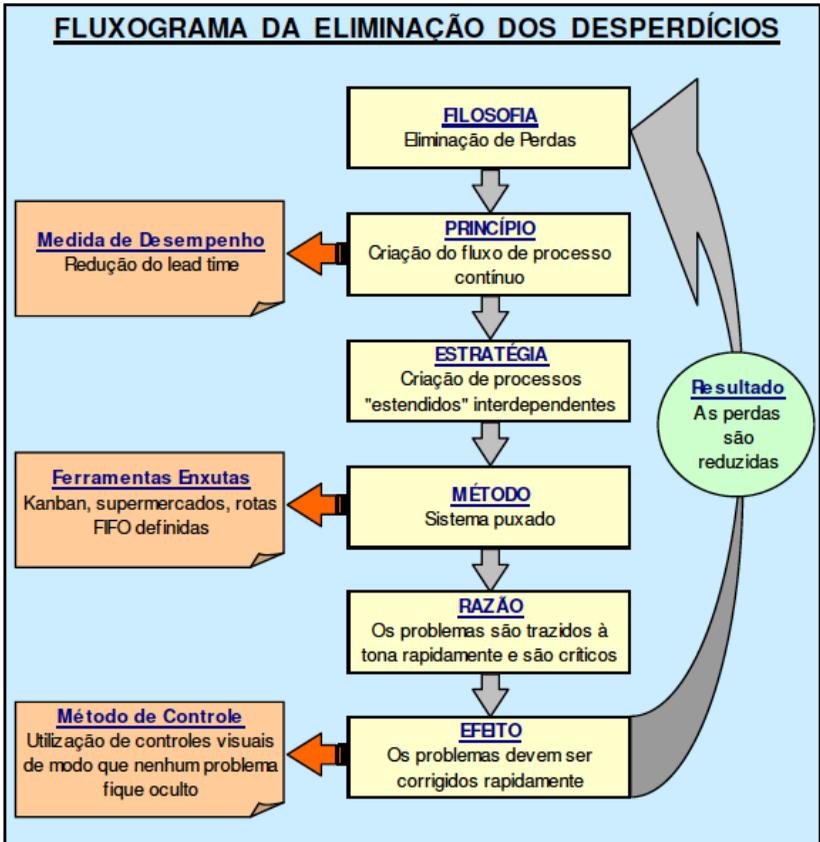
O STP, aqui no Brasil, ficou conhecido também pelo termo Produção Enxuta, que é a tradução de Lean Production, e descrito por LIKER (2005) como sendo adotado inicialmente por WOMACK, JONES E ROSS (1992) no best seller “A Máquina que Mudou o

Mundo”. Este livro é o resultado do trabalho acadêmico para entender as práticas desenvolvidas por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na Toyota, que lhe conferiam enorme competitividade no mercado mundial de automóveis. Essas práticas do STP refletem a filosofia e os métodos de trabalho adotados pela empresa japonesa. A disciplina, em sua aplicação, garante à empresa produzir carros com alto desempenho, design arrojado, baixos custos de produção e, conseqüentemente, preços competitivos e aumento da lucratividade, o que possibilita sua expansão no mercado (LIKER, 2005). HOLWEG (2006) acrescenta o processo de aprendizado constante como uma das importantes características do STP.

Entretanto, é essencial o envolvimento de todos os envolvidos, desde o fornecedor de matérias-primas ou partes e componentes, até o prestador de serviços encarregado de entregar o produto ao cliente. Assim, OHNO (apud LIKER, 2005) propõe o envolvimento e o comprometimento de fornecedores, distribuidores e de todos os funcionários da empresa, independentemente do nível hierárquico, em realizar, diariamente, suas atividades cada vez melhor, identificando desperdícios e eliminando-os. Com esse incremento no desempenho, é possível aumentar cada vez mais a competitividade no mercado.

Os autores LIKER e MEIER (2007) entendem que a filosofia da Produção Enxuta fundamenta o STP mediante a interação entre o processo, a valorização da organização e a solução contínua dos problemas em sua causa raiz. Nesse sentido, os autores descrevem o processo de eliminação de desperdícios, representado pelo fluxograma ilustrado na figura 20, como a dinâmica de funcionamento do próprio STP, o qual será mais bem detalhado a seguir.

Figura 20 - Fluxograma de funcionamento do STP



Fonte: LINKER e MEIER (2007)

2.4.1 Eliminação de Desperdícios

Define-se desperdício, ou perda, como toda atividade que não agrega valor ao produto, também conhecido por *Muda*, em japonês. Então, ao se aplicar a Produção Enxuta, duas características servem como medida, ou alerta: o nivelamento da produção e a padronização das atividades. No entendimento de LIKER e MEIER (2007), o nivelamento (baseado em uma produção constante e uniforme) é consequência da estabilidade da demanda produtiva, os problemas irão aparecer para serem solucionados. Os autores apontam a padronização como o resultado da estabilidade e da repetibilidade do processo.

Ao se distribuir de maneira uniforme a carga de trabalho no eixo do tempo, torna-se possível identificar e eliminar os desperdícios. Isso também permite eliminar as sobrecargas de trabalho, denominadas *Muri* em japonês. E, finalmente, essa sobrecarga é responsável pela quebra de qualidade ou de máquina, gerando a produção de material defeituoso, chamada de *Mura*. Para promover a solução desta tríade, é necessário desenvolver um sistema estável e uniforme, em que o conceito seja garantir o nivelamento do plano de trabalho, o qual a Toyota denomina *Heijunka*.

Pela sua importância, OHNO (1997) distinguiu as perdas ou desperdícios em sete tipos distintos: superprodução, tempo disponível ou espera, transporte, processamento, estoque disponível, movimento do empregado e produção de produtos defeituosos. Para os autores SHINGO (1996) e LIKER (2005), as definições de cada um desses sete tipos ajudam no entendimento e no conhecimento de suas principais características e sustentam a sua aplicação adequada. Portanto, os sete desperdícios são entendidos da seguinte forma, segundo LIKER e MEIER (2007), LIKER (2005) e SHINGO (1996):

- *Superprodução*: exceder a utilização dos recursos produtivos em razão da produção antecipada, ou em volume excedente ao necessário, gerando alto volume de estoque.

- *Espera*: operador parado pelos seguintes motivos: quebra de máquina, falta de material, *setup*, aguardando operação de máquina, aguardando operação de gargalo, atrasos de processos ou excesso de estoque.

- *Transporte ou transferência*: movimentação desnecessária de matéria-prima, material em processo ou produto acabado, no estoque ou durante o processo.

- *Superprocessamento ou processamento incorreto*: realização do trabalho desnecessário, ou seja, que exceda a necessidade, ou trabalho ineficiente, realizado devido a recursos inadequados que ocasionarão defeitos.

- *Excesso de estoque*: excesso de matéria-prima, material em processo e produtos acabados, gerando alto valor de estoque, necessidade de espaço para alocação, além de não possibilitar a identificação de problemas no processo.

- *Deslocamentos desnecessários*: movimento que não agrega valor ao produto ou locomoção do empregado durante sua atividade produtiva.

- *Defeitos*: consumo adicional de recursos produtivos para realizar retrabalho ou produzir material para substituir material refugado.

O planejamento inadequado, seja de marketing, seja de logística, seja ainda de engenharia pode causar a produção em excesso, a movimentação ou fluxo inadequado e a realização de atividades desnecessárias ou inadequadas e, respectivamente, causar perdas. A falta de distribuição adequada da carga de trabalho para máquinas e empregados, bem como o desbalanceamento das atividades e dos fluxos de materiais, geram a perda por espera para o empregado e excesso de estoque. O processamento inadequado também pode resultar na produção de produtos defeituosos que necessitarão ser refugados ou até na realização da atividade extra de retrabalho. E, ainda, o planejamento deficiente dos layouts dos postos de trabalho pode causar excessiva movimentação dos operadores para buscar material ou equipamento para realização de sua atividade (LIKER, 2005). RAWABDEH (2005) conclui em sua pesquisa que os tipos de desperdícios se influenciam mutuamente em maior e ou menor grau, sendo que as perdas por superprodução e defeitos são as de maior impacto e, conseqüentemente, as que mais influenciam os demais desperdícios.

Figura 21 - Casa do STP



Fonte: LINKER (2005)

Esta representação do STP, conforme a figura 21, em forma de casa foi elaborada por Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, e teve como objetivo disseminar a filosofia nos fornecedores da Toyota. De acordo com LIKER (2005), foi uma maneira de facilitar o entendimento do funcionamento desse sistema de produção.

2.4.2 A Cultura da Qualidade – *Jidoka*

Liker (2005) define o *Jidoka* como a “qualidade intrínseca”, ou seja, a abordagem da qualidade nas atividades humanas, nas máquinas e na interação entre ambas. O termo japonês *Jidoka* é também conhecido por autonomação. Liker e Meier (2007) explicam que a aplicação da autonomação, seja em máquinas, seja pela ação humana, implica o uso da cultura de se parar a operação no momento em que um problema

ocorre e somente seguir adiante após sua solução definitiva. A eficácia do sistema depende disto (LIKER, 2005).

Shingo (1996) aborda a autonomação no caso das máquinas como a maneira de transferir atividades humanas para as máquinas, pela implementação de dispositivos que permitam identificar automaticamente o problema, cessando a operação e emitindo aviso (LIKER; MEIER, 2007). Para Kim e Gershwin (2005), como o *Jidoka* trabalha na prevenção de falhas e na solução definitiva dos problemas identificados, ele resulta na estabilidade do processo, na maior qualidade do produto e no menor tempo de produção. Shingo (1996) acrescenta que esses benefícios são obtidos com o rebalanceamento das atividades produtivas e a otimização dos insumos, principalmente da mão-de-obra.

Ao se identificar um problema, deve-se reunir um grupo de empregados para compartilhar a identificação das causas e a proposição de soluções. Liker (2005) e Ohno (1997) concordam que esse envolvimento cria um ambiente motivacional à propagação dos conhecimentos e experiências, pois todos da equipe colaboram e aprendem.

Uma importante ferramenta desenvolvida pela Toyota para a detecção da causa do problema identificado é a simples aplicação da pergunta: “por quê?”, cinco vezes. Liker (2005) enfatiza a importância dos “5 porquês” para a identificação correta da origem do problema, para, assim, poder implantar a solução ideal.

2.4.3 A Padronização de Atividades e o Nivelamento da Produção

Liker e Meier (2007) veem a “padronização como o ponto de partida para a melhoria contínua”. No entendimento de Penner (2005), a padronização “é um esforço dirigido para o ganho de produtividade por meio da redução do tempo de ciclo e da eliminação de desperdícios”. E Ohno (1997) resume como sendo uma “combinação eficaz dos materiais, operários e máquinas para produzir com eficiência”.

Ohno (1997) entende que o trabalho padronizado depende de três fatores: o tempo de ciclo (*takt time*), a sequência de processo, e o nível de estoque. O primeiro fator determina o ritmo de trabalho para atender a necessidade do cliente; o segundo refere-se à sequência de atividades para obter-se o produto; e, por último, tem-se o estoque necessário para manter o funcionamento sincronizado do processo (LIKER, 2005). Para Liker e Meier (2007), a padronização deve atuar no processo como um todo, distribuindo metodicamente a carga de trabalho e fornecendo

orientação clara ao empregado quanto à execução de suas tarefas, mas lhe concedendo a oportunidade de inovar ou melhorar o processo.

Os autores Liker (2005) e Ohno (1997) veem o trabalho padronizado como fundamental para a determinação científica do tempo de ciclo, para a descrição eficiente da sequência de trabalho e para a determinação adequada do nível de estoque. Essas ações também contribuem para a eliminação de defeitos e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade.

Para se padronizar um processo, primeiramente é necessário que ele se encontre estável. A identificação da variação é um objeto de desenvolvimento no processo de melhoria contínua e, após a implantação da solução que torne o processo estável e repetitivo, realiza-se a redivisão das cargas de trabalho (LIKER; MEIER, 2007).

O nivelamento de produção, ou *Heijunka* em japonês, apresentado por Witcher (2004), é descrito como a eliminação das variações nas quantidades diárias do volume de produção. McClellan (2004), em sua pesquisa, cita que, para atender à variação do *mix* de produção, a manufatura deve ser flexível e apresentar setups rápidos, empregados bem treinados e flexíveis e carga de trabalho balanceada entre os funcionários.

Nos comentários de Liker e Meier (2007), o nivelamento provoca benefícios, tais como flexibilidade da manufatura, uso otimizado dos recursos, produção planejada, fornecedores internos operando com custos menores e melhor qualidade. No entanto, há três aspectos que devem ser garantidos para a sua obtenção: o volume de produção, o *mix* de produção (o volume distribuído por tipos ou modelos de produto), e a sequência dos modelos durante a produção.

Ohno (1997) salienta que o nivelamento quebra o paradigma do lote econômico, possibilitando que se produza em lotes pequenos e, dessa forma, se reduza o tempo de *setup* (troca de ferramentas), o que permite que o processo ocorra de maneira uniforme.

Hafner (2003) sumariza o trabalho padronizado e o nivelamento da produção como a base para o desenvolvimento dos pilares do JIT e da Autonomia.

2.4.4 O Ciclo PDCA e suas Características

O processo de melhoria contínua é a metodologia aplicada para a solução dos problemas e se espelha no desenvolvimento do ciclo do PDCA, ferramenta da qualidade elaborada por Deming (LIKER, 2005). Os autores Ohno (1997) e Liker (2005) afirmam que o processo de

melhoria contínua é essencial para o nivelamento da produção e para a padronização das atividades, pois são responsáveis pela estabilidade e uniformidade do processo, além de garantir condições ergonômicas adequadas e melhoria das condições de trabalho.

A melhoria de um processo traduz-se em ações constantes de monitoramento e identificação das causas que afetam o processo, a fim de reduzi-las e provocar o melhor desempenho do processo.

A metodologia do ciclo do PDCA, representado na figura 22, consiste em 4 estágios, conforme apresentado por Ishikawa (1989), (apud WERKEMA, 1995):

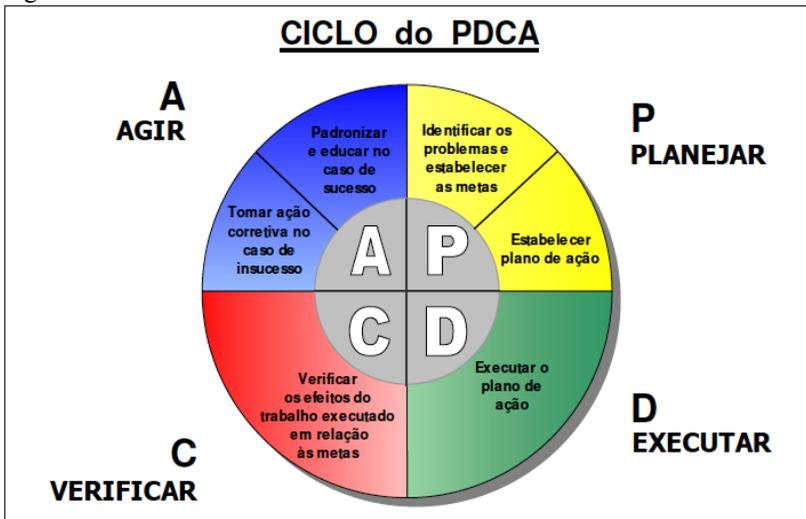
- *PLAN (Planejar)* – estabelecer as metas e os métodos utilizáveis para alcançá-las, empregando para isso um sistema de padrões, além de definir os itens que serão controlados.

- *DO (Executar)* – executam-se os processos conforme planejamento, com pessoal adequadamente treinado. É feita a coleta de dados para a etapa seguinte.

- *CHECK (Verificação)* – os dados coletados são comparados com as metas planejadas.

- *ACT (Ações Corretivas)* – executam-se as ações corretivas necessárias para que os problemas detectados na etapa anterior não se repitam, atuando nas causas fundamentais destes.

Figura 22 - Ciclo do PDCA



Fonte: Elaborado pelo Autor

Quando o ciclo do PDCA é utilizado para atingir metas de melhorias, Werkema (1995) denomina Método de Solução de problemas, pois se trata de um método de gestão que é auxiliado por ferramentas da qualidade e técnicas estatísticas. O autor também descreve que, no ciclo PDCA de melhoria, primeiramente são definidas as metas, e o seu desenvolvimento ocorre em oito passos:

1. Identificação do problema;
2. Levantamento das características do problema;
3. Identificação das principais causas desse problema;
4. Elaboração de plano de ação para eliminação das causas raízes;
5. Implementação das ações conforme planejado;
6. Monitoramento do processo para averiguar a eficiência das ações tomadas;
7. Caso se confirme a eficiência das ações, deve-se padronizá-las por meio de documentação; porém, se não resultar em eficiência, retorna-se ao segundo passo;
8. Rever as atividades e planejar as próximas ações.

No entendimento de Werkema (1995), as ferramentas da qualidade são “utilizadas para coletar, processar e dispor as informações necessárias ao giro dos ciclos do PDCA para manter e melhorar resultados”. Esta interação confere condição vital à realização do ciclo do PDCA.

A seguir, são apresentadas algumas das principais ferramentas e suas características, utilizadas para resolução de problemas e implementação de melhorias.

2.4.5 Melhoria contínua (MC) e a utilização do Kaizen

Para Ohno (1997), “a necessidade é a mãe da invenção”, e ressalta “... que a chave para o progresso das melhorias está em permitir que o pessoal da fábrica sinta essa necessidade”. Se refere aos motivos da necessidade de desenvolvimento de um novo sistema de produção e, ainda nos dias atuais, as melhorias ocorridas nas fábricas da Toyota são motivadas pela necessidade de MC. Uma interessante estratégia adotada por algumas empresas são as ferramentas de melhoria contínua e dentre elas a filosofia *kaizen*.

Berger (1997), citado por Perin (2005), descreve que “... o *kaizen* é uma das práticas que explica a notável excelência operacional das empresas japonesas e praticantes desta ferramenta têm analisado o *kaizen* que é uma das razões que justificam as empresas ocidentais de ainda não terem todo o benefício do conceito de gerenciamento

japonês”. E Berger (1997) continua ainda que “.... *kaizen* é a origem da melhoria contínua, é o maior aspecto do movimento de qualidade nas empresas japonesas”.

A filosofia *Kaizen* está baseada, conforme Briales (2007) “... na eliminação de desperdício com base no bom senso, no uso de soluções baratas que se apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos de trabalho, com foco na busca pela melhoria contínua”.

Kaizen, o processo de realizar melhorias mesmo pequenas, e atingir a meta enxuta de eliminar todo o desperdício que adiciona custo sem agregar valor. *Kaizen* ensina aos indivíduos as habilidades para trabalhar de modo eficiente em pequenos grupos, resolver problemas, documentar e melhorar processos, coletar e analisar dados e autoadministrar-se num grupo de colegas. Leva à tomada de decisões (ou propostas) até os trabalhadores e exige uma discussão aberta e o consenso do grupo antes da implementação de qualquer decisão. *Kaizen* é uma filosofia total que luta pela perfeição e sustenta o STP no dia-a-dia, (LINKER 2005).

Portanto o *kaizen* é mais que um simples evento de MC, ele consiste na prática de uma consciência de trabalho em grupos de forma eficiente e autogerenciáveis, os quais tomam decisões de implementação de melhores práticas.

Os caracteres japoneses da palavra *Kaizen*, conforme Sharma e Moody (2003), são uma “... combinação de símbolos japoneses (KA = muda, ZEN = bem) significando “mudança” e “bom”, comumente traduzido como “mudança para melhor”, buscando soluções rápidas e práticas aos desafios do dia-a-dia”. A figura 23 demonstra o significado de seus ideogramas:

Figura 23 - Ideogramas japoneses que significam melhoramento contínuo



Fonte: SHARMA e MOODY (2003)

A ferramenta *kaizen* utiliza questões estratégicas baseadas no tempo. Nesta estratégia, os pontos-chave para a manufatura ou processos produtivos são a qualidade (como melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais. (SHARMA e MOODY 2003)

Conforme afirma Drucker (1999), “... existem três tipos de novos conhecimentos: o primeiro – o aperfeiçoamento continuado do processo, produto ou serviço, que os japoneses chamam de *Kaizen*. Em segundo vem a exploração: a exploração continuada do conhecimento existente para desenvolver produtos, processos e serviços diferentes. Finalmente, há a inovação genuína”. Este aperfeiçoamento continuado ao qual Drucker se refere é que tem trazido o sucesso de muitas empresas japonesas.

O LEAN INSTITUTE BRASIL (2007) apresenta a seguinte definição para *kaizen*:

Kaizen – melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício. Há dois níveis de *kaizen*:

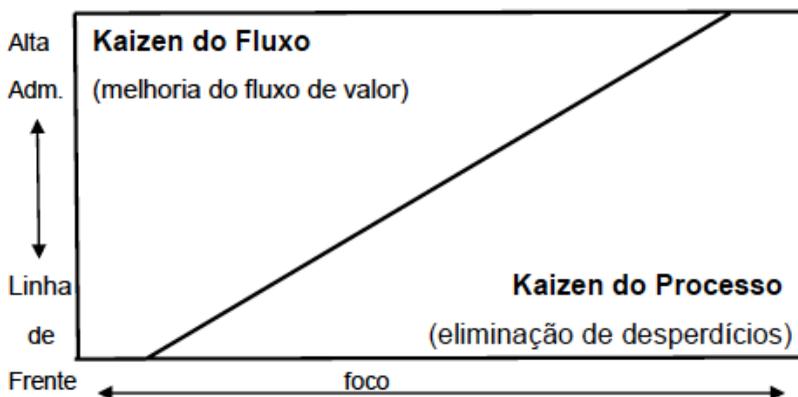
- *Kaizen* de sistema ou de fluxo, que enfoca o fluxo total de valor. Dirigido ao gerenciamento.
- *Kaizen* do processo, que enfoca os processos individuais. Dirigido a equipes de trabalho e líderes de equipe.

Também para Rother e Shook (2003) e mostrado na figura 24, reforçando a ideia acima, *kaizens* são divididos em dois níveis:

- *Kaizen* de fluxo: ou de sistema, que enfoca no fluxo de valor, tem atuação sistêmica
- *Kaizen* de processo: enfoca em processos individuais, dirigidos às equipes de trabalho e líderes de equipes.

Segundo ROTHER E SHOOK (2003), “... tanto o *kaizen* do fluxo (melhoria do fluxo de valor) como o de processo (eliminação de desperdício no nível do grupo no chão de fábrica) são necessários em uma empresa; melhorar um é melhorar o outro. O *kaizen* do fluxo centra-se no fluxo de material e de informação (que possibilita grande vantagem ao serem vistos), e o *kaizen* do processo focaliza no fluxo das pessoas e dos processos”.

Figura 24 - Tipos de kaizen



Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

Neste trabalho o foco serão os *kaizens* de processo.

2.4.6 5S

O “5S” é um pilar fundamental para o *Lean Manufacturing*. Trata-se de um método desenvolvido no Japão que aposta na organização e limpeza do local de trabalho bem como no envolvimento e responsabilidade dos trabalhadores para melhoria da produtividade. Um bom plano baseado nestes guias melhora a qualidade, segurança, custos, serviço ao cliente e performance em geral da área a que se aplica. “5 S” provém de cinco palavras japonesas iniciadas pela letra S: *Seiri*, *Seiton*, *Seisou*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Estas palavras representam os cinco “senso” que constituem um sistema fundamental para harmonizar as interfaces entre os subsistemas produtivo-pessoal comportamental. Os 5S são:

1. *Seiri* - Senso de Utilização: separar e manter no local de trabalho somente os materiais, máquinas e equipamentos necessários, eliminando os desnecessários.

2. *Seiton* - Senso de Organização: definir a forma correta e o local adequado para guardar materiais, máquinas e equipamentos, tornando o acesso rápido e fácil.

3. *Seisou* - Senso de Limpeza: eliminar a confusão de materiais, máquinas e equipamentos do local de trabalho, atacando as fontes do problema.

4. *Seiketsu* - Senso de Conservação: garantir a continuidade das condições físicas e da saúde no local de trabalho, respeitando as ordens escritas de segurança.

5. *Shitsuke* - Senso de Autodisciplina: cumprir os procedimentos e as normas através da disciplina e empenho, transformando-os num hábito de trabalho.

2.4.7 5 Porques (Análise de causa raiz)

É uma metodologia de melhoria, utilizada para se analisar a causa raiz de um problema, como o objetivo do qual através de várias perguntas “porque” em sequência e com respectiva validação do questionamento, demonstrado na figura 25.

Utilizada na fase “P” do PDCA, assim que um problema é identificado e será analisado. Aplica-se à toda a equipe que está envolvida na análise e busca da solução do problema, pois se trata de um *brainstorming*, o qual se destaca por ser este seu ponto forte quando realizada em grupo.

A cada resposta de um “porque”, deve ser avaliado (checada) a resposta para que não existam inferências, sendo estas conclusões sempre baseadas em fatos.

Figura 25 - Exemplo de um formulário de 5 Porques

5 POR QUÊS						ÁREA	UTILIZADO
						ÁREA	UTILIZADO
PROJETO						PROJETO	UTILIZADO
<input type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Foco em processo	<input type="checkbox"/> Manutenção Aditiva	<input type="checkbox"/> Organização do Fluxo de Trabalho	<input type="checkbox"/> Manutenção Profissional		TIPO DE PESQUISA	
<input type="checkbox"/> Controle de Qualidade	<input type="checkbox"/> Logística	<input type="checkbox"/> Desenvolvimento de Pessoas	<input type="checkbox"/> Desenvolvimento de Pessoas	<input type="checkbox"/> Acidente		DESENVOLVIDOR	
R. Q. D.	RESPONSÁVEL		DEFINICÃO	DATA TERCIM		CONCLUSÃO	
FENÔMENO							
	POR QUÊ (FATOANALISADO)	RESPOSTA	AÇÃO				
POR QUÊ 1							
POR QUÊ 2							
POR QUÊ 3							
POR QUÊ 4							
POR QUÊ 5							

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.4.8 5WH

Metodologia de melhoria na qual são realizados 6 questionamentos que significam:

1. *What* (O que acontece?)
2. *When* (Quando ocorreu?)
3. *Who* (Quem relatou o problema?)
4. *Where* (Onde ocorreu?)
5. *Which* (Qual a frequência do problema)
6. *How* (Como se evidencia o problema?)

Essas técnicas de questionamento utilizadas servem para descrever em detalhes todos os fatos que cercam uma determinada situação ou problema e principalmente para identificar o fenômeno que é o responsável pelo mesmo. Levantando-se informações suficientes e respondendo às 6 principais questões para se determinar o que precisa ser feito e quanto isso é importante para a resolução do problema. É uma

técnica utilizada durante o “P” do PDCA para levantamento de uma situação, conforme a figura 26. Também pode ser utilizada por qualquer pessoa que esteja envolvida em melhoria contínua na definição de uma situação ou problema.

Figura 26 - Exemplo de um formulário de 5W1H

5 W 1 H						ÁREA	UNITE	LITE CRÍMEM
PROBLEMA						UNITE		PROCESSO
PROBLEMA								DIRECIONADOR
<input type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Foco em governar <input type="checkbox"/> Manutenção Autônoma <input type="checkbox"/> Organização do Posto de Trabalho <input type="checkbox"/> Manutenção Profissional <input type="checkbox"/> Controle de Qualidade <input type="checkbox"/> Logística <input type="checkbox"/> Desempenhamento de Pessoas <input type="checkbox"/> Desenvolvimento de Pessoas <input type="checkbox"/> Ambiente						TIPO DE PERDA		
RISCO:						DATA INÍCIO		CONCLUSÃO
RESPONSÁVEL						DATA TÉRMINO		
5W1H	WHAT	Em qual processo/ produto foi identificado o problema? O que eu sei sobre o problema? O que já foi feito para solucioná-lo? O que eu já fiz para solucioná-lo, ou minimizá-lo?						
	WHEN	Quando o problema ocorreu? Em que turno? Em que horário? A que horas? Antes de quê? Depois de quê? A quanto tempo o problema existe?						
	WHERE	Onde o problema ocorreu? Qual UNITE? Qual CRT? Qual operação? Qual Produto? Qual lado (Direita)? Em cima? Onde o problema é mais frequente?						
	WHO	Quem relatou o problema? Quem fornece esta peça/ produto/ serviço? Quem estava presente? Quem é foi afetado? Quem conhece bem o problema? Quem pode ajudar?						
	WHY	Qual a tendência do problema? Qual a frequência? Qual a urgência da solução? Quais áreas estão envolvidas? Qual resultado está ou buscando? Qual o prazo lento para atuar?						
	HOW	Como a situação se tornou um problema? Como eu soube do problema? Como estamos resolvendo o problema atualmente? Como já atuamos anteriormente? Como se evidencia o problema? Como se registra o problema?						

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.4.9 4“Ms” e Espinha de Peixe (Ishikawa)

Mais conhecido como espinha de peixe, o diagrama de Ishikawa, demonstrado na figura 27, cujo nome herda de seu inventor, é considerada também como uma metodologia de uso mais comum de melhoria, pois, busca a causa raiz dos desvios das características de um determinado problema, utilizando de um diagrama parecido com uma espinha de peixe, dividida em 4 partes onde estão contidos os “M”s a ser avaliados.

1. Mão de obra
2. Material

3. Máquina
4. Método

Esses “M”s devem ser utilizados sempre que existir a necessidade de se investigar a causa raiz de um problema impactado por um dos 4Ms em questão, interrelacionando a causa e seu efeito em cada M. Utilizado com frequência pelos membros dos grupos na busca de uma eficácia na resolução de problemas. Durante sua aplicação faz-se necessário analisar bem local da origem de sua causa, conhecer bem o modo de falha para se identificar o real impacto de cada “M” e utilizá-la através de *brainstorming* para uma boa eficácia.

Figura 27 - Exemplo de um formulário de espinha de peixe associado aos 4Ms

4M'S					ÁREA	TIPO DE PROBLEMA
					LIPE	PROCESSO
					LIPE	CONDIÇÃO
PROBLEMA		RESPONSÁVEL		DATA INÍCIO	DATA TÉRMINO	ZONA LUGAR

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.4.10 *Quick, Standard, Major e Advanced Kaizen*

Em uma escala de complexidade na utilização destas ferramentas para a resolução de problemas, iniciamos com o *Quick Kaizen* (figura 28), que serve para melhorias de baixa complexidade, resolução de problemas esporádicos e não complexos. Muito utilizado com

operadores de linha de produção por se tratar de uma metodologia de baixa complexidade, não envolvendo conhecimento técnico apurado.

Figura 28 - Exemplo de um formulário de *Quick Kaizen*

QUICK KAIZEN						ÁREA	UTE
						UTE	
PROJETO						TIPO DE PERDA	
<input type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Montagem Automática	<input type="checkbox"/> Organização do Fluido de Trabalho	<input type="checkbox"/> Redução de Perdas				
<input type="checkbox"/> Controle de Qualidade	<input type="checkbox"/> Logística	<input type="checkbox"/> Gestão Para Otimizar	<input type="checkbox"/> Atividade	GRUPO ANOMALIA			
PROZ.	RESPONSÁVEL		DATA INÍCIO	DATA TÉRMINO	ID INCLUSÃO		
P						D	
A						C	

Fonte: Elaborado pelo Autor

O *Standard Kaizen* (figura 29) é uma melhoria de média complexidade, utilizada na resolução de problemas crônicos e não complexos, na constatação de uma anomalia, variação de processo, problemas em máquinas ou postos de trabalho, entre outras. Necessita de um pouco mais de conhecimento técnico do que o *Quick Kaizen*, portanto utiliza-se de ferramentas de baixa complexidade para auxiliar na resolução dos problemas.

Figura 29 - Exemplo de um formulário de *Standard Kaizen*

STANDARD KAIZEN					ÁREA	TIPO DE PROBLEMA
PROBLEMA					TIPO	PROBLEMA
					PROBLEMA	CONDIÇÕES
Descrição	Mensuração Anterior	Organização do Trabalho	Mensuração Posterior	TIPO DE PROBLEMA		
Condição de Qualidade	Logística	Qualidade Processos e Equipamentos	Acidente	GRUPO ASSINIAÇÃO		
PLANO	RESPONSÁVEL	DATA INÍCIO	DATA TÉRMINO	CONCLUIDO		
P						D
A						C

Fonte: Elaborado pelo Autor

Um nível acima apresenta-se o *Major Kaizen* (figura 30), que é utilizado em uma situação complexa que exige um estudo mais técnico apurado. Deve ser utilizado sempre que tiver um problema crônico relacionado à várias causas e que impacta significativamente no processo gerando problemas ou perdas relevantes. Por necessitar de um melhor conhecimento técnico é aplicado pelo corpo técnico do processo, pois, necessita de uma maior rigor em suas análises e uma melhor identificação da causa raiz. Pode também utilizar métodos e ferramentas intermediárias no auxílio das análises.

Figura 30 - Exemplo de um formulário de *Major Kaizen*

MAJOR KAIZEN				ÁREA	_____	UTILIZADO EM	_____
				UTE	_____	PROCESSO	_____
PROJETO				RESPONSÁVEL		CONCLUSÃO	
<input type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Manutenção Autônoma	<input type="checkbox"/> Organização Para o Trabalho	<input type="checkbox"/> Manutenção Preditiva	TIPO DE PERDA		_____	
<input type="checkbox"/> Qualidade Geral	<input type="checkbox"/> Logística	<input type="checkbox"/> Gestão Para a Eficiência	<input type="checkbox"/> Ambiente	GRUPO NOMINAL		_____	
R. COB.: _____	RESPONSÁVEL: _____	DATA INÍCIO: _____	DATA TÉRMINO: _____	CONCLUSÃO		_____	

Problema	1. Descrição do Problema		6. Ações Corretivas
	7. Descrição		
Título do Trabalho	2. Síntese	3. Definição das Objetivos	7. Conclusão
	4. Análise das Causas		
Data	5. Conclusão		7. Conclusão
	7. Conclusão		

Fonte: Elaborado pelo Autor

Utilizado em problemas realmente complexos e de difícil resolução o *Advanced Kaizen* (figura 31) exige um estudo técnico aprofundado, pois, trata-se de problemas persistentes que não puderam ser solucionados através dos métodos anteriores, que possuem várias causas interrelacionadas e que interagem entre si. Sua resolução proporciona ganhos de qualidade, produtividade e recuperações expressivas, demandando um tempo maior de análise e estudo das causas e efeitos geradores do problema, podendo ter sua aplicação estendida de três meses a um ano de acordo com a complexidade do problema a ser estudado. Por se tratar de um método que exige grande concentração de recursos e tempo, deve-se avaliar a real necessidade de sua utilização e a certeza de que os métodos anteriores não obtiveram resultado satisfatório. Utiliza-se de auxílios estatísticos avançados como ferramentas na busca de resolução de seus problemas, como por exemplo, DOE (*Design de Experimentos*), ANOVA (Análise de

Variâncias), Teoria das Restrições, PPA (Análise do Ponto de Processo), entre outras.

Figura 31 - Exemplo de um formulário de *Advanced Kaizen*

ADVANCED KAIZEN				ÁREA	_____	UF: ORDEM	_____	
				UFTE	_____	PROCESSO	_____	
PROJETO				DIRETOR		DIRETOR		
<input type="checkbox"/> Segurança	<input type="checkbox"/> Manutenção Aditiva	<input type="checkbox"/> Operação de Ponto de Trabalho	<input type="checkbox"/> Manutenção Profissional	TIPO DE REDE				_____
<input type="checkbox"/> Controle Qualidade	<input type="checkbox"/> Logística	<input type="checkbox"/> Qualidade/Proc. De Equipamentos	<input type="checkbox"/> Ambiente	GRUPO ANIMAÇÃO				_____
PROJETO	RESPONSÁVEL	DATA INÍCIO	_____	DATA TÉRMINO	_____	CONCLUÍDO	_____	

Problema	1 → Descrição do Fato/Evento	5 → Ações e Condições
Time de Trabalho	2 → Defeito	6 → Resultado
Plano	3 → Definição da(s) Objetivo(s)	7 → Como Iniciar
	4 → Realizar o Kaizen	

Fonte: Elaborado pelo Autor

2.5 SISTEMA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

2.5.1 Produção mais limpa (P + L)

O processo de fabricação de produtos normalmente gera resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas. Além de provocar impactos ambientais, a geração de resíduos representa desperdício de matéria-prima e energia e exige altos investimentos em técnicas de controle e tratamento da poluição, ou, em outras palavras, técnicas de “fim de tubo”. Esse tipo de abordagem requer horas de trabalho, profissionais especializados no tratamento e controle de resíduos e gastos de capital, HUNT (1993).

Empresários examinam de forma mais crítica esta abordagem de controle e tratamento da poluição, e essa reavaliação está ocorrendo, porque a redução dos resíduos não é somente um assunto que está relacionado à questão ambiental, mas à competitividade empresarial.

O novo enfoque que busca a prevenção da poluição é resultante da legislação ambiental cada vez mais rigorosa, das crescentes despesas com o tratamento, licenciamentos e multas dos órgãos reguladores, dos altos custos com o tratamento de resíduos e da pressão dos cidadãos e, especialmente, do mercado internacional, que cobra por maior qualidade ambiental (HUNT, 1993). Diante desse cenário, as empresas, especialmente aquelas localizadas nos países industrializados, estão adotando a Gestão Ambiental Preventiva (GAP) que procura agregar valor aos produtos, minimizando o desperdício durante o processo. Segundo EE (1999), através da aplicação de técnicas para a minimização do desperdício, as empresas poderão obter os seguintes resultados:

- redução dos custos com material, água e energia;
- redução dos custos com tratamento e disposição de resíduos;
- redução dos custos junto aos órgãos reguladores;
- aumento de sua competitividade (AUCKLAND REGIONAL COUNCIL, 1996).

A mudança do foco de tratamento para prevenção contribui para a implementação e desenvolvimento de um novo modelo de produção: a produção mais limpa (P+L). Esse é um modelo proposto em 1989 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Seu objetivo é integrar interesses ambientais e econômicos, através da busca da maior eficiência, a partir da redução do volume e da toxicidade dos resíduos, (CNTL, 1999).

A implementação da estratégia da produção mais limpa exige que todo o processo produtivo seja avaliado, verificando sua real eficiência quanto ao emprego de recursos e energia. Essa avaliação está baseada na realização de um balanço de massa e energia e na identificação das medidas para produção mais limpa mais apropriadas para serem aplicadas.

De acordo com HUNT (1993), as oportunidades para a redução do desperdício e prevenção da poluição podem ser identificadas em várias etapas do processo:

- *administração de materiais* – O desperdício de materiais, em muitos casos, ocorre porque estão com prazos de validade vencidos, contaminados, mal conservados ou

são simplesmente desnecessários. Além dos custos de disposição desses materiais, existem os custos pela perda de matérias-primas não utilizadas;

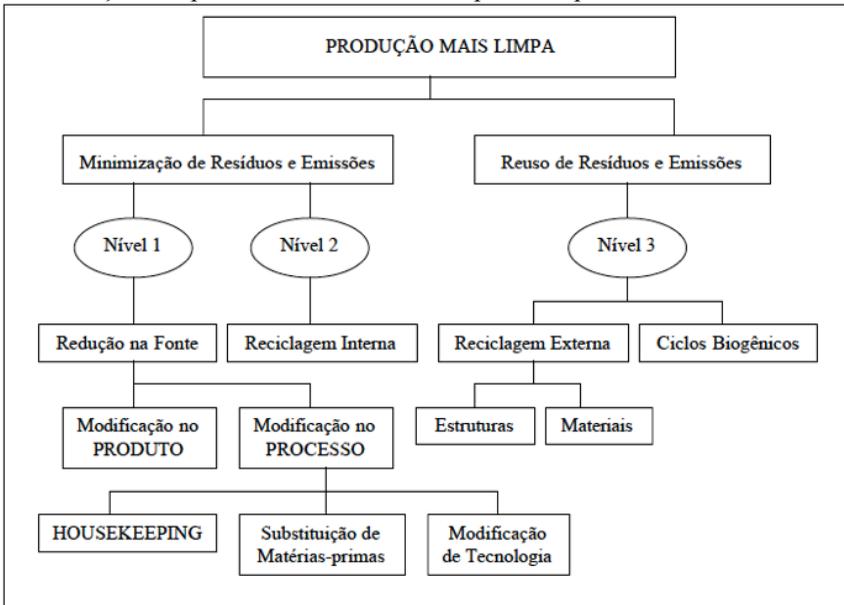
- *gestão de estoques* – Os métodos para controle de estoques e a adoção de procedimentos para a implementação de técnicas para entregas *just in time*, de acordo com a demanda da linha de produção, podem reduzir o desperdício significativamente;
- *manutenção ou housekeeping* – A inspeção e a reparação de válvulas, fechaduras, torneiras, canos e equipamentos em geral previnem muitos prejuízos. Estes procedimentos podem, por exemplo, reduzir a má utilização de água e vapor.
- *separação do resíduo tóxico do não-tóxico* – Alguns materiais, quando mantidos separados durante o processo, podem ser reutilizados ou reciclados, por exemplo, a água utilizada no processo, a água de refrigeração e os resíduos químicos;
- *mudança para materiais menos tóxicos* – A utilização de materiais menos tóxicos evita os custos dos investimentos em medidas e equipamentos que são exigidos para atender à legislação ambiental e de segurança e saúde no trabalho;
- *modernização dos equipamentos* – A substituição de equipamentos e a implementação de sistemas de circuito fechado podem maximizar a utilização dos insumos;
- *reciclagem interna* – Os resíduos podem ser reutilizados como insumo dentro de um mesmo processo;
- *reciclagem externa* – Em alguns casos, os resíduos podem ser transferidos para uma outra empresa e servir como insumo no seu processo produtivo;
- *modificação do processo* – A geração de resíduos pode ser atacada na fonte através de técnicas que incluem a melhoria no processo e nos procedimentos de manutenção, de substituição das matérias-primas; adoção de uma nova tecnologia.
- *modificação do produto* – Alguns produtos podem ser substituídos por um similar que não exige a utilização de matérias-primas ou processos de produção tóxicos.

A aplicação da metodologia da produção mais limpa, apresentada na figura 32, resultará na geração de menor impacto ambiental e maior rentabilidade para a empresa.

De acordo com o fluxograma da P+L, busca-se prioritariamente, a prevenção através da redução de resíduos e efluentes, e emissões na fonte (nível 1). Aqueles resíduos que não podem ser evitados podem ser reintegrados ao processo de produção (nível 2). Na impossibilidade de reutilização dos resíduos, medidas para a reciclagem externa devem ser adotadas (nível 3).

Um elemento fundamental para garantir o sucesso de um programa como este é o treinamento do pessoal. HAMNER (1999), ressalta que a poluição só pode ser prevenida através de pessoas que trabalham diretamente no processo, tomando decisões conscientes a respeito de como evitar o desperdício e os problemas ambientais. Isso inclui o pessoal de produção, marketing, pesquisa, planejamento e engenharia. Quando adotada a estratégia de controle e tratamento da poluição, geralmente há um ou alguns especialistas responsáveis pelo tratamento de resíduos.

Figura 32 - Fluxograma para o estabelecimento de prioridade na identificação de oportunidades de P+L num processo produtivo



Fonte: CNTL (2001).

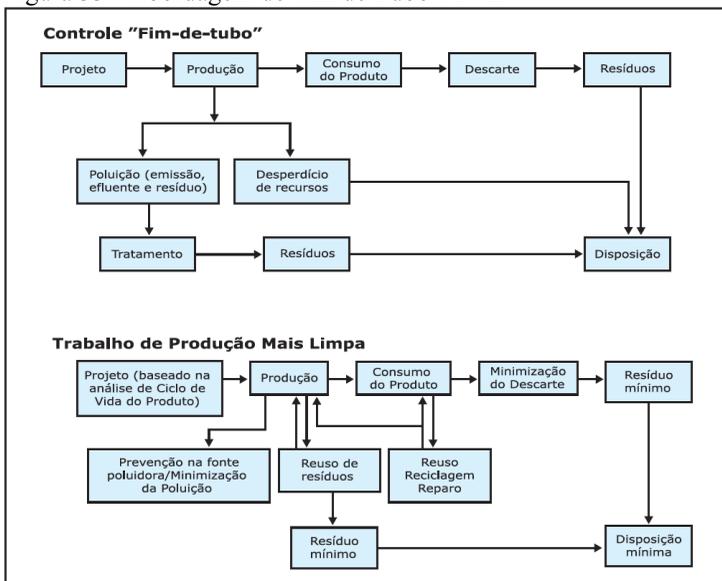
Por considerar que a aplicação da PML é uma tarefa de todos, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente tem promovido cursos, visando à implementação e aplicação dos conceitos de gestão ambiental preventiva nos currículos universitários (EE, 1999). Existe também uma preocupação específica com relação à implementação dessa abordagem nos currículos de engenharia, já que a produção mais limpa depende muito do desenvolvimento de tecnologias e de alterações nos processos. Nos currículos de engenharia, especificamente, a proposta é a associação entre os assuntos relativos à prevenção da poluição e saúde e segurança no trabalho (JÖRGESEN, 1999).

Portanto, a abordagem da produção mais limpa, diferente da abordagem de “fim de tubo”, conforme figura 33, tem um caráter multidisciplinar e busca atacar os problemas desde a sua origem.

Desta forma, as perguntas em relação aos resíduos devem ser: de onde vêm os resíduos e por que se transformaram em resíduos? (CNTL, 2001). O objetivo de toda essa mudança é transformar custos em lucros.

Ao reavaliar todo o seu processo produtivo, a empresa poderá implementar um sistema de gestão que orientará todas as suas atividades para a melhoria contínua e para a maior qualidade ambiental.

Figura 33 - Abordagem de Fim de Tubo x P+L



Fonte: CNTL (2001).

2.5.2 Vantagens e barreiras à produção mais limpa (P+L)

As vantagens da P+L, comparada com as tecnologias convencionais de fim de tubo são as seguintes (CNTL, 2003):

- redução da quantidade de materiais e energia usados;
- exploração do processo produtivo com a minimização de resíduos e emissões, induzindo a um processo de inovação dentro da empresa;
- processo de produção é visto como um todo, minimizando os riscos na disposição dos resíduos e nas obrigações ambientais;
- caminho para um desenvolvimento econômico mais sustentado, através da minimização de resíduos e emissões.

A P+L, como uma ferramenta que prima para a melhora da conduta ambiental das organizações, também pode proporcionar redução de custos de produção e aumento de eficiência e competitividade; redução de multas e penalidades por poluição; acesso facilitado a linhas de financiamento; melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores e poder público; melhor relacionamento com os órgãos ambientais e com a comunidade; maior satisfação dos clientes.

A figura 34 mostra algumas barreiras que podem ser encontradas durante o processo de implementação do programa de P+L.

Figura 34 - Barreiras que podem dificultar a implementação do programa de P+L

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO DAS BARREIRAS
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> • Indisponibilidade de fundos e custos elevados desses; • Falta de política com relação aos preços dos recursos naturais; • Não-incorporação dos custos ambientais nas análises de investimento; • Planejamento inadequado dos investimentos; • Critério de investimento "Ad hoc", pela restrição de capital; • Falta de incentivos fiscais relativos ao desempenho ambiental.
Sistêmica	<ul style="list-style-type: none"> • Carência ou falha na documentação ambiental; • Sistema de gerenciamento inadequado ou ineficiente; • Falta de treinamento dos funcionários.
Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de envolvimento dos funcionários; • Excessiva ênfase na quantidade de produção em detrimento da minimização dos problemas ambientais; • Concentração das tomadas de decisão nas mãos da alta direção; • Alta rotatividade dos técnicos; • Ausência de motivação dos funcionários.
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de recursos necessários à coleta de dados; • Recursos humanos limitados ou indisponíveis; • Limitação ao acesso de informações técnicas; • Limitação de tecnologia; • Déficit tecnológico; • Limitação das próprias condições de manutenção.
Comportamental	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cultura em "melhores práticas operacionais"; • Resistência a mudanças; • Falta de liderança; • Supervisão deficiente; • Trabalhos realizados com o propósito de manutenção do emprego; • Medo de errar.
Governamental	<ul style="list-style-type: none"> • Política inadequada de estabelecimento de preço da água; • Concentração de esforços no Controle "Fim-de-tubo"; • Mudanças repentinas nas políticas industriais; • Falta de estímulo para atuar na minimização da poluição.
Outras barreiras	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de apoio institucional; • Falta de pressão da sociedade para a prevenção da poluição; • Limitação de espaço nas empresas para a implementação de medidas de minimização de resíduos; • Presença de variações sazonais.

Fonte: CNTL (2001).

2.5.3 Princípios da Produção mais Limpa (P + L)

Vários autores, entre eles, HENRIQUES e QUELHAS (2007) apontam que os sistemas de Produção Mais Limpa são circulares e usam menor número de materiais, menos água e energia. Desse modo, os recursos fluem pelo ciclo de produção e consumo em ritmo mais lento.

Os autores acima citados ressaltam que a Produção Mais Limpa implementa o princípio de prevenção e precaução, de uma nova abordagem holística e integrada para questões ambientais centradas no produto. Essa abordagem assume como pressuposto que a maioria de nossos problemas ambientais é causada pela forma e ritmo no qual produzimos e consumimos os recursos, além de considerar a

necessidade da participação popular na tomada de decisões políticas e econômicas.

Segundo Kind (2005 apud HENRIQUES e QUELHAS, 2007) a tecnologia de Produção Mais Limpa é um exemplo de como os recursos naturais podem ser utilizados em prol do desenvolvimento sustentável. Diminuir os desperdícios implica em maior eficiência no processo industrial e menores investimentos para soluções de problemas ambientais. Em contrapartida, reduzir a poluição através do uso racional de matérias-primas significa uma opção ambiental e econômica definitiva, conforme afirmam os autores. Assim, o processo de transformação de matérias-primas e insumos em produtos, e não em resíduos, tornam uma empresa mais competitiva. (LEMOS e NASCIMENTO, 1999).

2.5.4 Descrição das fases de implementação da P+L

A implantação da Produção Mais Limpa pressupõe inovação, incremento competitivo e responsabilidade socioambiental, uma vez que tal processo prevê em sua origem, a prevenção da poluição e a busca do crescimento e desenvolvimento econômico sustentado.

Assim nesta seção busca-se apresentar, de maneira breve, as fases de implantação e as ações necessárias para operacionalização de tal metodologia, conforme proposto pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL (apud ARAÚJO, 2002).

2.5.5 FASE 1: Pré-avaliação

De acordo com o CNTL (op cit.), a etapa de pré-avaliação consiste em realizar uma breve avaliação das atividades executadas pela empresa através da realização de uma visita técnica, a qual tem como objetivo identificar as possibilidades da implantação da Produção Mais Limpa, bem como o tempo dedicado a ela. Sendo assim, deve-se buscar atender três objetivos básicos:

1. definir a amplitude da avaliação: consiste em definir o escopo da avaliação, ou seja, se o trabalho irá atender a toda a planta industrial ou processos previamente selecionados;
2. estabelecer a estratégia a ser adotada para execução do trabalho: consiste em definir o tempo de aplicação da metodologia e os horários para capacitação e sensibilização dos funcionários;

3. elaborar o(s) fluxograma(s) de produção: consiste em identificar as etapas que compõe os serviços a serem analisados.

2.5.6 FASE 2: Capacitação e sensibilização dos profissionais da empresa

Um dos pontos cruciais da metodologia fundamenta-se na elaboração de uma equipe de trabalho ou força tarefa, também denominada Ecotime. Esta equipe deve ser capacitada e sensibilizada, de forma a disseminar os fundamentos da Produção Mais Limpa para os demais funcionários da empresa.

Dependendo do porte da empresa e da complexidade da sua planta industrial, deve se buscar um Ecotime que “cubra” todos os setores da empresa. Para microempresas, muitas vezes pode ser formado por apenas uma pessoa.

A sensibilização do Ecotime deve consistir no reconhecimento da prevenção como etapa anterior às ações de “fim de tubo” e no entendimento da Produção Mais Limpa como princípio de melhoria contínua. Nesta fase, deve-se ressaltar os problemas ambientais atuais e os impactos ambientais causados pelo setor em que se enquadra a empresa.

A capacitação do Ecotime consiste na explicitação das etapas que compõe a implementação da P+L, assim como no atendimento a dúvidas que por ventura podem vir a surgir durante o decorrer do trabalho em campo.

2.5.7 FASE 3: Elaboração do diagnóstico ambiental e de processos

O diagnóstico ambiental e de processos é a base de dados da Produção Mais Limpa. Este deve fornecer uma “fotografia” da real situação da empresa diante da sua relação com o meio ambiente. Assim, tal diagnóstico deve permitir reconhecer:

- as principais matérias-primas, auxiliares e insumos utilizados no(s) processo(s) produtivo(s), inclusive os toxicologicamente mais importantes com respectiva quantidade utilizada e custo de aquisição;
- o volume de produtos produzidos;
- os principais equipamentos utilizados no(s) processo(s) produtivo(s);

- as fontes de abastecimento e finalidades do uso de água, bem como o tipo de tratamento utilizado;
- o consumo de energia;
- o consumo de combustíveis;
- os locais de armazenamento e formas de acondicionamento de matérias-primas, insumos e produtos;
- a conformidade ou não com a legislação ambiental;
- os resíduos sólidos gerados, a forma de acondicionamento, o local e tipo de armazenamento e a sua destinação final;
- a existência ou não de emissões atmosféricas e sistemas de controle utilizados;
- a existência ou não de efluentes líquidos e sistemas de tratamento utilizados;
- os custos relativos ao controle dos resíduos gerados (armazenamento, tratamento, transporte, disposição, e outros) e perdas de matéria-prima e insumos.

2.5.8 FASE 4: Elaboração do balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo

O balanço ambiental deve ser “alimentado” com os dados obtidos no diagnóstico ambiental e de processos, principalmente os que dizem respeito às entradas e saídas do processo produtivo. Utilizam-se os fluxogramas simplificados realizados na etapa de Pré-Avaliação de forma combinada com os dados obtidos no diagnóstico. Desta forma, elabora-se o balanço ambiental através da construção de fluxogramas de processo (entrada e saída).

O desenvolvimento e fluxogramas para os processos e atividades setoriais da empresa fornece as informações sobre os locais das saídas de poluentes de cada atividade ou processo.

Considera-se que, num processo industrial, as entradas são constituídas pelas matérias-primas, produtos auxiliares, água e energia. As saídas são os produtos acabados e semiacabados. No entanto, encontram-se nos processos industriais outras saídas que são os poluentes gerados, os quais devem ser tratados de maneira adequada.

Ainda de acordo com o CNTL (ibid), a metodologia de Produção Mais Limpa expõe a proteção ambiental integrada à produção, a qual propõe os seguintes questionamentos: De onde vêm nossos resíduos e

emissões? Por que afinal se transformaram em resíduos? Desta forma, o balanço ambiental deve responder a tais questionamentos, a fim de procurar identificar os pontos críticos da geração dos resíduos, bem como as informações sobre a sua causa e, posterior consequência.

Com relação ao Balanço Econômico, este deve conter os custos referentes ao controle dos resíduos, ou seja, a soma dos custos de tratamento de efluentes, resíduos sólidos e emissões atmosféricas, além dos custos com transporte, acondicionamento e disposição final dos resíduos gerados.

De igual maneira devem-se apurar os custos com perdas de matéria-prima, sendo possível analisar o real custo do resíduo gerado, sendo este muitas vezes desconhecido pela empresa.

Em relação ao Balanço Tecnológico, deve-se verificar o nível de tecnologia adotada pela empresa. ARAÚJO (2002) descreve que é de fundamental importância a realização e difusão de pesquisas, como por exemplo, o concurso das Universidades e Centros de Pesquisa Nacionais, uma vez que durante a execução das atividades são identificadas demandas tecnológicas reais, as quais devem alimentar o trabalho em campo.

2.5.9 FASE 5: Avaliação do balanço elaborado e identificação de oportunidades de P+L

A avaliação do balanço consiste na identificação de oportunidades e/ou problemas diagnosticados na elaboração do balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo. Estas oportunidades e ou problemas podem estar relacionados ao impacto ambiental proporcionado por determinada atividade, a problemas de saúde e segurança ocupacional dos trabalhadores, a custos associados ao controle de resíduos (fim de tubo), a problemas tecnológicos, entre outros.

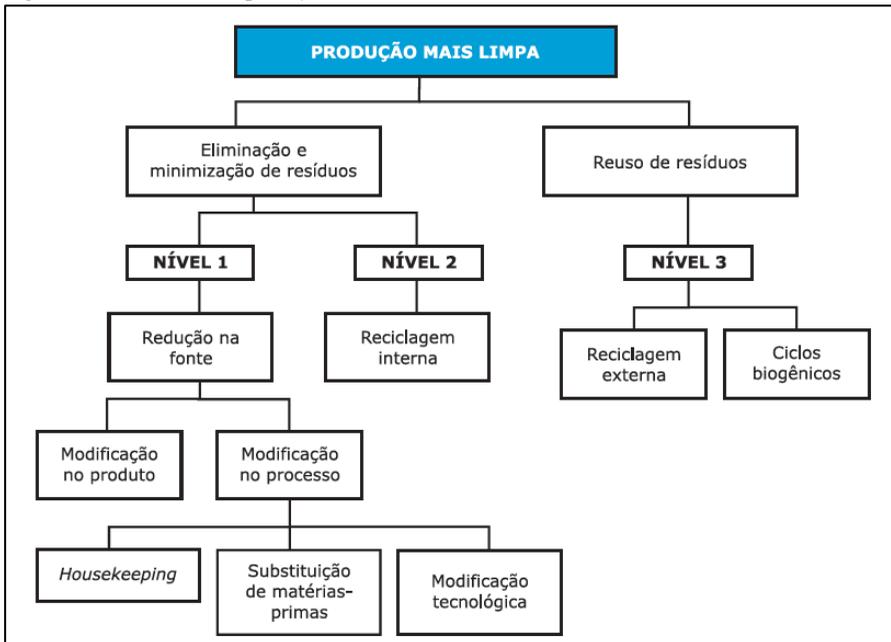
As informações apuradas, até então, devem permitir a identificação de oportunidades de aplicar a metodologia de Produção Mais Limpa para a solução dos problemas diagnosticados (possíveis desperdícios de materiais, procedimentos operacionais inadequados, entre outros). Além disso, deve-se determinar as interfaces com outras áreas ou ambientes da empresa, que afetam a área avaliada. Sendo assim, a avaliação consiste em descrever os problemas encontrados, as oportunidades de aplicação da metodologia proposta para solução dos mesmos, a estratégia ou ação a ser implementada, bem como as barreiras e necessidades para efetiva aplicação.

Valle (1995) afirma que deve ser dada especial atenção aos pontos críticos dos sistemas que geram maior quantidade de resíduos e ao controle dos processos produtivos que apresentam desvios em sua eficiência, gerando mais resíduos do que originalmente estimado.

2.5.10 FASE 6: Priorização das oportunidades identificadas na avaliação

O CNTL (CNTL/SENAI-RS apud BARBIERE, 2006) propõe que a priorização das oportunidades esteja fundamentada na escala de prioridades para prevenção de resíduos, ou seja, os níveis de aplicação da Produção Mais Limpa, conforme figura 35.

Figura 35 - Níveis de aplicação de P+L



Fonte: CNTL (2001)

Desta forma, deve-se evoluir do nível 1 para os demais níveis, pois os mesmos representam o quão preventivo é a ação a ser implementada. Ao analisar a alternativa de redução de resíduos na fonte (Nível 1), percebe-se que existem duas opções a serem seguidas, ou seja, a modificação no processo ou a modificação no produto.

De acordo com o CNTL (apud ARAÚJO, 2002), a modificação no processo pode envolver:

- técnicas de *housekeeping*: consiste em limpezas periódicas, uso cuidadoso de matérias-primas e com o processo, alterações no *layout* físico, ou seja, disposição mais adequada de máquinas e equipamentos que permitam reduzir os desperdícios, elaboração de manuseio para materiais e recipientes, etc. O *housekeeping* permite, ainda, mudanças nas condições operacionais, ou seja, alterações nas vazões, nas temperaturas, nas pressões, nos tempos de residência e outros fatores que atendam às práticas de Prevenção de Resíduos;
- substituição de matérias-primas: consiste na identificação de materiais mais resistentes que possam vir a reduzir perdas por manuseio operacional, ou ainda, a substituição de materiais tóxicos por atóxicos e não-renováveis por renováveis;
- mudanças tecnológicas: utilização de equipamentos mais eficientes do ponto de vista da otimização dos recursos utilizados, uso de controles e de automação que permitam rastrear perdas ou reduzir o risco de acidentes de trabalho, entre outras.

Quanto às modificações do produto (nível 1), propõe-se que seja levado em consideração as seguintes opções para minimização de resíduos:

- substituição de produto: essa opção pode envolver o cancelamento de uma linha produtiva, no qual o produto acabado apresente problemas ambientais significativos, ou ainda, a substituição de um produto com características tóxicas por outro menos tóxico;
- redesenho do produto (*ecodesign*): consiste em desenvolver uma nova concepção do produto que leve em consideração a variável ambiental como fator de redução de custos e oportunidades de negócios.

Nesta fase, há necessidade de uma análise combinada de substituição de materiais tóxicos por atóxicos e não renováveis por renováveis, alterações nas dimensões do produto, aumento da vida útil do produto, facilidade de reciclagem de seus componentes e otimização produtiva ou de processos.

Encerradas as opções de redução de resíduos na fonte (nível 1), deve-se buscar alternativas para reciclagem interna (nível 2). Neste nível, considera-se que os resíduos que não podem ser evitados, devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa. A reciclagem interna busca fazer com que o resíduo possa retornar a cadeia produtiva ou mesmo ser reaproveitado por setores administrativos, como por exemplo o reaproveitamento de folhas de papel utilizadas somente de um lado, possam virar rascunhos.

Após analisadas as possibilidades de modificação no processo e modificação no produto (nível 1) e reciclagem interna (nível 2), deve-se proceder uma análise da reutilização de resíduos e emissões fora da empresa, ou seja, através da reciclagem externa (nível 3). Nesta fase, deve-se adotar medidas internas que viabilizem uma reciclagem externa dos resíduos, como a segregação de resíduos na fonte. Entende-se que se um resíduo não tem valor “para mim”, pode ter valor “para outro”. Pode ser obtida através da reorientação de resíduos gerados para uso em outros processos, ou recuperação, para venda, de resíduos valiosos.

É importante ressaltar que a priorização dever ser feita em conjunto com a alta gerência, pois são eles que determinam o planejamento estratégico da empresa, assim como a sua disponibilidade financeira e tecnológica para mudanças nos processos produtivos e/ou produtos. (ARAÚJO, 2002)

2.5.11 FASE 7: Elaboração do estudo de viabilidade econômica das prioridades

Nesta fase deve-se analisar a viabilidade das opções de Produção Mais Limpa por meio de dados econômicos, técnicos e dos consequentes benefícios ambientais.

O CNTL (ibid) afirma que a elaboração do estudo de viabilidade econômica das prioridades baseia-se no fato de que algumas oportunidades de Produção Mais Limpa podem implicar em investimentos, geralmente devido à compra de equipamentos com alto grau de inovação tecnológica. Desta forma, deve-se obrigatoriamente comparar as alternativas de Produção Mais Limpa, a fim de identificar qual a opção mais viável do ponto de vista econômico.

Segundo ARAÚJO (2002), os métodos de avaliação mais difundidos para avaliar as propostas de investimento são o Prazo de Retorno, também conhecido como Payback, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). De acordo com o autor, não existe uma única metodologia que seja adequada para tal avaliação.

2.5.12 FASE 8: Estabelecimento de um plano de monitoramento

O plano de monitoramento consiste em estabelecer os pontos de medição para analisar a eficiência do processo produtivo. Conforme o CNTL (ibid), deve-se indicar no fluxograma produtivo os pontos de monitoramento e os parâmetros a serem monitorados, a fim de que seja possível manter um controle sobre as operações realizadas na empresa. Tais procedimentos têm como objetivo principal assegurar a melhoria contínua dos processos e produtos.

Para processos não complexos, geralmente, utiliza-se da ferramenta 5W 1H para fins de monitoramento das operações. Conforme Souza (1995, apud ARAÚJO, 2002), a ferramenta do 5W1H provém das palavras em inglês what (o que), who (quem), where (onde), when (quando), why (por que) e how (como). Desta forma, sabe-se o que será monitorado, quem, onde, quando e por que irá se monitorar determinado processo.

Para processos complexos, recomenda-se utilizar, de forma combinada, o 5W1H com outras ferramentas (kaizens, check-lists – para verificação das etapas a serem cumpridas, gráficos de controle para fins de análise de tendências na ocorrência de problemas e, comparações, entre outras que se fizerem convenientes).

Conforme afirma ARAÚJO (2002), o monitoramento pode envolver desde uma simples medição de efluentes, até um completo programa para realização de um balanço ambiental, tecnológico e econômico por etapa do processo.

2.5.13 FASE 9: Implantação das oportunidades de P+L priorizadas

Nesta fase tem-se o controle das opções economicamente viáveis, ou seja, após análise das oportunidades de implantação de Produção Mais Limpa devem-se colocar as opções em prática. Tal procedimento consiste, de maneira restrita, na implantação propriamente dita das oportunidades de Produção Mais Limpa priorizadas pela alta direção.

Deve-se ter em conta a necessidade de obter indicadores antes e após a implantação das oportunidades de P+L para ter comprovação dos benefícios obtidos.

Segundo o CNTL (2001) o sucesso da implantação das oportunidades de Produção Mais Limpa consiste em atender os seguintes critérios:

- discutir com a equipe de avaliação, supervisores, gerentes e trabalhadores operacionais as opções;
- executar serviços de suporte e antecipar problemas que poderão ocorrer;
- desenhar projetos fáceis de acompanhar, para demonstrar resultados benéficos desejados;
- prever mecanismos de realimentação, para atualização de dados, correção de erros, preenchimento de falhas, etc;
- acompanhar e avaliar as novas tecnologias de prevenção de resíduos.

2.5.14 FASE 10: Definição dos indicadores do processo produtivo

Diversos autores, entre eles Nascimento (2000, apud ARAÚJO, 2002) argumentam que, após a realização das etapas anteriores, torna-se possível a obtenção de uma ferramenta muito importante no processo de implantação da Produção Mais Limpa: os indicadores de eficiência ou, indicadores de desempenho dos setores de produção que, em geral, serão legítimos, naturais e insuspeitos ao processo.

Segundo CNTL (apud ARAÚJO, 2002), os indicadores ambientais podem ser absolutos como, por exemplo, o consumo total de energia elétrica e água na empresa. Contudo, são os indicadores de processo que permitem uma análise ambiental mais precisa.

Estes caracterizam-se pelas medições realizadas no “chão de fábrica” e são extremamente importantes para identificação de pontos críticos no processo, pois determinam em qual parte do processo está havendo maiores perdas ou desperdícios.

Com relação aos indicadores financeiros, estes geralmente são expressos através da linguagem técnica da alta direção. Ao invés de medidas físicas como quilograma (kg), toneladas (ton), os mesmos são associados a valores em moeda corrente. Esta associação permite à alta direção verificar o benefício econômico da implementação das opções da Produção Mais Limpa, conforme afirma ARAÚJO (2002).

2.5.15 FASE 11: Documentação dos casos de P+L

O CNTL, 2006 (apud ARAÚJO, 2002) considera que a documentação dos casos de Produção Mais Limpa deve ser realizada a fim de que a alta direção tenha de maneira eficiente relatórios, demonstrando as opções propostas pela metodologia implementada,

assim como opções de Produção Mais Limpa a serem implementadas. Da mesma forma, deve servir de exemplo para futuras aplicações da metodologia na empresa.

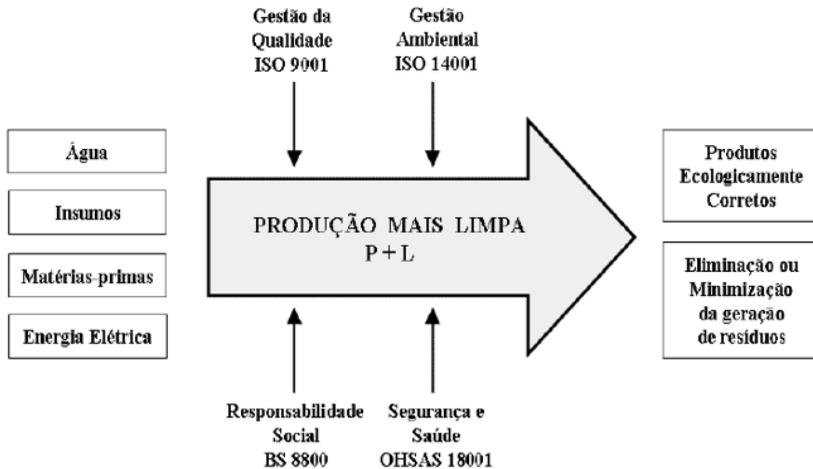
2.6 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADA: RELAÇÃO ENTRE PROGRAMAS DE P+L E GESTÃO AMBIENTAL

Segundo Hubmaier, 2003 (apud HENRIQUES e QUELHAS, 2007), o sistema de gestão integrada combina processos, práticas e procedimentos adotados por uma organização, para implementar uma política integrada, atingir objetivos e traçar metas quanto a qualidade (NBR ISO 9001), meio ambiente (NBR ISO 14.001), saúde e segurança no trabalho (OHSAS 18001), entre outras variáveis, buscando eficiência compartilhada, ao invés de utilizar sistemas de gestão isolados.

Diversos autores, entre eles HENRIQUES e QUELHAS (2007) afirmam que entre as principais vantagens da implementação do sistema de gestão integrada, sobressaem-se: redução da duplicação de recursos internos e infra estrutura, diminuição do número de documentos e complexidade na organização, minimização dos custos de implantação, certificação e manutenção dos sistemas, melhora da gestão e do desempenho organizacional.

A figura 36 apresenta como os sistemas de gestão se integram. Neste, verifica-se como o sistema de gestão ambiental, juntamente com a gestão da qualidade, saúde e segurança, prevenção da poluição e responsabilidade social, fazem parte de um sistema compartilhado, o sistema de gestão integrada.

Figura 36 - Esquema de integração dos sistemas de gestão



Fonte: Adaptado de CNTL (2001).

É interessante ressaltar que a implantação de um sistema de gerenciamento ambiental – SGA, constitui numa estratégia para que o empresário, em processo contínuo, identifique oportunidades de melhoria para a redução de impactos ambientais gerados dentro da empresa.

Dessa forma, seguindo a premissa inicial de prevenção a poluição, surge a integração dos sistemas de gerenciamento ambiental (SGA) com a Produção Mais Limpa (P+L). Assim, este novo sistema leva em consideração todos os fatores e aspectos ambientais envolvidos nas diferentes etapas, como: transporte de matérias-primas para a produção, entrada, estocagem, manuseio e consumo de matéria-prima no processo; a operacionalização do processo e, por fim, as saídas do processo (KIND, 2005 apud HENRIQUES e QUELHAS, 2007).

A aplicação da metodologia de Produção Mais Limpa impõe às empresas que a questão ambiental é mais uma estratégia para a competitividade, pois através da redução do uso de matérias-primas, água e energia, assim como na eliminação ou minimização dos resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas geradas, torna-se possível a adequação aos requisitos do desenvolvimento sustentável, dentro de uma condição essencialmente relacionada à “ecoefficiência” (HENRIQUES e QUELHAS, 2007).

Desta forma, conforme afirma Henriques e Quelhas (2007), o sistema de gestão ambiental assegura o envolvimento de toda a empresa com a melhoria contínua, através de programas na área de meio ambiente, como a Produção Mais Limpa, que provê métodos de análise dos impactos e propõe soluções econômicas, técnica e ambientalmente viáveis no caminho da “ecoeficiência” dos processos industriais.

2.6.1 Barreiras à implantação de P+L

De acordo com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS, existe uma grande relutância a prática de Produção Mais Limpa. Os maiores obstáculos identificados, segundo o CEBDS, ocorrem em função da resistência à mudança, da concepção errônea (falta de informação sobre a técnica e a importância dada ao ambiente natural), a não existência de políticas nacionais que deem suporte às atividades de produção mais limpa, barreiras econômicas (alocação incorreta dos custos ambientais e investimentos) e barreiras técnicas (novas tecnologias).

De modo geral, as organizações ainda acreditam que sempre necessitariam de novas tecnologias para implementar a Produção Mais Limpa, quando na realidade, uma parcela significativa da poluição gerada pelas empresas poderia ser evitada somente com a melhoria em práticas de operação e mudanças simples em processos.

Essas barreiras impedem a visualização da diversidade de benefícios da metodologia, tanto para as empresas quanto para a sociedade. Os benefícios mais evidentes são a melhoria da competitividade (por meio da redução de custos ou melhoria da eficiência) e a redução dos encargos ambientais causados pela atividade industrial. Além disso, verifica-se a melhoria da qualidade do produto, bem como das condições de trabalho, contribuindo direta e indiretamente para a segurança dos consumidores e dos trabalhadores.

3 METODOLOGIA

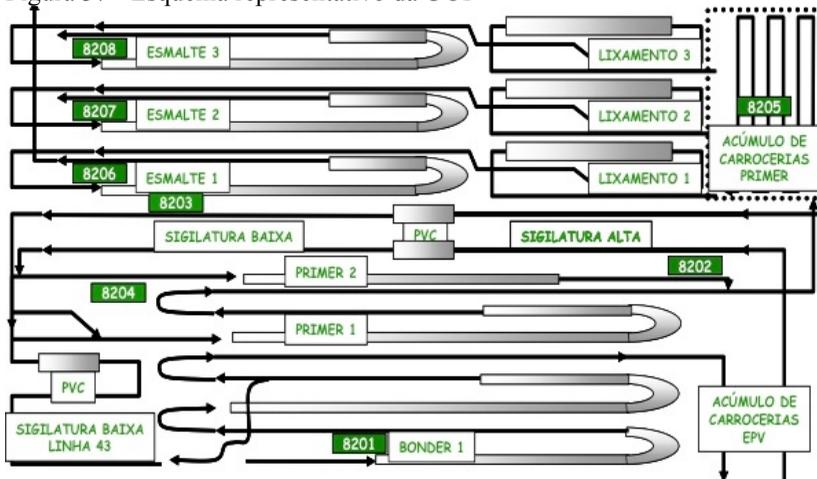
3.1 UOP – UNIDADE OPERATIVA PINTURA

A pesquisa foi realizada na Unidade Operativa Pintura (UOP) do complexo industrial de transformação de carrocerias de uma multinacional automotiva situada na Cidade de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte – Minas Gerais. Com um total de 52.400 m² de área construída, possui aproximadamente 1.250 carrocerias em trânsito dentro da oficina, com um total de 18 Km de transportador aéreo de carrocerias, um giro interno de 9,5 horas com um regime de produção de 3.200 carrocerias divididos em 3 turnos de trabalho.

A UOP conta com uma população trabalhadora de 1.400 funcionários, na maioria jovem, com uma faixa de idade entre 26 (vinte e seis) a 36 (trinta e seis), anos representando 55% do total de trabalhadores. Os trabalhadores com faixas etárias maior, de 36 (trinta e seis) a 50 (cinquenta) anos, trabalham em funções onde é exigida experiência e conhecimento sobre o produto, porém, o tempo médio de empresa é de dez anos, correspondendo a 75% dos funcionários.

A UOP é dividida em 8 UTE's, denominadas de Pré-tratamento e Cataforese, Sigilatura, *Primer*, Revisão e Esmaltes, conforme figura 37.

Figura 37 - Esquema representativo da UOP



Fonte: Elaborado pelo Autor

A primeira UTE da Pintura, denominada de 01, é o Pré-tratamento e Cataforese (processo e eletrodeposição catódica). Nesta etapa a carroceria proveniente da Oficina de Funilaria recebe um tratamento especial contra agentes corrosivos.

O processo se inicia com a carroceria em chapa, que chega na primeira estação de trabalho e recebe através de posicionamento manual, dispositivos de abertura e travamento das portas chamados de “distanciais” que são responsáveis por manter as portas, capô e mala das carrocerias com uma pequena abertura para escoamento do líquido dos banhos de interior. Após aplicados todos os distanciais, a carroceria entra para os tanques de imersão e tubulações em formato de árvores contendo jatos direcionados em formato de sprays onde inicia-se o processo químico de tratamento da chapa, seguindo a seguinte ordem: pré-desengraxe, desengraxe, enxague com água industrial, refinador, fosfatização, enxague com água industrial, passivação, enxague com água desmineralizada (DI).

Saindo do pré-tratamento, as carrocerias seguem para o processo de cataforese que se inicia com um tanque de imersão contendo a tinta catódica, passando em seguida a um tanque de ultrafiltrado da tinta (UF – tinta com mais baixos teor de sólidos) e um enxágue com árvores de *sprays* contento o UF. Após a cataforese, as carrocerias seguem para o forno secador curando assim a camada de proteção corrosiva.

Todos os estágios de imersão e árvores de sprays com bicos de lavagem possuem um sistema individual de filtração utilizando-se de filtros tipo bolsa para retenção de sujidades e manutenção do nível de impurezas em todo o sistema. Estes filtros são trocados periodicamente conforme o seu diferencial de pressão. Se a diferença de pressão entre entrada e saída superar o valor especificado pelo fabricante, o filtro pode se romper.

O forno secador também possui um sistema de filtração de seus vapores, que são destinados através de tubulações para um sistema de despoluição composto por queimador de gases, denominado de Pós-combustor (reator termo oxidativo – RTO).

Esta primeira UTE de serviço tem como uma produção de 95 carrocerias/hora.

A segunda parte do processo denominadas UTE's 02 e 03 é a Sigilatura, onde é aplicado um material denominado sigilante (massa composta de PVC e outros polímeros) nas uniões de chapas com a finalidade de impedir a infiltração de água, poeira e corrosão.

As carrocerias chegam através de transportadores aéreos, de acordo com seu andamento na linha produtiva, os operadores aplicam

manualmente o sigilante em todo o interior da carroceria onde se tem uma união de duas chapas. Esse procedimento veda a entrada de água e poeira para o interior da carroceria, garantindo assim sua estanqueidade.

Também é aplicado no interior das carrocerias placas de material insonorizante que se aderem à chapa tornando-a rígida ao passar pelo forno secador, evitando sua flambagem (vibração). Sob a carroceria é aplicado automaticamente uma camada de PVC como material de proteção contra batida de pedra no assoalho da carroceria, que fará sua cura também ao passar pelo forno secador. A Sigilatura possui uma produção de 130 carrocerias/hora dividida em duas linhas paralelas de produção.

Na terceira parte do processo, encontra-se o *Primer*, denominada de UTE 04, onde a carroceria passa por um processo de limpeza com álcool na entrada da cabine, visando eliminar possíveis impurezas sobre a superfície. O externo da carroceria recebe a camada de *primer* através de sistema automático dentro da cabine de aplicação. A aplicação é realizada através de turbinas de rotação e robôs, que proporcionam uma distribuição da tinta mais uniforme, garantindo proteção sobre toda a superfície da carroceria. A cabine de pintura possui uma estrutura de filtragem do ar, que recircula em seu interior, composta por motores de exaustão e insuflamento, dutos de exaustão, filtros *del bag* e câmara de captação de ar externo. Na parte de baixo da cabine existe um sistema de recirculação de água, fazendo um “lençol d’água” no piso da cabine, sob grades de proteção, que através do sistema de bombeamento leva a água contendo o *over spray* (excesso de tinta que não adere à chapa da carroceria) do interior da cabine para tanque do sistema de tratamento de água e resíduo de tinta das cabines e após esse tratamento retorna com a água para formar um novo lençol d’água no interior da cabine.

Após passar pela cabine a carroceria entra no forro de secagem para cura do *primer* e das massas de vedação e proteção aplicadas na Sigilatura. Todos os vapores gerados no interior do forno secador também é destinado ao pós-combustor RTO. A produção do Primer é de 92 carrocerias/hora.

A quarta parte é Revisão, denominada de UTE 05, onde após o forno de secagem do Primer, as carrocerias são transportadas através dos transportadores aéreos para a cabine de reparação e revisão. No interior das cabines, os operadores realizam o trabalho de nivelamento da camada de *primer* e retirada de imperfeições e impurezas utilizando-se de lixadeiras manuais orbitais. As cabines possuem um sistema de filtração de ar contendo exaustores que fazem a recirculação e renovação do ar em seu interior.

Por se tratar de uma UTE de passagem de carrocerias, a 05 não possui contagem de produção, funcionando também como um “acúmulo” de carrocerias para os processos posteriores.

Na parte final do processo de pintura encontram-se os Esmaltes, onde estão as UTE’s 06, 07 e 08. Antes de receber a camada de base e verniz, a carroceria passa por um processo de limpeza com malha resinada, na entrada da cabine, visando eliminar possíveis impurezas sobre sua superfície. Nesta pré-cabine, após a limpeza, as carrocerias são identificadas através do sistema automático de câmeras onde é vinculada a cor que cada modelo receberá com o programa de pintura dos robôs de aplicação. São utilizados robôs para aplicação tanto de base quanto de verniz, utilizando-se tecnologias de aplicação via *air-gun* e eletrostáticas. A aplicação através de robôs garante uniformidade, beleza estética e qualidade da superfície da carroceria.

Assim como a cabine do *Primer*, as de Esmaltes possuem igual sistema de tratamento de ar (exaustão e insuflamento), lençol d’água (bombeamento) e forno secador.

Na entrada de cada cabine de Esmalte, as carrocerias são retiradas do sistema de transportador aéreo e passadas para um sistema transportador por *skids* através de elevadores, que são posicionadas e direcionadas para as cabines de pintura e o forno. Na saída das cabines de Esmalte, elas são direcionadas para outro elevador e reposicionadas no transportador aéreo.

Após a saída dos fornos, as carrocerias passam por um processo de inspeção e retirada de anomalias provenientes de defeitos da pintura ou do processo, passando por uma rigorosa inspeção de qualidade. Posteriormente elas são liberadas, se estão dentro dos padrões de qualidade, sendo transportadas em elevadores para a Oficina Montagem. A produção de cada cabine de Esmalte é de 52 carrocerias/hora.

Apresentada a Oficina Pintura onde será realizado este estudo, seguem abaixo os objetivos específicos e a metodologia utilizada na busca pelos resultados.

- Objetivo 1: Mapeamento do processo produtivo de pintura automotiva, subdividindo-o em etapas a fim de identificar oportunidades de melhorias;
 - Metodologia: Divisão da unidade operativa em UTE’s de acordo com as características do processo produtivo, através de mapeamento, visitas no local de cada processo, pesquisa nos arquivos técnicos da UOP, subdivisão de acordo com as etapas de cada sub-

- processo: pré-tratamento e cataforese, sigilatura, primer, revisão, esmaltes e secadores;
- Resultado esperado: proporcionar uma visão sistêmica: entradas e saídas (limites de controle) de cada parte do processo, de acordo com suas características.
 - Objetivo 2: Utilização de técnicas de P+L e produção enxuta buscando minimizar a geração de resíduos;
 - Metodologia: Utilização do Manual de P+L segundo CNTL. Metodologias de produção enxuta segundo o Sistema Toyota de Produção;
 - Resultado esperado: Identificar, separar e priorizar os pontos de melhoria a serem tratados.
 - Objetivo 3: Estimativa de cálculo de B/C (custo x benefício) global das melhorias obtidas nos processos produtivos, que acarretam na diminuição de danos ambientais ou redução de consumo de recursos energéticos;
 - Metodologia: Através do levantamento dos custos das medidas implementadas em cada projeto específico (uma vez que para ser aprovada a realização do projeto, este deverá passar pelo setor de custos da UOP), assim como o seu resultado unitário (também verificado pelos setor de custos após sua implementação), será possível realizar a divisão monetária do total de custos pelo total de benefícios obtidos.
 - Resultado esperado: A redução financeira em cada projeto e principalmente os ganhos ambientais através da redução no consumo de vetores energéticos, possibilitará a obtenção de um quociente da análise de custo x benefício (B/C) maior do que 01 (um), ou seja, com um benefício na redução do consumo de vetores energéticos, maior do que foi gasto na realização do projeto para que fosse possível essa redução.
 - Objetivo 4: Comprovação de melhoria na sustentabilidade ambiental do processo de pintura automotiva visando ganhos para a empresa onde foi realizado o estudo;
 - Metodologia: Visibilidade na redução dos indicadores ambientais qualitativos e quantitativos, através de comprovação da redução dos custos utilizados para a produção (custo de transformação), uma vez que os

- custos producionais estão ligados diretamente ao consumos dos vetores energéticos;
- Resultado esperado: Redução dos níveis de desperdício dos vetores energéticos, ou seja, aumento da eficiência na utilização destes vetores, comprovando assim uma melhor utilização dos recursos e indicadores ambientais. Uma vez que comprovada essa diminuição, observar a redução financeira no custo de transformação da UOP.

3.2 FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA P+L

Segue as fases aplicadas para a implementação da metodologia de P+L na UOP conforme CNTL (2001).

3.2.1 Fase 1: Pré-avaliação

O estudo será realizado na Oficina de Pintura de todo o processo produtivo de carrocerias em uma montadora na cidade de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte. Serão abordados os processos de tratamento de superfície que compreende as UTE's 01 a 08, sendo o início no pré-tratamento e término nos Esmaltes.

Ao início do estudo foi convocada um reunião com a gerência e a supervisão da Oficina Pintura para que fosse informado e explicado como seria a realização do estudo, assim como a autorização e comprometimento de toda a estrutura administrativa para garantia do sucesso ao final dos trabalhos. Foi estabelecido também um prazo de aproximadamente 6 meses para execução do estudo, testes e implementação das ações propostas, podendo se estender um pouco mais devido às negociações comerciais e prazos de entrega e instalação dos fornecedores.

3.2.2 Fase 2: Capacitação e sensibilização dos profissionais

Para a formação de um ECOTIME forte foi levada em conta a experiência dos funcionários (tempo de empresa), o grau de instrução, a motivação e o comprometimento pessoal na busca por uma melhor manutenção e melhoria das questões ambientais. Para a formação deste time (tabela 1), levou-se em conta também o tamanho UOP (extensão), a manutenção das máquinas e equipamentos e a limpeza técnica especializada.

Tabela 1 - Formação do Ecotime

Nome	Cargo	Formação	Sector
Antônio Cruz	Coordenador da Eng. Prod. Pintura	Gestão da produção	Eng. Prod. Pintura
Arlindo Godoi	Analista de Custos	Gestão da produção industrial	Financeiro Pintura
Celso Souza	Metodologista	Téc. Metodologia	Secretaria Técnica
Daniele Avelar	Analista de Processos	Química / Administração	Eng. Prod. Pintura
Deiwis Vianna	Analista de Processos	Eng. Mecânica	Eng. Projetos Pintura
Fernando Freitas	Analista de Processos	Eng. Mecânica	Eng. Prod. Pintura
Jean Cortal	Analista de Processos	Eng. Química	Eng. Prod. Pintura
José Cristino	Supervisor Limpeza Técnica	Téc. Limpeza Técnica	Limpeza Técnica
Manoel Freitas	Analista de Processos	Eng. Produção	Eng. Prod. Pintura
Mário de Castro	Analista de Processos	Eng. Produção	Eng. Prod. Pintura
Neimar Monteiro	Analista de Processos	Eng. Elétrico	Eng. Prod. Pintura
Thiago Drumond	Analista de Processos	Química / Gestão de Processos	Eng. Prod. Pintura
Vanderlei Silva	Analista de Manutenção	Eng. Eletromecânico	Eng. Manutenção
Wellington Santos	Analista de Processos	Téc. Eletrônico / TI	Eng. Prod. Pintura

Fonte: Elaborada pelo Autor

Todos os integrantes do ECOTIME foram submetidos a treinamentos para se familiarizarem com as técnicas de P + L, suas

etapas, expectativas e resultados para que pudessem ter êxito ao final do trabalho.

Em reuniões semanais foi estabelecido o plano de trabalho assim como os objetivos e tarefas individuais e de todo o grupo. Durante as reuniões foi deixado bem claro o quanto seria importante para o sucesso do trabalho a disseminação da metodologia do P + L e também o reconhecimento de se trabalhar com ações que estivesse estabelecidas na prevenção e não em ações “fim de tubo”.

3.2.3 Fase 3: Elaboração do diagnóstico ambiental e de processos

Através da elaboração do diagnóstico ambiental, buscou-se apresentar de uma forma clara e objetiva a atual situação ambiental da UOP para continuidade do processo de estudo do P + L, sendo destacado os principais pontos de diagnósticos, assim como as principais atividades observadas no processo produtivo, insumos, volume produtivo, energias e equipamentos.

Pontos Observados durante diagnóstico:

- i. A administração está consciente das leis e regulamentos sobre o ambiente e suas tendências, com uma visão clara sobre as questões ambientais no qual são atribuídos tempos e recursos econômicos (*budget*) para a busca de melhoramentos ambientais;
- ii. É sabido quais são as questões ambientais a serem enfrentadas atualmente, que devem ser desdobradas em planos de ação;
- iii. Todos os acidentes são relatados, analisados, e são tomadas as devidas contramedidas;
- iv. Existem registros sobre as leis ambientais e áreas de risco, com programas para garantia operativa destes registros;
- v. Está incluído um relatório de materiais especiais e perigosos, tendo controle de entrada e saída, localização e armazenamento em almoxarifado específico de todos estes, assim como acompanhamento de uso, transporte e descarte;
- vi. Possui monitoramento de todas as principais questões ambientais internas e externas claramente identificadas e visualizadas como por exemplo mapa de ruídos, mapa de

- poeira, mapa de riscos químicos e biológicos, mapa de consumos energéticos ente outros;
- vii. Existe um sistema de gestão ambiental (SGA), disponível, submetido a auditorias internas e externas constantes;
 - viii. Possui certificação externa ISO 14.001 desde 1997, assim como uma política ambiental consolidada e difundida.

Principais atividades observadas:

- i. Identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais significativos (direitos e deveres);
- ii. Avaliação econômica das aspectos ambientais (por unidade, vetor, através de parâmetros técnicos);
- iii. Registro dos aspectos e impactos significativos em condições normais, anômalas, de funcionamento e parada de máquinas e emergências;
- iv. Estabelecimento de gestão cautelosa, baseada em números de tendências e ocorrências históricas.
- v. Avaliações em relação aos próximos e futuros requisitos legais;
- vi. Formulários (*check-list's*) relativos à avaliação e registros legais aplicáveis, com indicação do *budget* necessário à adequações;
- vii. Análises de perdas e desperdícios relativos aos aspectos ambientais;
- viii. Determinação de áreas piloto onde ocorre monitoramento e melhoramento (atuação, verificação e mensuração);
- ix. Definição de procedimentos operacionais e instruções de trabalho em relação aos aspectos ambientais significativos, predispondo de um procedimento operacional que defina as corretas modalidades de execução;
- x. Gestões à vista, modelos de sinalização ambiental, treinamentos, telefones de contato (ramais internos) para ocorrências ambientais.
- xi. Auditorias internas como finalidade de monitorar o sistema, garantir o compromisso, corrigir objetivos de melhoramento, avaliar prioridades e conformidades,

- estabelecer ações corretivas adequadas à importância dos problemas e impactos relacionados;
- xii. Planos de monitoramento através de uma agenda com prazos de um ponto de vista legal e técnico, colocando à disposição documentos para controle analítico e quantitativo dos aspectos ambientais significativos;
 - xiii. Avaliação analítica dos resultados monitorados (*KPI's*) através da confirmação dos benefícios dos planos de melhoramento desenvolvidos em relação aos aspectos ambientais significativos, sendo monitorados pela efetiva redução no consumo. Possíveis *KPI's*: Nm^3 de ar comprimido; g/m^3 de *VOC* emitido; Kwh de energia; m^3 de $\text{H}_2\text{O}_{\text{ind}}/\text{veic. produzido}$; $\text{Kg}_{\text{resid}}/\text{veic. Produzido}$ (são *KPI's* que devem ser quantificados economicamente);
 - xiv. Planos de emergência ambientais predispostos e realizados de acordo com o cenário de emergência ambiental identificado por meio de aplicação da identificação e avaliação de aspectos e impactos contemplados e descritos no procedimento geral;
 - xv. Coleta de dados e documentos para reanálise pela direção, de maneira eficaz, integrando e equiparando aos sistemas de certificação já presentes na empresa (ISO 9.001), garantindo o respeito aos requisitos legais respeitando o padrão internacional escolhido.

Principais insumos produtivos:

- i. Água industrial e desmineralizada (DI);
- ii. Gás combustível industrial;
- iii. Energia térmica (vapor e água superaquecida);
- iv. Energia elétrica;
- v. Ar canalizado (produzido em caldeira).

3.2.4 Fase 4: Elaboração do balanço ambiental econômico

O balanço ambiental será “alimentado” com os dados obtidos no diagnóstico ambiental e de processos, principalmente os que dizem respeito às entradas e saídas do processo produtivo. Seguindo essa metodologia são descritos abaixo os principais insumos de entrada e os principais resíduos de saídas dos processos produtivos, sendo que

atualmente a unidade consta com mais de 14.000 itens cadastrados de utilização direta para pintura e resíduos gerados no processo produtivo.

Processo Bonder:

- Entrada de Insumos: Água industrial, água DI, desengraxantes alcalinos, distanciais, arame de cobre, carrocerias em chapa, vapor, xarope concentrado de fosfato, alcalinizantes, refinador químico, ar comprimido, energia elétrica, pasta e resina catódica, membranas catiônicas, gás natural.
- Saída de Resíduos: Resíduos oleosos, arames, distanciais contaminados, perda de calor, ruído, efluentes líquidos, produtos químicos diversos, borra de fosfato, vapores, VOC, água contaminada, resíduo de limpeza técnica, ultrafiltrado de tinta, resinas catiônicas, gás natural.

Processo Sigilatura:

- Entrada de Insumos: Material sigilante, massas de vedação, malhas de algodão, ar comprimido, fitas alumínicas, fita crepe, fitas adesivas, cola *hotmelt*, fitas plásticas, insonorizantes, mantas asfálticas, PVC, *thinner*, óleo mineral, pincéis de acabamento, máscaras de vedação.
- Saída de Resíduos: Borra de cola, resto de massas, borra oleosa, óleo mineral contaminado, sigilante, malhas contaminadas, resto de insonorizantes e mantas asfálticas, fita plástica, fita crepe, fitas alumínicas, resto de pincéis, madeira, plástico contaminado, resíduo de limpeza técnica, óleo de bombas, energia elétrica, máscaras plásticas contaminadas, ar comprimido.

Processo Primer:

- Entrada de Insumos: Álcool, malhas resinadas, malhas *Tec-Rag*, água industrial, ar comprimido, tinta primer, solventes, vapor, energia elétrica, fitas adesivas, irradiação térmica.
- Saída de Resíduos: Borra de *primer*, álcool, solventes, ar comprimido, vapor, água contaminada, resíduo de limpeza técnica, borra de tinta, energia elétrica, *VOC*, irradiação térmica, ruído, calor, fitas adesivas.

Processo Revisão:

- Entrada de Insumos: Lixas diversas, fita crepe, fitas adesivas, fitas plásticas, papel Kraft, cola, ar comprimido, solventes, tintas diversas, energia elétrica, água industrial, malhas resinadas, *Tec-Rag*, vaselina, óleo mineral, esponjas absorvedoras.
- Saída de Resíduos: Fitas diversas contaminadas, papel Kraft, pó de lixa, lixas usadas, malhas contaminadas, solventes, tintas diversas, ruído, calor, óleo contaminado, colas, resíduos de chaparia metálica, *VOC*, resíduos de limpeza técnica, carrocerias refugadas pelo processo.

Processo Esmaltes:

- Entrada de Insumos: Tintas diversas, vernizes, malhas resinadas, água industrial, ar comprimido, vapor, irradiação, fitas adesivas, fita crepe, solventes, lixas, líquido polidor, faixas decorativas, fitas estanques, malhas resinadas, energia elétrica, gás natural, canetas marca pintura, papel sulfite, fita de impressoras, lâmpadas infravermelho e UV.
- Saída de Resíduos: Borra de tinta, vernizes, solventes, malhas, fitas adesivas diversas, resíduo de faixas decorativas, ar comprimido, vapor, calor, ruído, gás natural, resíduo de limpeza técnica, resíduo de produtos químicos diversos, papel, líquidos polidores, energia elétrica, irradiação, papel Kraft, *VOC*, resíduos oleosos

Como apuração das perdas da UOP foram gastos no ano de 2010, somente com questões ambientais referentes ao processo produtivo, a quantia de R\$ 3.025.104,00 (valor oficializado pelo *controller* da oficina, durante divulgação dos relatórios de custos anuais). Sendo todo esse montante utilizado para dar seguimento à destinação final dos resíduos, sendo ela reciclagem, reutilização ou descarte apropriado com sua classe de risco.

Com relação ao balanço tecnológico da unidade de pintura pode ser considerado de primeiro mundo, possuindo um parque produtivo atualizado, sendo possível visualizar a utilização de robôs de pintura de última geração, *softwares* e *hardwares* avançados, técnicas de pintura e

equipamentos de controle do processo e de produto automatizados, assim como os meios de controle da qualidade e produtividade.

Por se tratar de uma unidade fabril fora do eixo tecnológico de Japão-China, que atualmente são os “pioneiros” nos avanços tecnológicos, esta unidade estará passível de novos lançamentos e atualizações tecnológicas.

3.2.5 Fase 5: Avaliação do balanço elaborado e identificação de oportunidade de P+L

A avaliação do balanço consiste na identificação de oportunidades e/ou problemas diagnosticados na elaboração do balanço ambiental, econômico e tecnológico do processo produtivo. Estas oportunidades e ou problemas estão relacionados ao impacto ambiental proporcionado por determinada atividade, a problemas de saúde e segurança ocupacional dos trabalhadores, a custos associados ao controle de resíduos (fim-de-tubo), a problemas tecnológicos, redução de desperdícios que gerem ganhos produtivos entre outros.

Através da descrição dos problemas encontrados, pode-se observar as oportunidades de P+L na busca de solução para os mesmos, a estratégia ou ação a ser tomada, estudos e planos de implementação, tipo de metodologia a ser adotada na busca de soluções, bem como as barreiras e necessidades para efetiva implantação.

Através da utilização das técnicas de produção enxuta, será buscada uma melhor forma de se tratar os problemas encontrados, para que haja sucesso na implementação da P+L nos pontos que forem priorizados na fase 6 deste estudo, onde será dada especial atenção aos pontos críticos do sistema, que geram maior quantidade de resíduos e ao controle dos processos produtivos que apresentem desvios em sua eficiência o que acarreta numa maior geração de resíduo e desperdícios.

Foram identificadas em 27 dias de pesquisa, 45 oportunidades de melhorias nos processos para redução do nível de resíduos, nas quais foram selecionadas 21 e priorizadas pelo ecotime:

- i. Redução na utilização de papel;
- ii. Redução do número de impurezas no produto final;
- iii. Redução do consumo de lixas;
- iv. Redução da geração de pó;
- v. Redução do resíduo de tinta das cabines de pintura;
- vi. Redução do consumo de água industrial;
- vii. Redução do resíduo de plástico;

- viii. Redução do consumo de óleo e graxa, diminuindo assim o seu resíduo;
- ix. Redução do consumo de tinta;
- x. Redução no consumo de vapor;
- xi. Eliminação na utilização de determinados produtos químicos;
- xii. Eliminação de gases químicos provenientes dos processos;
- xiii. Redução no consumo de produtos químicos de base de petróleo;
- xiv. Redução do consumo de energia elétrica;
- xv. Eliminação das fontes de metais pesados;
- xvi. Redução no consumo de gás natural;
- xvii. Redução dos índices de *VOC*;
- xviii. Redução da temperatura do ambiente nos postos de trabalho;
- xix. Redução do nível de ruído;
- xx. Redução dos índices de resíduos em geral;
- xxi. Transformação de um determinado resíduo em matéria-prima de outra parte do processo.

Através dos pontos levantados anteriormente foi possível observar que a UOP ainda possui muitos pontos de melhoria e que devem ser considerados com especial atenção. Devido ao processo de trabalho do dia a dia, faz necessária a atenção de um olhar mais crítico à questões ambientais na oficina, sempre levando-se em conta que muitas oportunidades de melhoria “saltam” aos nossos olhares e devemos estar preparados e conscientizados para poder tratá-las da melhor forma possível antes que seja tarde e não somente esperar o final da cadeia produtiva e ver o que poderá ser feito.

3.2.6 Fase 6: Priorização das oportunidades identificadas na avaliação

A priorização das oportunidades foram baseadas na escala de prioridades para prevenção de resíduos, conforme a metodologia CNTL (2001).

Desta forma, deve-se evoluir do Nível 1 para os demais níveis, pois os mesmos representam o quão preventivo é a ação a ser implementada.

Ao analisar a alternativa de redução de resíduos na fonte (Nível 1), percebe-se que existem duas opções a serem seguidas, ou seja, a modificação no processo ou a modificação no produto.

A modificação no processo pode envolver:

- *técnicas de housekeeping*: consiste em limpezas periódicas, uso cuidadoso de matérias-primas e com o processo, alterações no *layout* físico, ou seja, disposição mais adequada de máquinas e equipamentos que permitam reduzir os desperdícios, elaboração de manuseio para materiais e recipientes, etc. O *housekeeping* permite, ainda, mudanças nas condições operacionais, ou seja, alterações nas vazões, nas temperaturas, nas pressões, nos tempos de residência e outros fatores que atendam às práticas de prevenção de resíduos;
- *substituição de matérias-primas*: consiste na identificação de materiais mais resistentes que possam vir a reduzir perdas por manuseio operacional, ou ainda, a substituição de materiais tóxicos por atóxicos e não renováveis por renováveis.
- *mudanças tecnológicas*: utilização de equipamentos mais eficientes do ponto de vista da otimização dos recursos utilizados, uso de controles e de automação que permitam rastrear perdas ou reduzir o risco de acidentes de trabalho, entre outras;

Quanto às modificações do produto (Nível 1), propõe-se que seja levado em consideração as seguintes opções para minimização de resíduos:

- *substituição de produto*: essa opção pode envolver o cancelamento de uma linha produtiva, no qual o produto acabado apresente problemas ambientais significativos, ou ainda, a substituição de um produto com características tóxicas por outro menos tóxico;
- *redesenho do produto (ecodesign)*: consiste em desenvolver uma nova concepção do produto que leve em consideração a variável ambiental como fator de redução de custos e oportunidades de negócios. Envolve uma análise combinada de substituição de materiais tóxicos por atóxicos e não renováveis por renováveis, alterações nas dimensões do produto, aumento da vida

útil do produto, facilidade de reciclagem de seus componentes e otimização produtiva ou de processos.

Acabadas as opções de redução de resíduos na fonte (Nível 1), deve-se buscar alternativas para reciclagem interna (Nível 2).

Neste nível, considera-se que os resíduos que não podem ser evitados, devem, preferencialmente, ser reintegrados ao processo de produção da empresa. A reciclagem interna busca fazer com que o resíduo possa retornar a cadeia produtiva ou mesmo ser reaproveitado por setores administrativos.

Após analisadas as possibilidades de modificação no processo e modificação no produto (Nível 1) e reciclagem interna (Nível 2), deve-se proceder uma análise da reutilização de resíduos e emissões fora da empresa, ou seja, através da reciclagem externa (Nível 3).

É importante ressaltar que medidas internas podem ser adotadas para que viabilizem uma reciclagem externa dos resíduos, como por exemplo a segregação na fonte, o que pode ser obtido através da reorientação dos resíduos gerados para uso em outros processos, ou recuperação para venda por exemplo.

Na figura 38 abaixo estão representadas as oportunidades, qual o nível de redução e subnível de aplicação do P+L de acordo com a priorização das oportunidades identificadas.

Figura 38 - Oportunidades, nível e subnível de aplicação do P+L

OPORTUNIDADES	NÍVEL	SUBNÍVEL	PROCESSO	PROJETO (produção enxuta)	METODOLOGIA (Kaizen)
i Redução na utilização de papel	1	MT	Esmaltes	Estação "K"	MK
ii Redução do número de impurezas no produto final	1	BP	Bonder	Escorrido EPV 1	MK
iii Redução do consumo de lixas	1	BP	Revisão	Escorrido EPV 2	MK
iv Redução da geração de pó	1	BP	Revisão	Escorrido EPV 3	MK
v Redução do resíduo de tinta das cabines de pintura	1	MT	Esmaltes	Projeto água das cabines	AK
vi Redução do consumo de água industrial	1	SMP	Esmaltes	Projeto água das cabines	AK
vii Redução do resíduo de plástico	1	MP	Revisão	Faixa decorativa	MK
viii Redução do consumo de óleo e graxa	2	RI	Primer	Limpador de corrente	MK
ix Redução do consumo de tinta	1	MT	Esmaltes	Aplicação Robôs Manchas	MK
x Redução do consumo de vapor	1	MT	Primer	DOE Primer	AK
xi Eliminação de produtos químicos	1	RF	Bonder	Eliminação Tutsol	SK
xii Eliminação de gases químicos dos processos	1	RF	Bonder	Insuflamento BII	SK
xiii Redução no consumo de produtos químicos de petróleo	1	MP	Sigilatura	Redução PVC	MK
xiv Redução no consumo de energia elétrica	1	RF	Esmaltes	Inversor de frequência	AK
xv Eliminação de fontes de metais pesados	1	MT	Bonder	PPA Bronze	AK
xvi Redução no consumo de gás natural	1	BP	Esmaltes	Secagem irregular do forno	AK
xvii Redução dos índices de VOC	1	MT	Esmaltes	Pistola Eletrostática Novos perfis de aplicação	MK
xviii Redução da temperatura ambiente no posto de trabalho	1	MT	Oficina	Forno PVC	MK
xix Redução do nível de ruído	1	MT	Oficina	Forno PVC	MK
xx Redução dos índices de resíduos em geral sigilatura	3	MAT	Sigilatura	Máscaras descartáveis	MK
xxi Transformação de resíduos em matéria-prima	2	RI	Sigilatura	Raproveitamento IFF	MK

Fonte: Elaborado pelo Autor

Seguindo a legenda:

- i. MP – Modificação no produto;
- ii. BP – Boas práticas de P+L (*housekeeping*);
- iii. SMP – Substituição de matéria-prima;
- iv. MT – Modificação tecnológica;
- v. RF – Redução na fonte;
- vi. RI – Reciclagem interna;
- vii. MAT – Reciclagem externa de materiais;
- viii. SK – Standard Kaizen;
- ix. MK – Major Kaizen;
- x. AK – Advanced Kaizen.

Tendo em vista que os projetos citados acima servirão de base para uma melhoria das questões ambientais da UOP, assim como para a empresa como um todo, foi realizada uma reunião com a coordenação da oficina para determinar o planejamento estratégico, disponibilidade financeira e tecnológica para as mudanças necessárias nos processos produtivos e/ou produtos.

Ao ser apresentada a proposta deste estudo de P+L mostrando seus benefícios, foi dada “carta branca” pela coordenação para execução dos projetos desde que estes comprovem seu real benefício ambiental.

Como priorização foi dada atenção especial aos projetos que buscam uma redução dos insumos produtivos que por consequência reduzem a geração de resíduos.

3.2.7 Fase 7: Elaboração do estudo de viabilidade econômica das prioridades

O estudo de viabilidade econômica das prioridades baseou-se no fato de algumas oportunidades P+L implicam em investimentos, geralmente devido à compra de equipamentos com alto grau de inovação tecnológica. Deve-se obrigatoriamente comparar as alternativas para se verificar a opção mais viável do ponto de vista econômico.

De acordo com as políticas ambientais da empresa, decidiu-se em reunião com a coordenação da UOP, que não seria levado em conta somente a questão do custo inicial do projeto, mas seria observado principalmente quais os ganhos ambientais para a oficina, a redução de resíduos e de consumo dos insumos. Foi discutido também a inclusão das melhorias tecnológicas necessárias para a realização dos projetos no “pacote anual de melhorias e atualizações tecnológicas” da oficina, o que veio a ser ótimo para o desenvolvimento da técnica de P+L, pois, as verbas necessárias para os projetos seriam custeadas em conjunto com outros projetos tecnológicos da oficina, na qual acabou se tornando uma ótima alternativa para angariar a verba necessária sem onerar ainda mais o *budget* da oficina.

Na figura 39 foram representados os custos estimados para realização dos projetos, assim como a análise de custo x benefício (B/C) estimado para cada projeto.

Figura 39 - Levantamento de custos estimados aos projetos P+L

OPORTUNIDADES	NÍVEL	SUBNÍVEL	PROCESSO	PROJETO (produção ementa)	METODOLOGIA (Káizen)	CUSTO ESTIMADO (anualizado)	BENEFÍCIO ESTIMADO (anualizado)	BC ESTIMADO	ALVO
Redução na utilização de papel	1	MT	Esmaltes	Estação "K"	MK	R\$ 45.000,00	R\$ 250.000,00	5,56	Resíduo
Redução do número de impurezas no produto final	1	BP	Bonder	Escorrido EPV 1	MK	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	1,25	Resíduo
Redução do consumo de lixas	1	BP	Revisão	Escorrido EPV 2	MK	R\$ 8.000,00	R\$ 16.500,00	2,06	Resíduo
Redução da geração de pó	1	BP	Revisão	Escorrido EPV 3	MK	R\$ 80.000,00	R\$ 100.000,00	1,25	Resíduo
Redução do resíduo de tinta das cabines de pintura	1	MT	Esmaltes	Projeto água das cabines	AK	R\$ 20.000,00	R\$ 50.000,00	2,50	Água
Redução do consumo de água industrial	1	SMP	Esmaltes	Projeto água das cabines	AK	R\$ 20.000,00	R\$ 50.000,00	2,50	Água
Redução do resíduo de plástico	1	MP	Revisão	Faixa decorativa	MK	R\$ 32.000,00	R\$ 45.000,00	1,41	Resíduo
Redução do consumo de óleo e graxa	2	RI	Primer	Limpador de corrente	MK	R\$ 150.000,00	R\$ 250.000,00	1,67	Resíduo
Redução do consumo de tinta	1	MT	Esmaltes	Aplicação Robôs Manchas	MK	R\$ 70.000,00	R\$ 250.000,00	3,57	Resíduo EN Elétrica
Redução do consumo de vapor	1	MT	Primer	DOE Primer	AK	R\$ 260.000,00	R\$1.000.000,00	3,85	EN Térmica
Eliminação de produtos químicos	1	RF	Bonder	Eliminação Tulsol	SK	R\$ 5.000,00	R\$ 20.000,00	4,00	Resíduo
Eliminação de gessos químicos dos processos	1	RF	Bonder	Insulfamento BII	SK	R\$ 32.000,00	R\$ 40.000,00	1,25	Gas Natural
Redução no consumo de produtos químicos de petróleo	1	MP	Siglatura	Redução PVC	MK	R\$ 146.000,00	R\$ 300.000,00	2,05	Resíduo
Redução no consumo de energia elétrica	1	RF	Esmaltes	Inversor de frequência	AK	R\$1.500.000,00	R\$2.000.000,00	1,33	EN Elétrica
Eliminação de fontes de metais pesados	1	MT	Bonder	PPA Bronze	AK	R\$ 100.000,00	R\$ 450.000,00	4,50	Resíduo
Redução no consumo de gás natural	1	BP	Esmaltes	Seagem irregular do forno	AK	R\$ 220.000,00	R\$ 350.000,00	1,59	Gas Natural
Redução dos índices de VOC	1	MT	Esmaltes	Platão Eletrográfica Novos perfis de aplicação	MK	R\$ 300.000,00	R\$4.000.000,00	13,33	Resíduo
Redução da temperatura ambiente no posto de trabalho	1	MT	Oficina	Forno PVC	MK	R\$1.250.000,00	R\$ -	0,00	Resíduo
Redução do nível de ruído	1	MT	Oficina	Forno PVC	MK	R\$1.250.000,00	R\$ -	0,00	Resíduo
Redução dos índices de resíduos em geral siglatura	3	MAT	Siglatura	Máscaras descartáveis	MK	R\$ 23.000,00	R\$ 35.000,00	1,52	Resíduo
Transformação de resíduos em matéria-prima	2	RI	Siglatura	Recuperação IFF	MK	R\$ 50.000,00	R\$ 100.000,00	2,00	Resíduo

Fonte: Elaborado pelo Autor

Através das análises econômicas, dos ganhos tangíveis almeçados pelos projetos P+L, foi-se levado em conta também os outros ganhos não mensuráveis, como por exemplo melhoria no ambiente do posto de trabalho, comprometimento dos operadores com as novas técnicas,

implementação de novos equipamentos produtivos, o clima organizacional da oficina, entre outros.

Sendo assim ficou estabelecido que seriam 7 os principais projetos que deveriam ser priorizados pelo ecotime:

- v – Redução do resíduo de tinta nas cabines de pintura;
- vi – Redução do consumo de água industrial;
- ix – Redução do consumo de tinta;
- xiv – Redução no consumo de energia elétrica;
- xv – Eliminação de fontes de metais pesados;
- xvii – Redução do consumo de gás natural;
- xviii – Redução dos índices de *VOC*.

Estes 7 projetos tiveram o custo estimado de R\$ 2.230.000,00, o benefício estimado de R\$ 7.150.000,00 com o B/C estimado em 3,21.

Ficou estabelecido pela coordenação que os demais projetos que ficaram como “secundários” também deveriam ser realizados em sua totalidade.

3.2.8 Fase 8: Estabelecimento de um plano de monitoramento

Como plano de monitoramento dos projetos selecionados foi será utilizado os “passos” dos projetos de Kaizen, que por sua vez, a metodologia já prevê em suas etapas a medição do nível de eficiência das ações nos processos; monitoramento de parâmetros; controle das ações; uso das ferramentas de monitoramento e detalhamentos das causas (5W1H, 5 porquês, matrizes de qualidade; matrizes QX, QM e PM; plano de manutenção e limpeza técnica (quando necessário); garantia e expansão para continuidade dos resultados obtidos; *check-list*'s de controles.

Podemos citar por exemplo os “7 passos” de um projeto com foco em qualidade e de um projeto de melhoria focada em determinado ponto ou processo.

Qualidade:

1. Estudo das condições atuais;
2. Restauração e melhoramento dos padrões operativos;
3. Análises dos fatores de perdas crônicas;
4. Redução e eliminação de todas as possíveis causas de perdas crônicas;
5. Estabelecer as condições adequadas para zero defeitos;
6. Manter as condições adequadas para zero defeitos;

7. Melhoria dos métodos de manutenção das condições para zero defeitos.

Melhoria Focada:

1. Definição da área, máquina, modelo, processo gargalo ou ponto gerador de grandes perdas;
2. Estratificação das grandes perdas em perdas menores significativas;
3. Escolha do tema e preparação do plano de difusão;
4. Escolha do time do projeto, líder responsável da área, engenharia de produção, manutenção, entre outros;
5. Desenvolvimento do projeto:
 - 5.1. Definição do fenômeno
 - 5.2. Estudo do sistema
 - 5.3. Definição do objetivo a ser alcançado
 - 5.4. Análise das causas
 - 5.5. Implementação das ações propostas
 - 5.6. Avaliação dos resultados das ações
 - 5.7. Garantia da continuidade das ações e dos resultados alcançados
6. Análise do custo e benefício (B/C);
7. Expansão horizontal do projeto e monitoramento dos indicadores.

3.2.9 Fase 9: Implantação das oportunidades de P+L priorizadas

A execução dos projetos deu-se no início de 2011, com reuniões semanais do ecotime e dos “sub-times” dos projetos para acompanhamento do desenvolvimento, auxílios necessários, discussões, treinamentos, questionamentos com a coordenação da oficina no caso de execução de serviços, auxílio financeiro e controle dos gastos, problemas ocorridos, demonstrativos de resultados.

Cada líder de sub-time possui autonomia para execução do projeto assim como realizar reuniões com fornecedores internos, manutenção, limpeza técnica, outras áreas da fábrica na disponibilização de informações e serviços, implementação de novas tecnologias para o andamento do projeto.

Ficou estabelecido pela coordenação da UOP o prazo de 6 a 8 meses para execução de todo o projeto e ao término do prazo, iniciar o monitoramento dos resultados alcançados através dos indicadores ambientais da oficina.

Durante a execução das tarefas foram marcadas reuniões quinzenais com a gerência para apresentação do andamento dos projetos, seus objetivos, as dificuldades e interferências necessárias, assim como discussão sobre o uso das verbas destinadas a cada projeto.

Cada responsável por projeto em conjunto com o ecotime, deveria formalizar sua apresentação em formato padrão das técnicas dos Kaizens (respeitando seus passos) e em conjunto dos outros times, apresentar em no máximo de 45 minutos o andamento do projeto, suas expectativas, dúvidas e auxílios necessários para a correta execução e sucesso dos mesmos. Os projetos que possuíam um maior avanço tecnológico, incremento de novas etapas de processo e um elevado custo, possuíam reuniões específicas com a gerência e seus fornecedores.

3.2.10 Fase 10: Definição dos indicadores do processo produtivo

A definição dos indicadores foi utilizada como forma de avaliação dos resultados e dos benefícios sustentáveis (econômico, ambiental e social) decorrentes das ações geradas pelos projetos desenvolvidos pelo P+L. Tais indicadores são essenciais para que seja assegurado o princípio da melhoria contínua e também da eficácia das ferramentas utilizadas pela metodologia da produção enxuta (*Kaizens*).

Como padronização e a título de comparação do antes e depois da implementação do estudo de P+L, foi levado em conta os indicadores de insumos e resíduos utilizados como referência no início deste estudo:

- Consumo específico de água industrial ($m^3/\text{veíc.}$);
- Consumo específico de gás natural ($m^3/\text{veíc.}$);
- Consumo específico de energia térmica ($\text{tev}/\text{veíc.}$);
- Consumo específico de energia elétrica ($\text{kwh}/\text{veíc.}$);
- Consumo específico de ar comprimido ($\text{Nm}^3/\text{veíc.}$);
- Geração específica de resíduo ($\text{Kg}/\text{veíc.}$);
- Custo relativo dos insumos e resíduos citados acima ($\text{R}\$/\text{veíc.}$).

Para o indicador de *VOC* foi utilizada legislação específica em relação à emissão destes compostos, baseada na Lei Directiva 2004/42/CE de 21 de Abril de 2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo à limitação das emissões de *VOC* resultante da utilização de solventes orgânicos em determinadas tintas e vernizes automotivos, expressa em g/L de *VOC*. Uma vez que esta empresa de estudo possui sua matriz na Comunidade Européia, sua legislação segue

a mesma, nos quais seus valores de restrição para a emissão de *VOC* encontram-se abaixo do especificado pela legislação brasileira.

Para fins de sustentabilidade ambiental os resultados dos indicadores devem sempre buscar um menor índice de emissão de *VOC*, nos quais independente de legislação em vigor a ser respeitada, devem contribuir para um meio ambiente mais limpo de poluentes e resíduos nocivos à sua degradação.

3.2.11 Fase 11: Documentação dos casos de P+L

Todos os projetos provenientes deste estudo de P+L e também de outros projetos de melhoria são gravados e arquivados em um sistema interno de gestão de projetos, denominado de PGIN, no qual qualquer pessoa que possua acesso ao sistema interno de qualidade, segurança e meio ambiente (SGA) da oficina poderá consultar todo e qualquer projeto em sua íntegra, independente deste estar em andamento ou concluído. Poderá conferir suas atividades, trocar informações e tirar dúvidas com seus executores e a principal função deste sistema é de fortalecer a memória técnica da oficina, servindo de exemplo para futuras aplicações da metodologia na empresa.

Neste estudo foram apresentados na seção dos anexos, resumos ou partes dos projetos que foram executados durante a implementação do P+L. Nenhum projeto foi disponibilizado em sua totalidade devido aos mesmos possuírem dados e detalhes dos processos de industrialização nos quais devem ser mantidos em segredo de fabricação e propriedade.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este estudo teve como objetivo principal identificar pontos de melhoria em um processo de pintura automotiva industrial com ganhos ambientais em uma montadora situada na região metropolitana de Belo Horizonte, verificando o uso de práticas ambientais relacionadas à produção mais limpa (P+L).

Após realização de todo o trabalho podemos verificar os benefícios e ganhos do ponto de vista ambiental e econômico, advindos da implementação de um programa P+L em conjunto com técnicas e ferramentas da produção enxuta (*Kaizens*).

Uma forma de avaliação dos resultados mensuráveis foi realizada a partir da comparação (antes e depois) dos indicadores de desempenho do consumo dos principais insumos, geração de resíduos e redução de gastos relacionados a problemas ambientais no processo produtivo de pintura de carrocerias.

Através de objetivos específicos relacionados no capítulo 1 deste estudo, conseguiu-se também:

- Mapear novos pontos de melhoria nos processos produtivos, até então desconhecidos do ponto de vista ambiental, que possibilitaram ganhos ambientais;
- A introdução de novas tecnologias e equipamentos mais “ambientalmente corretos”;
- Promover durante a realização deste estudo a interação das técnicas de P+L com as ferramentas da produção enxuta (*Kaizens*);
- Elaborar projetos de baixo, médio e alto custos, com a aprovação e participação da gerência, coordenação e corpo técnico da oficina, realocando e disponibilizando verbas até então destinadas a outros projetos sem ganhos ambientais, para os projetos deste estudo;
- Estabelecimento de um clima de “compromisso” entre os colaboradores da oficina, com a conscientização da importância e necessidade de se trabalhar de maneira mais sustentável;
- O compromisso da gerência da UOP na participação e acompanhamento dos projetos foi de suma importância para o sucesso dos trabalhos, não somente nas questões financeiras, mas também no incentivo pela busca dos resultados;

- A mudança nos conceitos dos conceitos ambientais da oficina, de que é possível fazer mais pelo meio ambiente, sem focar em ações “fim de tubo”, foi fundamental para a mudança de comportamento e a busca pelo melhor resultado durante a execução dos projetos.

A tabela 2 demonstra as quantidades de insumos (anual) utilizados nos processos da UOP e a quantidade total de resíduos gerados para uma produção anual de 764.623 carrocerias. Por se tratar de um processo de fluxo contínuo não é contabilizado a quantidade de resíduos gerados em cada parte do processo e sim o total gerado pela oficina.

Tabela 2 - Quantidade de insumos (anual) utilizados nos processos da UOP

Insumo	Quantidade	Resíduo gerado
Água	1.730.151 m ³	
Energia Elétrica	91.495.297 Kwh	
Gás Natural	7.199.370 m ³	
Energia Térmica	309.946 tev	
Ar Comprimido	89.827.333 Nm ³	
Total		3.010.114 Kg

Fonte: Elaborado pelo Autor

Nas tabelas 3, 4, 5, 6 e 7 abaixo, seguem os dados de acompanhamento de 7 meses anteriores dos insumos acima citados, com a sua média, que serviram como base histórica para este estudo. Esses dados foram as referências como ponto de partida para os estudos e foram obtidos através de um sistema interno de medição.

Tabela 3 - Consumo específico de Água

Mês de referência	Consumo específico (m³/veículo)
Mês 1	2,085
Mês 2	2,035
Mês 3	2,245
Mês 4	2,255
Mês 5	2,359
Mês 6	2,411
Mês 7	2,361

Média	2,255
-------	-------

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 4 - Consumo específico de Gás Natural

Mês de referência	Consumo específico (m³/veículo)
Mês 1	9,463
Mês 2	7,971
Mês 3	8,553
Mês 4	9,352
Mês 5	9,912
Mês 6	9,413
Mês 7	9,640
Média	9,413

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 5 - Consumo específico de Energia Térmica

Mês de referência	Consumo específico (tev/veículo)
Mês 1	0,409
Mês 2	0,386
Mês 3	0,372
Mês 4	0,404
Mês 5	0,408
Mês 6	0,420
Mês 7	0,440
Média	0,404

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 6 - Consumo específico de Energia Elétrica

Mês de referência	Consumo específico (Kwh/veículo)
Mês 1	120,5
Mês 2	118,9
Mês 3	116,4
Mês 4	119,4

Mês 5	120,3
Mês 6	121,4
Mês 7	123,6
Média	120,3

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 7 - Consumo específico de Ar Comprimido

Mês de referência	Consumo específico (Nm³/veículo)
Mês 1	117,5
Mês 2	116,9
Mês 3	118,5
Mês 4	115,0
Mês 5	117,8
Mês 6	114,2
Mês 7	119,4
Média	117,5

Fonte: Elaborado pelo Autor

Resíduos produtivos:

Os resíduos de tinta da pintura das cabines do *primer* e esmaltes são direcionados para estações de tratamento (ETE) da Empresa, em um local fora do sistema de pintura, sendo este trabalho todo terceirizado pela empresa de prestação de serviços de manutenção e limpeza técnica da unidade de produção fabril.

Assim como os efluentes líquidos de todo o processo são direcionados para locais específicos de tratamento, os resíduos sólidos são destinados para um local onde se faz a destinação final de toda a unidade fabril e também o lixo considerado de “lixo de escritório”. Neste local todos os resíduos são separados, classificados e encaminhados ao processo de reutilização, reciclagem ou destinação final. Os valores das quantidades de resíduo final do processo de pintura é contabilizado e informado à oficina, conforme a tabela 8.

Tabela 8 - Geração específica de Resíduos

Mês de referência	Consumo específico (m³/veículo)
Mês 1	5,436
Mês 2	4,712
Mês 3	4,852
Mês 4	4,548
Mês 5	3,933
Mês 6	4,334
Mês 7	4,852
Média	4,712

Fonte: Elaborado pelo Autor

Custos relativos:

Os custos relativos aos insumos citados anteriormente e aos resíduos gerados pelo processo de pintura automotiva seguem representados na tabela 9 em R\$/veículo.

Tabela 9 - Custo de controle de insumos e resíduos

Insumo / Resíduo	Custo relativo (R\$/veículo)
Água	0,00446
Gás Natural	0,0148
Energia Térmica	0,0192
Energia Elétrica	0,673
Ar Comprimido	0,0895
Resíduos	0,00403

Fonte: Elaborado pelo Autor

Seguem os resultados dos indicadores de performance, no qual foi estabelecido um igual período de 7 meses após a conclusão dos trabalhos a título de apresentação desta dissertação, o que não finda o monitoramento constantes dos indicadores e a busca por novas oportunidades.

Para efetuar as medições de cada insumo foi instalado um medidor específico na “entrada” e “saída” de cada processo, permitindo assim a comparação e observação da redução da sua utilização. Com

essa ação torna-se mais confiável a veracidade dos dados de consumo de cada um, possibilitando também uma forma de medição para posteriores estudos.

4.1 CONSUMO ESPECÍFICO DE ÁGUA

Pode-se observar através das figuras 40 e 41 que após a implementação dos projetos relacionados ao insumo “água” houve uma queda em seu consumo. A média específica nos sete meses medidos caiu de 2,225 m³/veíc. para 1,647 m³/veíc., representando uma redução no consumo de 27,0%.

Figura 40 - Consumo específico de Água - Antes e depois

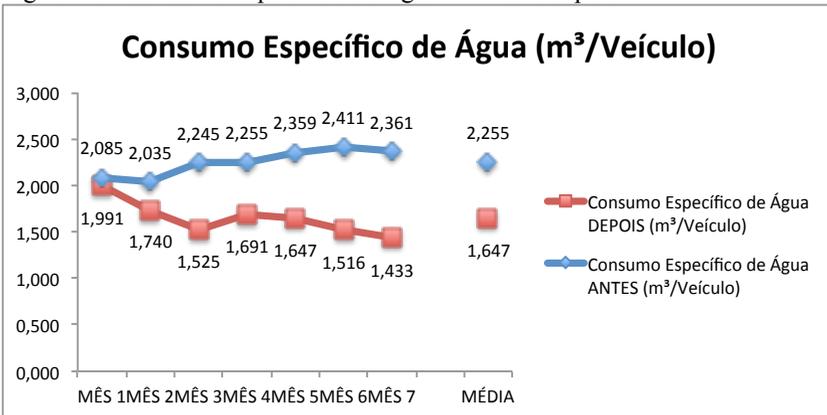
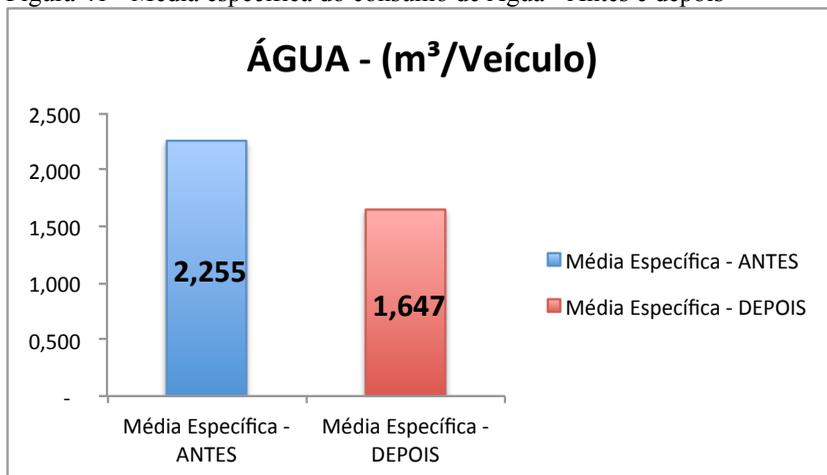


Figura 41 - Média específica do consumo de Água - Antes e depois



4.2 CONSUMO ESPECÍFICO DE GÁS NATURAL

Pode-se observar através das figuras 42 e 43 que após a implementação dos projetos relacionados ao insumo “gás natural” houve uma queda em seu consumo, o que levou sua média específica de 9,413 m³/veículo para 7,227 m³/veículo uma melhoria de 23,2%.

Figura 42 - Consumo específico de Gás Natural - Antes e depois

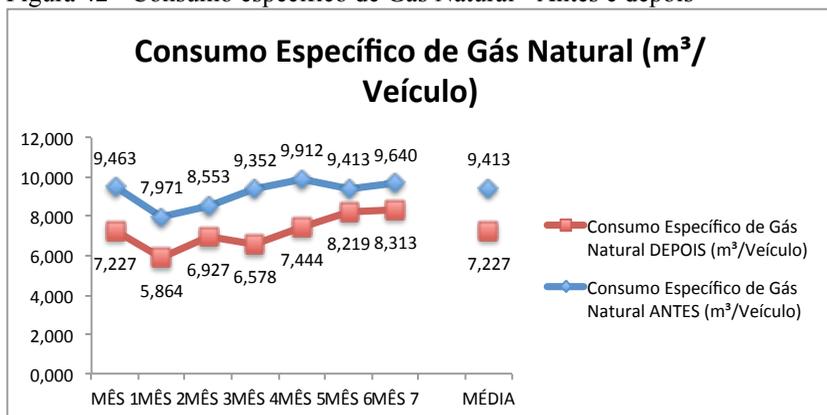
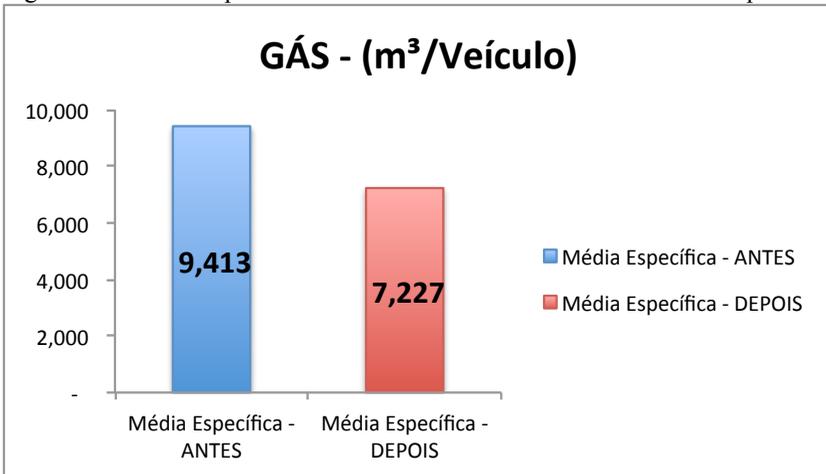


Figura 43 - Média específica do consumo de Gás Natural - Antes e depois



4.3 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA TÉRMICA

Pode-se observar através das figuras 44 e 45 que após a implementação dos projetos relacionados ao insumo “energia térmica” houve uma queda em seu consumo, o que levou sua média específica de 0,404 tev/veículo para 0,375 tev/veículo uma melhoria de 7,2%.

Figura 44 - Consumo específico de Energia Térmica - Antes e depois

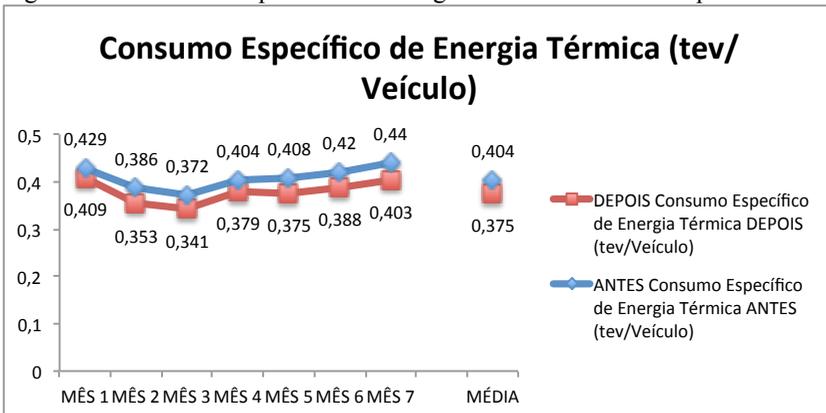
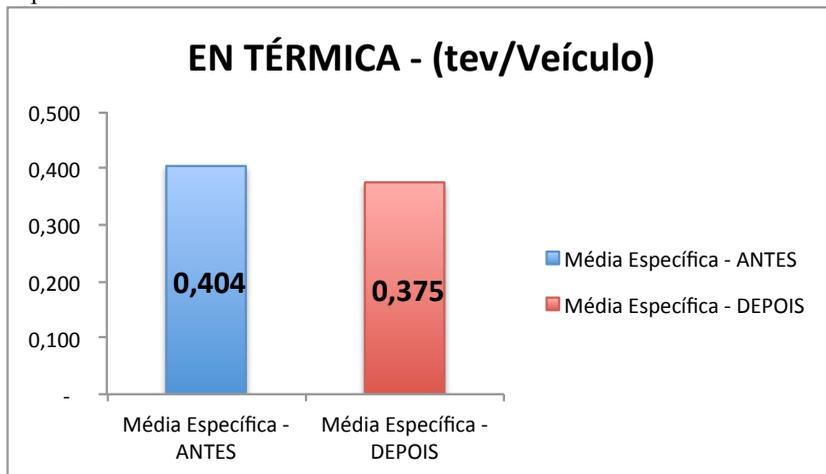


Figura 45 - Média específica do consumo de Energia Térmica - Antes e depois



4.4 CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA ELÉTRICA

Pode-se observar através das figuras 46 e 47 que após a implementação dos projetos relacionados ao insumo “energia elétrica” houve uma queda em seu consumo, o que levou sua média específica de 120,3 kwh/veículo para 113,5 kwh/veículo uma melhoria de 5,7%.

Figura 46 - Consumo específico de Energia Elétrica - Antes e depois

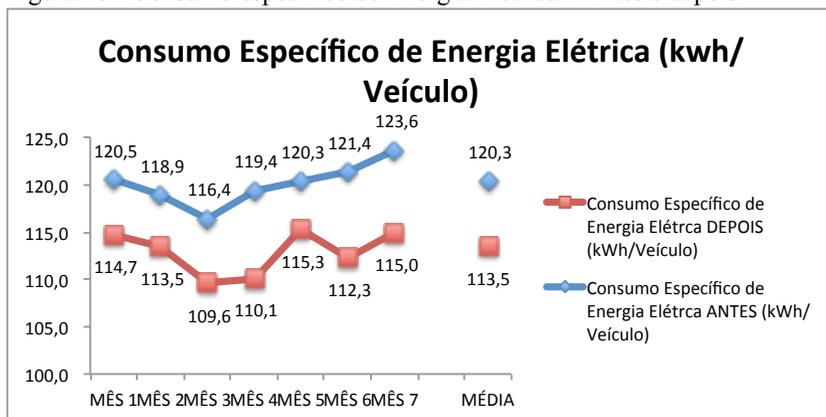
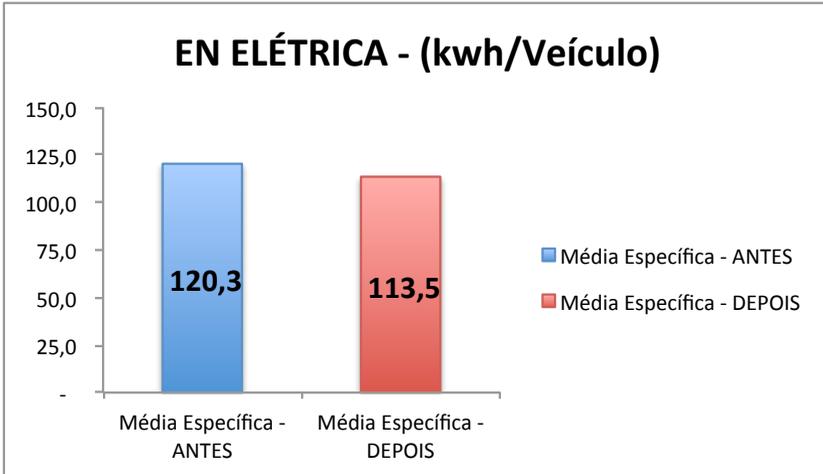


Figura 47 - Média específica do consumo de Energia Elétrica - Antes e depois



4.5 CONSUMO ESPECÍFICO DE AR COMPRIMIDO

Pode-se observar através das figuras 48 e 49 que após a implementação dos projetos relacionados ao insumo “ar comprimido” houve uma queda em seu consumo, o que levou sua média específica de $117,4 \text{ Nm}^3/\text{veículo}$ para $110,5 \text{ Nm}^3/\text{veículo}$ uma melhoria de 5,9%.

Figura 48 - Consumo específico de Ar Comprimido - Antes e depois

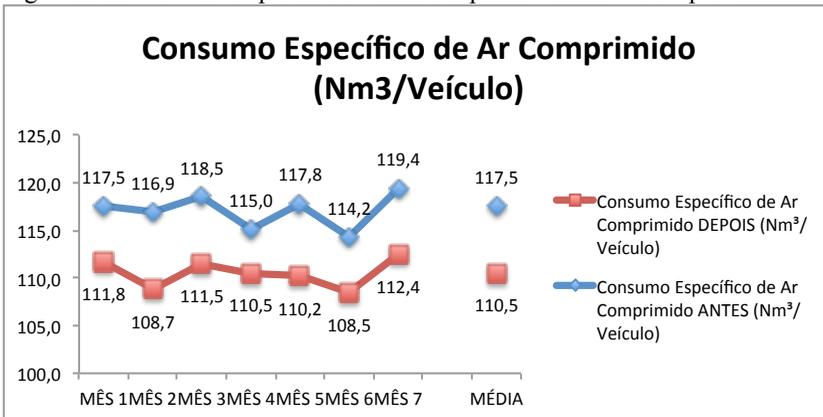
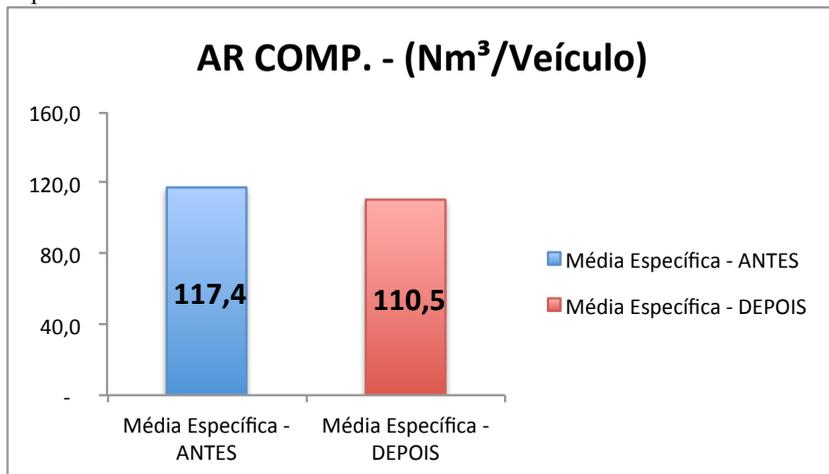


Figura 49 - Média específica do consumo de Ar Comprimido - Antes e depois



4.6 GERAÇÃO ESPECÍFICA DE RESÍDUOS

Pode-se observar através das figuras 50 e 51 que após a implementação dos projetos de P+L houve uma queda na geração dos resíduos, levando sua média específica de 4,712 Kg/veículo para 3,078 Kg/veículo uma melhoria de 34,7%.

Figura 50 - Geração específica de Resíduos - Antes e depois

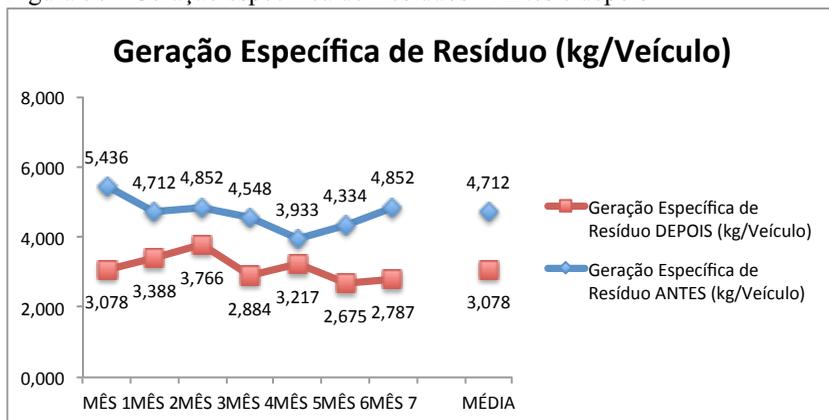
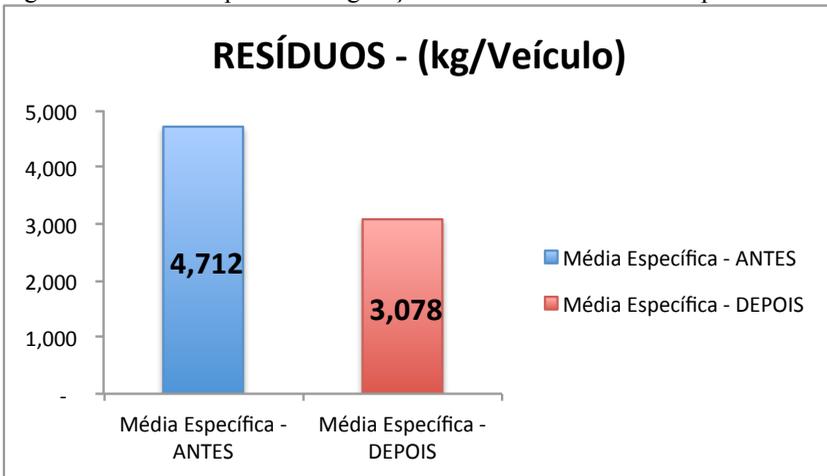


Figura 51 - Média específica da geração de Resíduos - Antes e depois

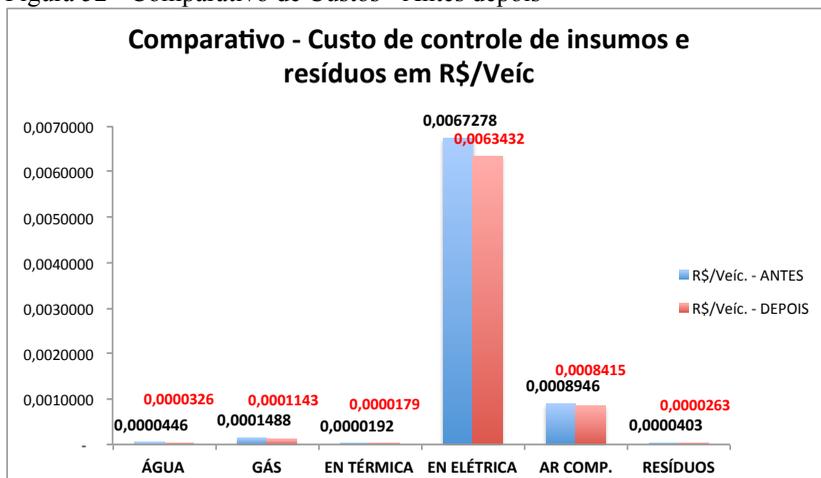


4.7 RELAÇÃO DE CUSTOS

O retorno financeiro obtido com os projetos ambientais gerou uma economia total de 6,3%, reduzindo os gastos com insumos e geração de resíduos de 0,007875 R\$/veículo para 0,007376 R\$/veículo produzido. Esse valor representa quase R\$ 1,60 por dia que foi economizado com as melhorias ambientais implementadas nos processos e no custo final do veículo vendido ao consumidor.

As reduções específicas podem ser verificadas na figura 52.

Figura 52 - Comparativo de Custos - Antes depois



Na figura 53 podem ser verificados os custos, benefícios e o B/C de cada um dos projetos priorizados neste estudo de P+L, sendo a somatória dos custos equivalente a R\$6.498.930,86, o benefício a R\$15.013.568,20 e o B/C global dos projetos igual a 2,31.

Figura 53 - Custo, benefício e B/C dos projetos

OPORTUNIDADES	NÍVEL	SUBNÍVEL	PROCESSO	PROJETO (produção enxuta)	METODOLOGIA (Kaizen)	CUSTO ESTIMADO (anualizado)	BENEFÍCIO ESTIMADO (anualizado)	B/C ESTIMADO	CUSTO REALIZADO (anualizado)	BENEFÍCIO REALIZADO (anualizado)	B/C REALIZADO	ALVO	
i	Redução na utilização de papel	1	MT	Esmaltes	Estação "K"	MK	R\$ 45.000,00	R\$ 250.000,00	5,56	R\$ 27.940,00	R\$ 432.867,90	15,49	Resíduo
ii	Redução do número de impurezas no produto final	1	BP	Bonder	Escorrido EPV 1	MK	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	1,25	R\$ 358.566,00	R\$ 440.687,00	1,23	Resíduo
iii	Redução do consumo de lixas	1	BP	Revisão	Escorrido EPV 2	MK	R\$ 8.000,00	R\$ 16.500,00	2,06	R\$ 13.567,50	R\$ 13.666,70	1,01	Resíduo
iv	Redução da geração de pó	1	BP	Revisão	Escorrido EPV 3	MK	R\$ 80.000,00	R\$ 100.000,00	1,25	R\$ 77.391,48	R\$ 104.981,05	1,36	Resíduo
v	Redução do resíduo de tinta das cabines de pintura	1	MT	Esmaltes	Projeto água das cabines	AK	R\$ 20.000,00	R\$ 50.000,00	2,50	R\$ 45.800,00	R\$ 65.376,20	1,43	Água
vi	Redução do consumo de água industrial	1	SMP	Esmaltes	Projeto água das cabines	AK	R\$ 20.000,00	R\$ 50.000,00	2,50	R\$ 45.800,00	R\$ 65.376,20	1,43	Água
vii	Redução do resíduo de plástico	1	MP	Revisão	Faixa decorativa	MK	R\$ 32.000,00	R\$ 45.000,00	1,41	R\$ 21.800,00	R\$ 13.768,00	0,63	Resíduo
viii	Redução do consumo de óleo e graxa	2	RI	Primer	Limpador de corrente	MK	R\$ 150.000,00	R\$ 250.000,00	1,67	R\$ 187.200,02	R\$ 238.141,00	1,27	Resíduo
ix	Redução do consumo de tinta	1	MT	Esmaltes	Aplicação Robôs Manchas	MK	R\$ 70.000,00	R\$ 250.000,00	3,57	R\$ 89.777,88	R\$ 596.851,20	6,65	Resíduo EN Elétrica
x	Redução do consumo de vapor	1	MT	Primer	DOE Primer	AK	R\$ 260.000,00	R\$1.000.000,00	3,85	R\$ 267.870,00	R\$1.389.581,49	5,19	EN Térmica
xi	Eliminação de produtos químicos	1	RF	Bonder	Eliminação Tutsol	SK	R\$ 5.000,00	R\$ 20.000,00	4,00	R\$ 2.160,00	R\$ 17.241,96	7,98	Resíduo
xii	Eliminação de gases químicos dos processos	1	RF	Bonder	Insuflamento BII	SK	R\$ 32.000,00	R\$ 40.000,00	1,25	R\$ 12.000,00	R\$ 6.789,98	0,57	Gás Natural
xiii	Redução no consumo de produtos químicos de petróleo	1	MP	Sigilatura	Redução PVC	MK	R\$ 146.000,00	R\$ 300.000,00	2,05	R\$ 113.445,76	R\$ 423.877,33	3,74	Resíduo
xiv	Redução no consumo de energia elétrica	1	RF	Esmaltes	Inversor de frequência	AK	R\$1.500.000,00	R\$2.000.000,00	1,33	R\$2.007.065,10	R\$2.961.984,66	1,48	EN Elétrica
xv	Eliminação de fontes de metais pesados	1	MT	Bonder	PPA Bronze	AK	R\$ 100.000,00	R\$ 450.000,00	4,50	R\$ 121.020,00	R\$ 986.610,24	8,15	Resíduo
xvi	Redução no consumo de gás natural	1	BP	Esmaltes	Secagem irregular do forno	AK	R\$ 220.000,00	R\$ 350.000,00	1,59	R\$ 197.638,00	R\$ 494.164,80	2,50	Gás Natural
xvii	Redução dos índices de VOC	1	MT	Esmaltes	Pistola Eletrostática Novos perfis de aplicação	MK	R\$ 300.000,00	R\$4.000.000,00	13,33	R\$ 390.000,00	R\$6.700.000,00	17,18	Resíduo
xviii	Redução da temperatura ambiente no posto de trabalho	1	MT	Oficina	Forno PVC	MK	R\$1.250.000,00	R\$ -	0,00	R\$1.235.000,00	R\$ -	0,00	Resíduo
xix	Redução do nível de ruído	1	MT	Oficina	Forno PVC	MK	R\$1.250.000,00	R\$ -	0,00	R\$1.235.000,00	R\$ -	0,00	Resíduo
xx	Redução dos índices de resíduos em geral sigilatura	3	MAT	Sigilatura	Máscaras descartáveis	MK	R\$ 23.000,00	R\$ 35.000,00	1,52	R\$ 15.000,00	R\$ 12.134,50	0,81	Resíduo
xxi	Transformação de resíduos em matéria-prima	2	RI	Sigilatura	Raproveitamento IFF	MK	R\$ 50.000,00	R\$ 100.000,00	2,00	R\$ 34.889,12	R\$ 49.467,99	1,42	Resíduo

Na parte dos anexos deste trabalho podem ser verificados os principais projetos realizados durante a execução das etapas do programa de P+L.

5 CONCLUSÕES

Uma vez estabelecidos os objetivos, utilizada uma correta metodologia e uma busca constante por melhores resultados, essa dissertação procurou dar sua contribuição prática na utilização de técnicas que possibilitaram a redução do uso de insumos energéticos, redução na geração de resíduos e ganhos ambientais não somente para a Unidade Operativa Pintura, ou para sua montadora, mas também para as pessoas e o meio ambiente em geral.

Através do mapeamento do processo produtivo subdividindo-o em etapas para verificação de oportunidades de melhorias com ganhos ambientais, de acordo com as características de cada processo, foi possível a observação de novos pontos de melhoria, assim como oportunidades de introdução de novas tecnologias e/ou equipamentos com menor índice de consumo de recursos energéticos, descobrindo-se novos pontos de monitoramento e redução dos resíduos gerados no processo.

A utilização das técnicas de P+L e produção enxuta, através do manual de implementação do P+L e do conjunto das ferramentas do STP, proporcionaram a utilização em conjunto das duas técnicas em projetos de baixo, médio e alto grau de complexidade, priorizando os pontos de real necessidade de melhoria e também acarretando na conscientização das abordagens preventivas ao invés das “fim de tubo”, voltadas para um real ganho ambiental.

Estimativas financeiras das melhorias ambientais obtidas nos processos produtivos, através do levantamento de custos de cada projeto, assim como a redução no consumo de insumos, tornou possível a obtenção da relação de custo e benefício unitário. Ao se somar os resultados alcançados em cada subprojeto, foi possível totalizar os custos em R\$ 6.498.930,86 e os benefícios em R\$ 15.013.568,20 no qual obteve-se o B/C de 2,31 global do trabalho, com a redução geral no consumo, custos e resíduos, proporcionando um excelente ganho ambiental e uma redução dos gastos financeiros da UOP.

A comprovação de melhoria na sustentabilidade ambiental do processo de pintura automotiva, obtida com as medições de antes e depois dos indicadores ambientais utilizados nos processos, pode ser verificado na redução dos consumos energéticos:

Água: redução de 2,225 m³/veíc. para 1,647 m³/veíc., melhoria de 27%; Gás natural: redução de 9,413 m³/veíc. para 7,227 m³/veíc., melhoria de 23,2%; Energia térmica: redução de 0,404 tev/veíc. para 0,375 tev/veíc., melhoria de 7,2%; Energia elétrica: redução de 120,3

kwh/veíc. para 113,5 kwh/veíc., melhoria de 5,7%; Ar comprimido: redução de 117,4 Nm³/veíc. para 110,5 Nm³/veíc., melhoria de 5,9%.

Também na redução da geração específica de resíduo, passando de 4,712 Kg/veíc. para 3,078 Kg/veíc., acarretando em 34,7% menos resíduos gerados pelos processos de pintura automotiva de carrocerias, por consequência na redução do impacto ambiental.

Nos custos pode ser observada a redução do custo de produção da UOP, passando de 0,007875 R\$/veíc. para 0,007376 R\$/veíc., o que representa uma economia de R\$1,60 por dia de produção.

Nesse sentido, os resultados obtidos em especial a redução de 34,7% na geração dos resíduos, demonstram que o enfoque preventivo deve ser prioritário na busca da redução do impacto ambiental causado pelos processos produtivos. No entanto é sabido que a eliminação total dos resíduos é praticamente impossível, o que vale ressaltar a importância de se buscar formas de reaproveitamento interno dos resíduos gerados.

5.1 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

A principal contribuição deste estudo foi “abrir os olhos” da oficina e das pessoas para se agir na causa raiz da geração dos resíduos, rompendo o paradigma de que os desperdícios são características eminentes do setor ou do processo e que as técnicas de reciclagem externa são a única maneira de se dispor dos resíduos para se reduzir a degradação ambiental.

5.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Este estudo não finda o assunto, permitindo que outros trabalhos possam verificar oportunidades futuras de aplicação da metodologia P+L nos processos produtivos de pintura automotiva.

Observou-se a possibilidade de um estudo de P+L na construção da nova oficina de pintura que está prevista para ficar pronta nos próximos anos, observando as melhorias realizadas no processo atual e que possam ser utilizadas como boas práticas para o processo novo, visando a redução no consumo dos insumos e principalmente a redução na geração dos resíduos.

Vale a pena ressaltar que o estudo da aplicação da produção mais limpa pode ser utilizado par outros setores da empresa, independente da serem setores produtivos ou não, visando a diminuição dos resíduos e chamando a atenção para uma melhor análise das questões ambientais.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CD 14040: rotulagem ambiental**. Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, M.E.M. **Guia sobre proteção anticorrosiva na indústria automobilística**. Protap, 2000.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, São Paulo, 2011.

ARAÚJO, A. F. **A aplicação da Metodologia de Produção Mais Limpa: Estudo em uma empresa do setor de construção civil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.

AUCKLAND REGIONAL COUNCIL, **What is Waste Minimization?**. Overview. University of Auckland. 1996.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2006

BECKER, Dinizar Fermiano, et alii. **Um novo (velho) paradigma de desenvolvimento regional**. Desenvolvimento Sustentável: Necessidade e/ou Possibilidade. 3. ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2001, p. 27-94.

BNDES. **Pólos Automotivos Brasileiros**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 173-200, set. 1999.

BOCK, M. **GOTS**. Set, 678. 1997, 587.

BOHÓRQUEZ, L.A.B. **Situacion Ambiental del Setor de Recubrimiento de Metales – Galvanoplastia- Chile, Colômbia e Equador**, 1997.

BRIALES, J. A; FERRAZ, F. T. **Melhoria contínua através do kaizen.** Disponível em <www.viannajr.edu.br/revista/eco/doc/artigo_70002.pdf> Acessado em 22 de ago. 2012.

BRUNDTLAND, G.H. **Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento.** 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

BURNS, R.; BRADLY, W.W. **Protective Coatings for Metals.** Reinhold Publishing Corp., Nova Yorque, 1959.

CNTL, **Centro Nacional de Tecnologias Limpas.** Publicação. Porto Alegre, SENAI de Artes Gráficas, 1999.

CNTL, **Centro Nacional de Tecnologias Limpas.** Publicação. Porto Alegre, SENAI de Artes Gráficas, 2001.

CNTL, **Centro Nacional de Tecnologias Limpas** – SENAI. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl>>. Acesso em 12 abr. 2011.

COMISSÃO MUNDIAL PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Our Common Future.** Publicado como Anexo ao documento da Assembleia Geral A/42/427. Agosto 1987 .Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>.

DIEGUES, A. C. **Desenvolvimento sustentável, gerenciamento geo-ambiental e o de recursos naturais.** São Paulo: Scipione, Ano 9, n. 16, jun. 1989.

DRUCKER, P. F. **The concept of the corporation.** Sociedade pós-capitalista. São Paulo: Pioneira, 1999

ECOLATINA. **Sustentabilidade na Indústria.** Boletim Eletrônico n° 04, 2007. Disponível em: <<http://www.ecolatina.com.br/boletim15.asp>>.

EE, Educate the Educators. **International Educational Program for Educator on Course and Curriculum Development on Preventive Environmental Managment.** Lund. The International Institute for Industrial Environmental Economics, May 29 - June 18, 1999.

EROL, P.; THOMING, J. **ECO-optimization of pre-treatment processes in metal finishing**. Computers and Chemical Engineering, 587-598. 2005.

FOLDES, P.A. **Galvanotécnica Prática I**. São Paulo: Polígono, 1974.

FRESNER, Johannes, ECOPROFIT, **Produção Mais Limpa e Minimização de Resíduos**. Graz, Volume 1. 1998.

HAFNER, A. D. **Analysis of the Effect of Ordering Policies for a Manufacturing Cell Transitioning to Lean Production**. Dissertação de Mestrado. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 2003. 117 p. Disponível em:
<<http://scholar.lib.vt.edu/theses/availableetd-10122003-224043/unrestricted/HafnerThesis.pdf>> Acesso em: 11 dez. 2011.

HAMNER, Burton. **Cleaner Production training in Asia: experience from the ASEAN Environmental Improvement Project**. Journal of Cleaner Production. Lund, volume 7, number 1, pp. 76 - 81, Elsevier, 1999.

HARSCH, M.; FINKBEINER, F.; PIWOWARCZYK, D.; SAUER, K. **Automotive Engineering Int**. Fev. 1999, 211.

HENRIQUES, L. P.; QUELHAS, O. L. G. **Produção Mais Limpa: Um exemplo para sustentabilidade nas organizações**. 2007. Disponível em:
<http://www1.sp.senac.br/hotsites/sigas/docs/20071016_CAS_ProducaoMaisLimpa.pdf>. Acesso em 28 jun. 2011.

HOLWEG, M. **The Genealogy of Lean Production**. Artigo. Journal of Operations Management: Elsevier, 2006. Disponível em:
<<http://www.elsevier.com/locate/jorn>> Acesso em: 12 dez. 2011.

HUNT, Gary E. **Overview of Waste Reduction Techniques Leading to Pollution Prevention**, in: FREEMAN, Harry. M. Industrial Pollution Prevention Handbook. New York. Mc. Graw-Hill. 1993

JÖRGESEN, Michael Sögaard, **Seminar on Strategies and Barriers for the integration of cleaner production and environmental**

management into university curricula - findings from an international inventory. Lund. EE/IIIIEE, 1999.

KIM, J; GERSHWIN, S. B. **Quality and Quantity Modeling of a Production Line**. Artigo. Singapore-MIT Alliance (SMA): DSpace-MIT, 2005. Disponível em:
<<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/3918?mode=full>> Acesso em: 12 dez. 2011.

KIND, C. J. C. **Produção Mais Limpa em busca pela Sustentabilidade**: Estudo de Casos. Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, 2005.

LEAN INSTITUTE BRASIL. Disponível em:
<http://www.lean.org.br/bases.php?interno=thinking_vocabulario>
Acesso em 18 jun. 2012.

LEMONS, A. D.; NASCIMENTO, L. F. **A Produção Mais Limpa como Geradora de Inovação e Competitividade**. Revista de Administração Contemporânea, v.03, n.01, jan/abril. Curitiba, 1999.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005. 316p. Título original: The Toyota Way.

LIKER, J. K; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007. 432 p. Título original: The Toyota Way Fieldbook.

LUZ, S.; SELLITTO, M.; GOMES, L. **Medição de desempenho ambiental baseada em método multicriterial de apoio de decisão: estudo de caso na indústria automotiva**. Gestão & Produção, v. 13, n. 3, p. 557-570, 2006.

MACHADO, L. **Qualidade ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos**. In: MARTOS, H.; MAIA, N. (Orgs.). Indicadores ambientais. Sorocaba: USP, 1997.

MATRA. **Rev. Surf.** 2770, Maio. 1997, 41.

MAXIMINIANO, Antônio Cesar Amaru. **Teoria Geral da Administração**: da escola científica à competitividade em economia globalizada. São Paulo: Atlas, 1997.

MEDINA, H. V.; GOMES, D. E. B. **Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas**. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2003. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/serie_sed.htm>. Acesso em: 13 ago. 2011.

McCLELLAN, J. J. **The Benefit of Using Simulation to Improve the Implementation of Lean Manufacturing Case Study: quick changeovers to allow level loading of the assembly line**. Dissertação de Mestrado. School of Technology. Brigham Young University: Estados Unidos, 2004. Disponível em: <<http://patriot.lib.byu.edu/ETD/image/etd558.pdf>> Acesso em: 28 jan. 2012.

MELLO, M.C.A. **Produção mais Limpa: Um estudo de caso na AGCO do Brasil**. Porto Alegre, 2002.

MELLO, R. F. L. de. **Em busca da sustentabilidade da organização antropológica através da reciclagem e do conceito de auto-eco-organização**. Curitiba: UFPR, 1999.

MOORE, K. R. **Trust and Relationship Commitment in Logistics Alliances: a buyer perspective**. Artigo. National Association of Purchasing Management: International Journal of Purchasing and Materials Management, 1998.

MORLOK, R. **Ind. M. Prod. Finish**. 14, 1990.

OHNO, T. **Toyota Production System: beyond large-scale production**. Tradução Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 149 p.

PAIVA, A. **Clima e pobreza desafiam os modelos de negócios**. Jornal Valor Online. Rio de Janeiro, 12 set. 2008. Entrevista.

PENNER, R. S. **An Application of Lean Principles to Product Development**. Dissertação de Mestrado. Faculty of Business Administration. Management of Technology. Simon Fraser University:

Canadá. 2005. Disponível em:

<<http://ir.lib.sfu.ca:8080/retrieve/3991/etd2037.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2011.

PERIN, P. C. **Metodologia de padronização de uma célula de fabricação e de montagem, integrando ferramentas de produção enxuta**. 2005. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PETSCHER, M. **Pollution Prevention and Conversion Coating in the Automobile Industry**. Metal Finishing. 26-29. Setembro, 1996.

PONTE, H.A.; PONTE, M.J.J.S.; MAUL, A. M. **Apostila de Pintura Automotiva**. Curitiba, 2000.

RAWABDEH, I. A. **A Model for the Assessment of Waste in Job Shop Environments**. Artigo. Emerald: International Journal of Operations & Production Management, 2005. Vol. 25. N. 8. p. 800-822. Disponível em: http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet/FileName=%0Apublished/emeraldfulltextarticle_pdf_0240250805> Acesso em: 9 jun. 2011.

ROTHER, M.; SHOOK,.; **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SANKARA NARAYANAN, T.S.N. **Performance Evaluation of Phosphating Formulations in Continuous Operation**. Metal Finishing. 40-43. Setembro, 1996.

SHARMA, A.; MOODY, P. E. **A Máquina Perfeita**. Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2 ed. Tradução Eduardo Schaan. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291 p. Título original: A Study of Toyota Production System: from an industrial engineering view point.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993. 198 p. Título original: *The Manufacturing Advantage: achieving competitive manufacturing operations*.

SPRING, S. **Preparation of Metals for Painting**. Reinhold Publishing Corporation, Nova Yorque, 204, 1965.

TACHIZAWA, T.; DE ANDRADE, R. O. B.; CARVALHO, A. B. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002. 232 p.

VARGAS, Paulo Roberto. **O insustentável discurso da sustentabilidade**. Desenvolvimento Sustentável: Necessidade e/ou Possibilidade. 3. ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2001.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte: 1995. 404 p.

WITCHER, J. **Getting the Other Half (or More) From Lean**. Artigo. Institute of Industrial Engineers. Disponível em: <http://qaweb.iienet.org/uploadedfiles/IIE/Technical_Resources/Archive/slean1034p.pdf> Acesso em: 12 dez. 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T; ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Tradução Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YOUNG, C. E. F.; LUSTOSA, M. C. J. **Meio ambiente e competitividade na indústria brasileira**. Revista de Economia Contemporânea, v. 5, Rio de Janeiro: IE/URFJ, p. 231-259, 2001. Edição Especial. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/gema/pdfs/art10YoungLustosa.pdf?PHPSESSID=a8200a7437016619%20a580c96fbf07cad6>>. Acesso em: 29 set. 2010.



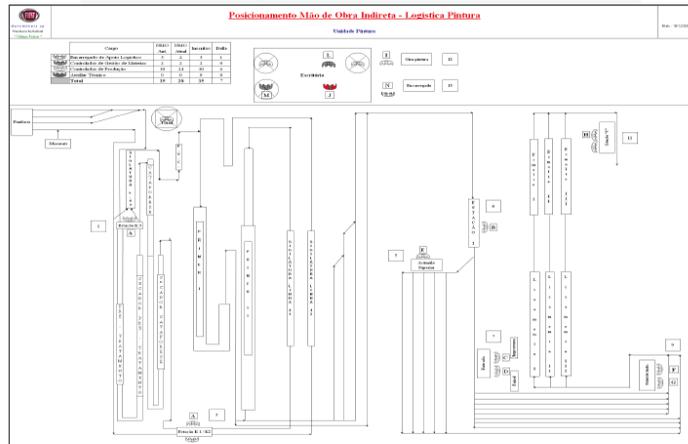
Step 5.1 – Definir o Fenômeno



PROBLEMA: Existência de 2 tipos de primer sendo um cinza e outro branco					
META: Implantar um primer para todas as cores					
What – Em QUE processo / produto aconteceu o problema?	When – QUANDO se verificou o problema?	Where – ONDE se notou o problema?	Who – QUEM verificou o problema?	Which – QUAL as características ligadas ao problema?	How – COMO acontece o problema?
Falta de flexibilidade para imposição da cor devido a existência de 2 tipos de primer	Durante a imposição da cor na estação I e na identificação da estação K.	Na estação K e na imposição da cor da carroceria.	Encarregados , CPI's	Existem 2 tipos de primer cinza e branco	Por existir dois tipos de primer e necessário fazer uma identificação na estação K definindo a cor de primer para a carroceria.

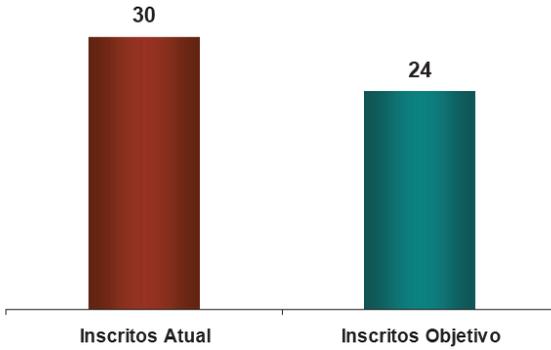


Step 5.2 – Estudo do Sistema





Step 5.3 – Definir o Objetivo



Step 5.4 – Análise das causas



Situação anterior



CARROCERIA COM IDENTIFICAÇÃO REALIZADA PELO POSICIONADO DA ESTAÇÃO

Situação proposta



ELIMINAR A IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO K



Step 5.4 – Análise das causas



PROBLEMA: Identificação estação K devido a existência de 2 tipos de primer					
META: Eliminar a identificação estação K					
What – Em QUE processo / produto aconteceu o problema?	When – QUANDO se verificou o problema?	Where – ONDE se notou o problema?	Who – QUEM verificou o problema?	Which – QUAL as características ligadas ao problema?	How – COMO acontece o problema?
NA a identificação da estação K	Durante a impositação da cor na identificação da estação Kr	Na estação K	Encarregados , CPI's	Geração de resíduos lixo e gargalo na definição de cor	Por existir dois tipos de primer e necessário fazer uma identificação na estação K definindo a cor de primer para a carroceria.



Step 5.5 – Implementação das ações



Problema: Criação de resíduo



Causa raiz:

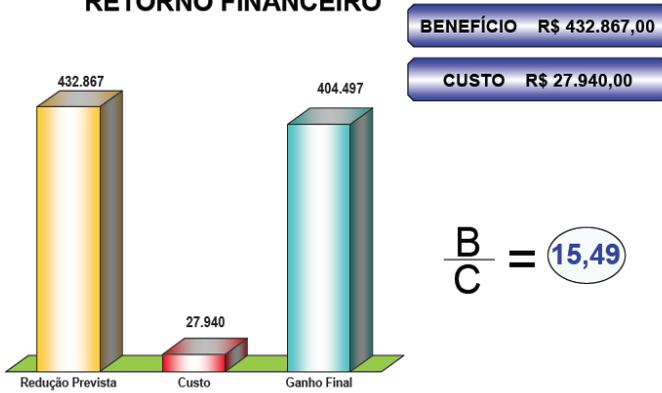
Criação de resíduos como papel e fita crepe que podem contribuir com o indicador de impurezas pintura.

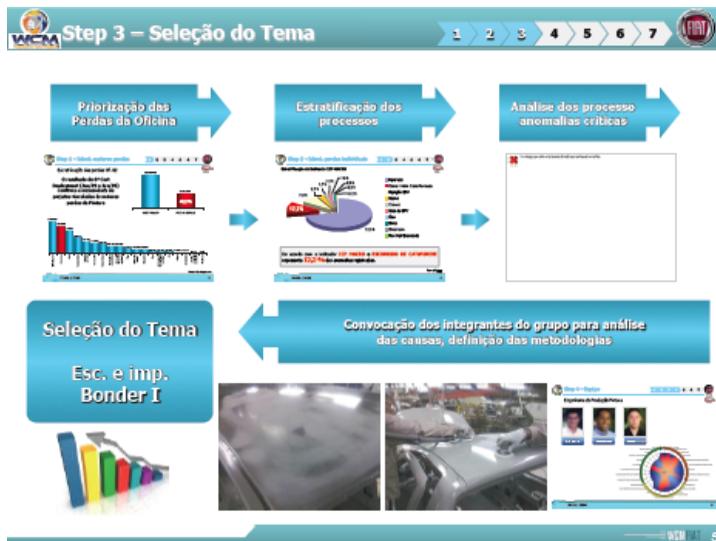
Ações:

Após introdução do novo primer a identificação da estação K poderá ser eliminada e como consequência haverá uma redução de custo com aquisição de papel e fita crepe e também uma redução na criação de resíduo no processo pintura.



Step 6 – Análise de custo e benefício

**RETORNO FINANCEIRO**



Step 5.1 – Definição do fenômeno

1 2 3 4 5 6 7

FENÔMENO	O QUE	COMO	QUANDO	ONDE	QUEM	POR QUÊ
ESCORRIDO DE CATAFORESE	Escorrido de cataforese nas carrocerias devido ao acúmulo de EPV nas partes internas das portas (flangeaturas), "pontos cegos" das carrocerias (internos de mala e capô) devido deficiência do processo de retirada do mesmo (lavagem)	Ocorre a secagem da tinta e-coat na superfície da carroceria	Após passagem da carroceria pelo processo de E-coat e posteriormente à sua cura nos fornos das bonders	UTE 8201 Bonder I e II Todos os modelos Através de penalizações dos Indicadores de Qualidade como Ref. Ponta Linha Pintura e ICP Produto	Time tecnológico 8201	Acúmulo de cataforese nas partes internas da carroceria.

WCM 7

Bonder 1 é diferente da Bonder 2 porquê?

Através do estudo do sistema, pudemos verificar que existe uma diferença na relação de tempo de enxágue final da carroceria



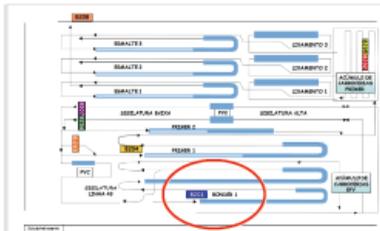
Bonder 1 ~ 8 segundos
Bonder 2 ~ 60 segundos

Para equalização do enxágue seria necessário um túnel de enxágue de 8,4 metros na Bonder 1

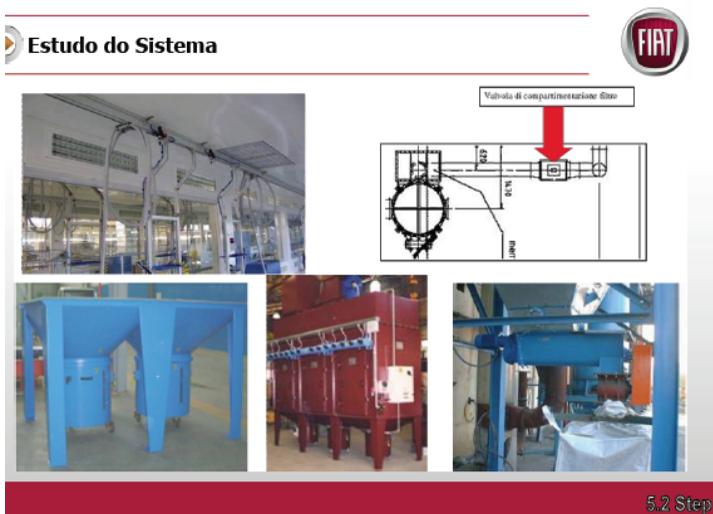
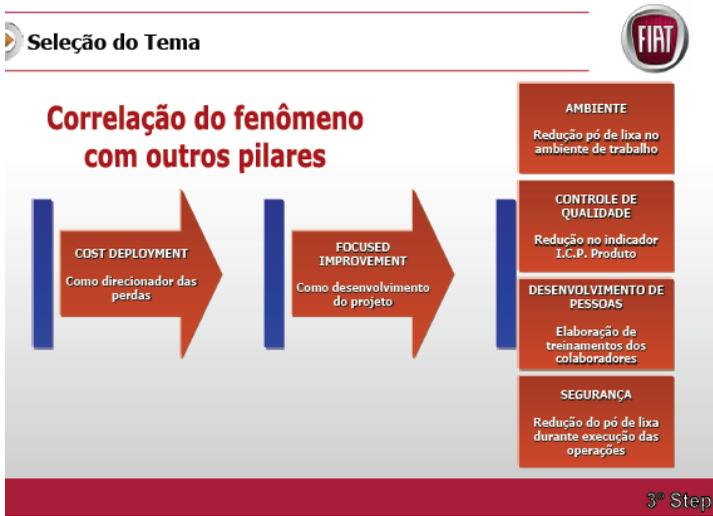
Utilização de parâmetros em acordo com as normas de Controle de Processo (SGQ_ISO 9001 – PIN_01)

CONTROLE DE PROCESSO		PLM	Data Inicial
A. IDENTIFICAÇÃO		PLM_01	01/09/2010
B. DESCRIÇÃO		CONTROLE DE PROCESSO	PLM_01
C. OBJETIVO		Garantir a qualidade do produto final através do controle de processo.	
D. RESPONSABILIDADES		Responsável: [Nome]	Revisado: [Nome]
E. REVISÃO		Revisão 01	01/09/2010
F. HISTÓRICO DE REVISÕES			

Item	Descrição	Unidade	Valor	Limite Inferior	Limite Superior	Limite	Aspecto
2.1.1	Temperatura da água	°C	40	35	45	40	Aspecto
2.1.2	Pressão da água	MPa	1,5	1,0	2,0	1,5	Aspecto
2.1.3	Velocidade da água	m/s	1,5	1,0	2,0	1,5	Aspecto
2.1.4	Concentração do sabão	g/l	100	80	120	100	Aspecto
2.1.5	Tempo de exposição	s	30	20	40	30	Aspecto
2.1.6	Pressão da água na saída	MPa	1,5	1,0	2,0	1,5	Aspecto
2.1.7	Concentração do sabão na saída	g/l	100	80	120	100	Aspecto
2.1.8	Velocidade da água na saída	m/s	1,5	1,0	2,0	1,5	Aspecto
2.1.9	Temperatura da água na saída	°C	40	35	45	40	Aspecto
2.1.10	Pressão da água na saída	MPa	1,5	1,0	2,0	1,5	Aspecto
2.1.11	Concentração do sabão na saída	g/l	100	80	120	100	Aspecto



ANEXO C – PROJETO – REDUÇÃO DO CONSUMO DE LIXAS



Estudo do Sistema




Sem Aspiração	Conversão para	Modelo do Kit
127mm (5")	Auto Aspiração	57120
127mm (5")	Aspiração Central	57121
152mm (6")	Auto Aspiração	57122
152mm (6")	Aspiração Central	57123

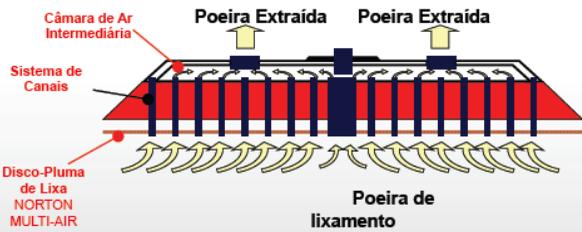
Kits de Conversão



- 54284
 - Mangueira de Ar (95580) - 1/4" x 28"
 - Mangueira Flexível de Sucção (50683) - 25mm de diâmetro x 4,67m de comprimento
 - Mini-bolha Coletora de PO
- 50617
 - Bolha Coletora de PO (50683)
 - Mangueira de Sucção (50682)
 - 25mm de diâmetro x 1,83m de comprimento
 - Mangueira de Ar (95581)
 - (1/4" de diâmetro) opcional
- 50683
 - Bolha Coletora de PO Tamanho: 480x172mm
- 95396
 - Conector Para Mangueira 1" de diâmetro x 1,8m de comprimento
- 50682
 - Mangueira 25mm de diâmetro x 1,83m de comprimento
- 50679
 - Chave de Boca 28mm

5.2 Step

Estudo do Sistema

Câmara de Ar Intermediária

Sistema de Canais

Disco-Pluma de Lixa NORTON MULTI-AIR

Poeira Extraída

Poeira de lixamento



5.2 Step

Analisando as Causas



Fenômeno	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
Falta treinamento para uso sistema	Os colaboradores precisam de treinamento	Altera algumas condições de trabalho	Existem mais mangueiras do que sistema atual	Uma mangueira aspira e a outra alimenta	Para retirar o pó das carrocerias
Manutenção diária do sistema	Garantir funcionamento equipamentos	Percebemos esta dificuldade no benchmark	Foi informação passada pelo operador	Se tiver algo não funcionando o mesmo não é eficiente	Não retira o pó da lixa
Lubrificação diária das máquinas	Não comprometer a rotação dos motores	Pó da lixa compromete lubrificação da máquina	Durante a lubrificação é feito descarte do pó	Para melhorar a rotação dos motores	Não comprometer a operação de revisão
Limpeza Aspiradores	O filtros necessitam de limpeza diária	Não entupir filtros	O volume de pó é alto	Aspiradores estão sendo adequados ao nosso processo	Não iremos central de vacuo
Acesso Lixadeiras	Para facilitar a operação	A lixadeira estando ao lado, reduzimos o tempo de nvaa	Durante a inspeção não precisa da lixadeira	Evidencia o defeito para depois lixá-lo	Facilitar o trabalho de preparação

5.4 Step

Implantando as Ações



Treinamento



5.5 Step

▶ Implantando as Ações

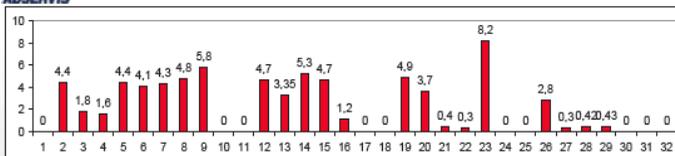


Instalação Sistema



5.5 Step

▶ Garantindo a Continuidade dos Resultados



5.7 Step

Analisando os Custos e Benefícios



Custo Anomalia

Tempo (minutos)	1,500
Tempo (horas)	
Quantidade de Homens	1
Valor Médio Mão de Obra (R\$)	15,88
Custo MOD por veículo (R\$)	0,45
Custo com Material para reparação	0,29
Custo com combustível para deslocamento	
Custo total por veículo	0,74

B/C = 1,36

	Mês	Valor	Vr intervenção	Média ICP	Custo mensal	Custo período	comparativo recuperação	Recup. Anualizado
1º Período	jul/07	64173	0,74	0,21	9.972,48	29.973,55		
	ago/07	68669	0,74	0,21	10.671,16	0,21		
	set/07	60038	0,74	0,21	9.329,91			
2º Período	out/07	68122	0,74	0,19	9.577,95	26.192,80		
	nov/07	66892	0,74	0,19	9.405,02	0,19		
	dez/07	51279	0,74	0,19	7.209,83			
3º Período	jan/08	62880	0,74	0,11	5.118,43	21.225,13	8.748,42	104.681,05
	fev/08	60915	0,74	0,11	4.958,48	0,11		
	mar/08	67123	0,74	0,11	5.463,81			
	abr/08	69833	0,74	0,11	5.684,41			

6º Step

ANEXO D – PROJETO – REDUÇÃO DO RESÍDUO DE TINTA DAS CABINES DE PINTURA



Equipe de Trabalho

PLANEJAR

- DIRECIONADOR
- PROBLEMA
- EQUIPE
- FENÔMENO
- PADRÕES
- OBJETIVO
- CAUSA RAIZ

Thiago Drumond

Antônio Cruz

Fabiano Azevedo

FIASA | NOVEMBRO | CONVENÇÃO MELHORES PRÁTICAS | 4

Estudo do Sistema (Condição de Base)

PLANEJAR

- DIRECIONADOR
- PROBLEMA
- EQUIPE
- FENÔMENO
- PADRÕES
- OBJETIVO
- CAUSA RAIZ

Sistema Pintura (Cabines)

- Dutos captação
- Exaustores
- Radiadores de Pré e Pós aquecim.
- Umidificadores
- Grades
- Lençóis d'água

Sistema de Filtração

- Dutos de captação
- Filtros
- Exaustores
- Radiadores: Pré e Pós aquecimento
- Umidificadores

Sistema Recirculação

- Bombas
- Tubulações
- Reg. Pressão
- Válvulas

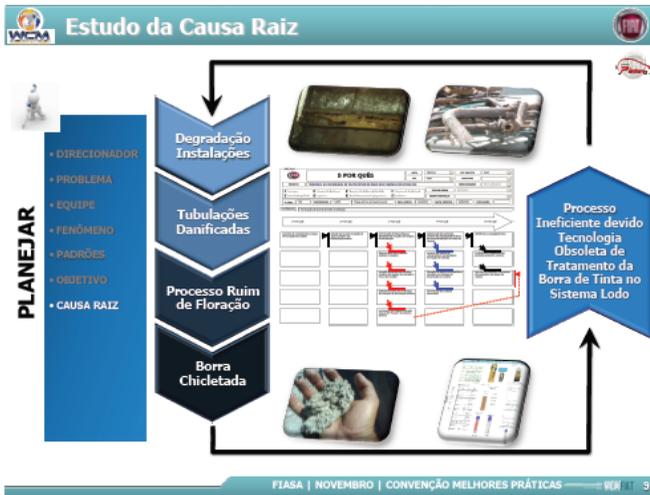
Tanques

- Filtros tela
- Bombas
- Raspador mecânico
- Transportador de borra
- Agitadores

Sistema Decantação

- Bombas
- Tubulações
- Reg. Pressão
- Válvulas

FIASA | NOVEMBRO | CONVENÇÃO MELHORES PRÁTICAS | 6



Implementação das Ações – ANOVA

DESENVOLVER

• AÇÕES (ANOVA)

Implementação das Ações



DESENVOLVER

• AÇÕES

- Adoção de Novos Produtos para Controle do Tratamento
- Ajuste de pH dos Tanques para Evitar Corrosão Acelerada das Estruturas Metálicas
- Adoção de Agente Biocida de Amplo Aspecto para Controle da População Microbiológica

PRODUTO	APLICAÇÃO	OPERAÇÃO	PONTO DE APLICAÇÃO
KURISTUCK B-100	0,35% over spray	Dosagem automática	Água de retorno para cabines
KURITA BC-100	Controle de pH	Dosagem automática	Tanque de flotação
KURIZET A-651	Controle Microbiológico	Dosagem automática	Tanque de flotação
KURIFIX LC-109	Ajuste de flotação 0,045% over spray	Dosagem automática	Calha de retorno da cabine

FIASA | NOVEMBRO | CONVENÇÃO MELHORES PRÁTICAS 16

Antes e Depois



CHECAR

• CONTROLES (semáforos)
• ANTES X DEPOIS

Decantação



Borra de tinta não decanta corretamente formando um líquido irregular na superfície do tanque e decantando no fundo dos tanques



Decantação correta da borra na superfície do tanque

Densidade



Borra com baixa densidade, formação de espuma, e má decantação/floculação



Boa densidade, correta decantação/floculação após utilização dos produtos químicos testados

FIASA | NOVEMBRO | CONVENÇÃO MELHORES PRÁTICAS 18

Antes e Depois



CHECAR

- CONTROLES (exemplos)
- ANTES X DEPOIS

Corrosão

Taxa de corrosão = 11 mpy
(obtenção elevada de deterioração)
Corrosão severa das estruturas das caixas e tanques de decantação

Taxa de corrosão < 5 mpy
(obtenção controlada)
Aumento da vida útil das estruturas
Baixos dos custos e tempo de decantação

Turbidez

Água dos tanques de decantação com elevada turbidez

Após tratamento obtém-se uma boa turbidez = 100 NTU

Garantia dos Resultados



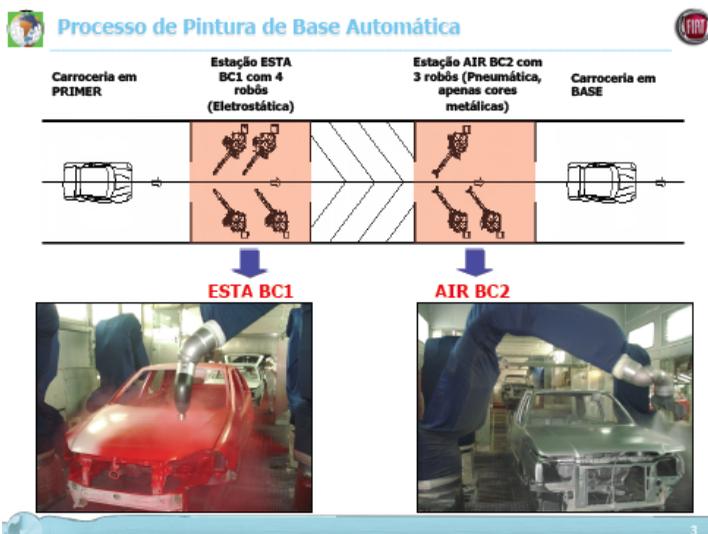
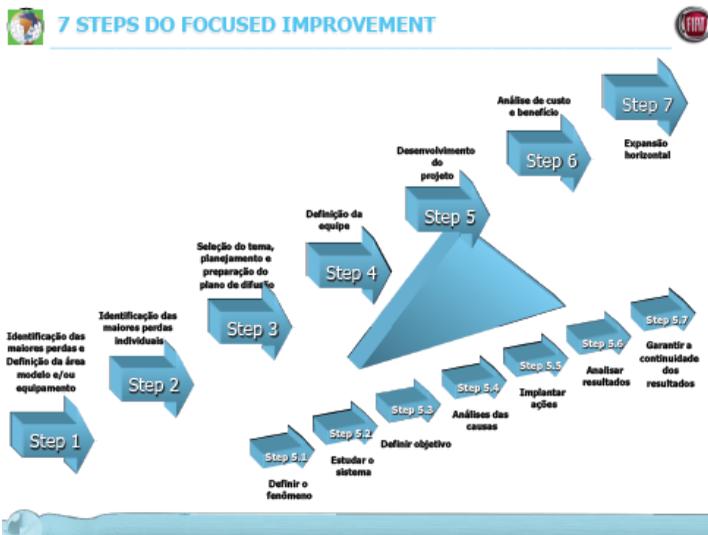
AGIR

- RESULTADOS
- S/C
- EFICIÊNCIA
- EXPANSÃO

PARÂMETROS	OBJETIVO	REALIZADO
pH	7,5 - 8,2	7,7
ALCALINIDADE TOTAL	< 300 ppm CaCO ₃	171 ppm CaCO ₃
QTD DE BORRA RETIRADA	> 1,2 Kg/m ³	1,25 Kg/m ³
TAXA CORROSÃO	< 6,0 mpy	5 mpy
TURBIDEZ	< 200 NTU	80 NTU
CONTROLE BACTERIOLÓGICO	< 10.000 col/mL	8.000 col/mL
FERRO TOTAL	< 5,0 ppm Fe	1,8 ppm Fe



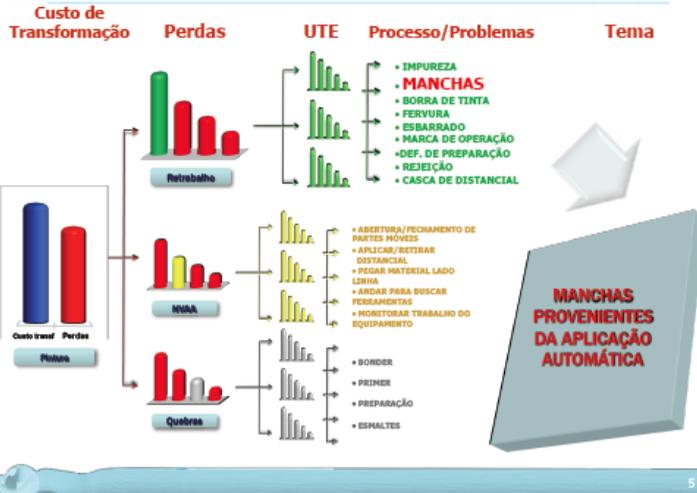
ANEXO E – PROJETO – REDUÇÃO DO CONSUMO DE TINTA





Estratificação das perdas individuais e seleção do tema

2-3

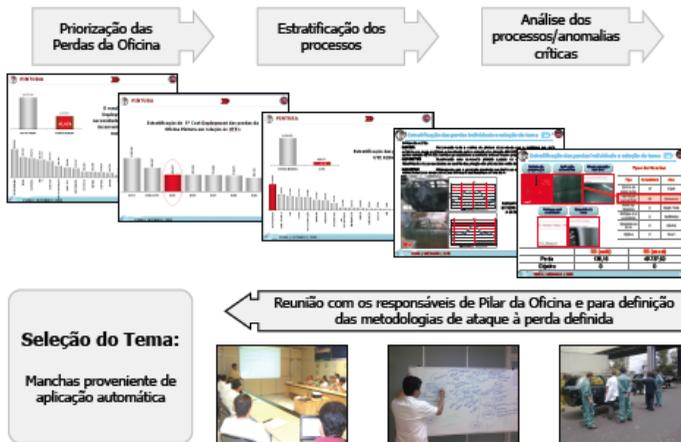


5



Seleção do tema

3

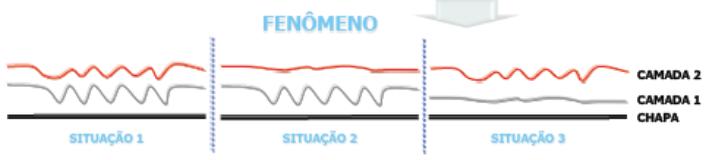
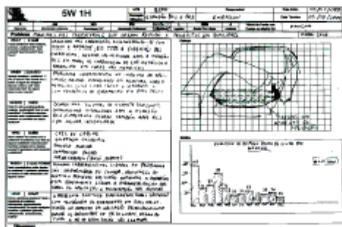


7

Definição do fenômeno

5.1

PROBLEMA

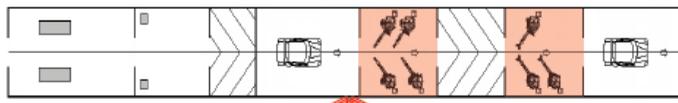


Manchas provocadas no momento da aplicação automática (camada irregular)

8

Estudo do sistema

5.2



Restauração do sistema

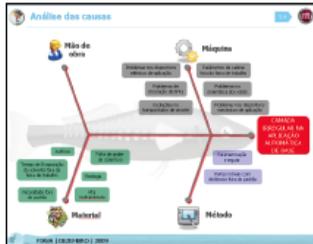


10



Implementação das ações

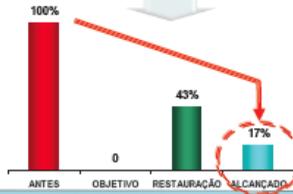
5.5



5 POR QUÊ AVANÇADO

Item	Descrição	Responsável	Prévio	Atual	Objetivo	Atualizado	Observações
1
2
3
4
5

DOE



13



Análise do processo (estudo de todo o sistema)

DOE

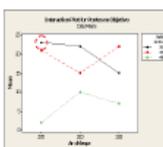
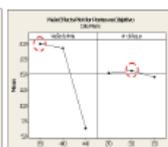
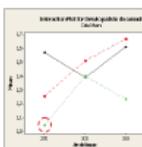
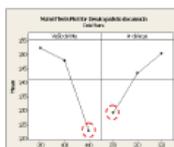


15



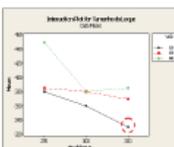
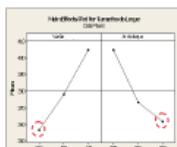
Gráfico de efeitos principais e interações – Conclusão

DOE



Analisando os Principais efeitos de cada fator (Densidade de tinta e Ar de leque) no teste de saída (Densidade) podemos dizer que a velocidade de saída de tinta é maior para a velocidade de saída de tinta menor (440 cm³) e a velocidade de saída de tinta é maior para a velocidade de saída de tinta maior (800 cm³).

Analisando os Principais efeitos de cada fator (Densidade de tinta e Ar de leque) no teste de saída (Densidade) podemos dizer que a velocidade de saída de tinta é maior para a velocidade de saída de tinta menor (440 cm³) e a velocidade de saída de tinta é maior para a velocidade de saída de tinta maior (800 cm³).



Analisando os Principais efeitos de cada fator (Densidade de tinta e Ar de leque) no teste de saída (Densidade) podemos dizer que a velocidade de saída de tinta é maior para a velocidade de saída de tinta menor (440 cm³) e a velocidade de saída de tinta é maior para a velocidade de saída de tinta maior (800 cm³).

BC1

- VAZÃO DE TINTA = 440 cm³
- AR DE LEQUE = 270 NL/min

BC2

- VAZÃO DE TINTA = 800 cm³
- AR DE LEQUE = 160 NL/min



Implementação das ações

5.5



Lista de itens:

Nome: []

Quantidade: []

Unidade: []

Descrição: []

Valor: []

Observações: []

DURA

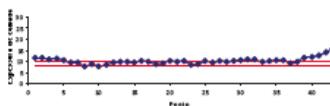
DURA

DURA

DURA

Impostados os valores de parâmetros nos robôs

Gráfico de uniformidade de camada Chapa 0 Cinza Cromo (Parâmetros V=400 AL=230)





Análise de Custo e Benefício

6


 $B/C=6,64$

R\$ 7.481,49

(Custo para mão, transporte, MA e obra especializada (verificar) etc...)



CUSTO

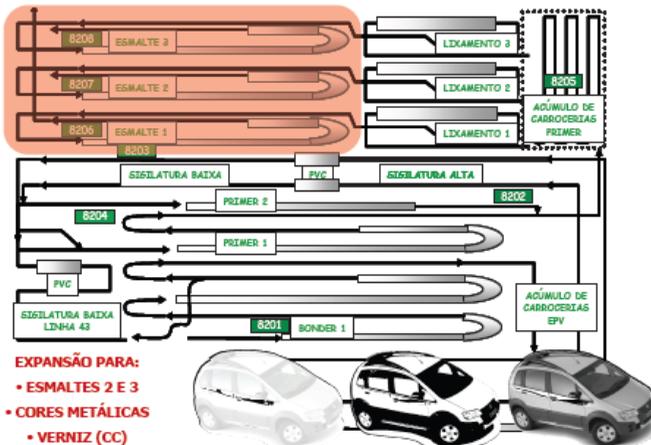
BENEFÍCIO

23



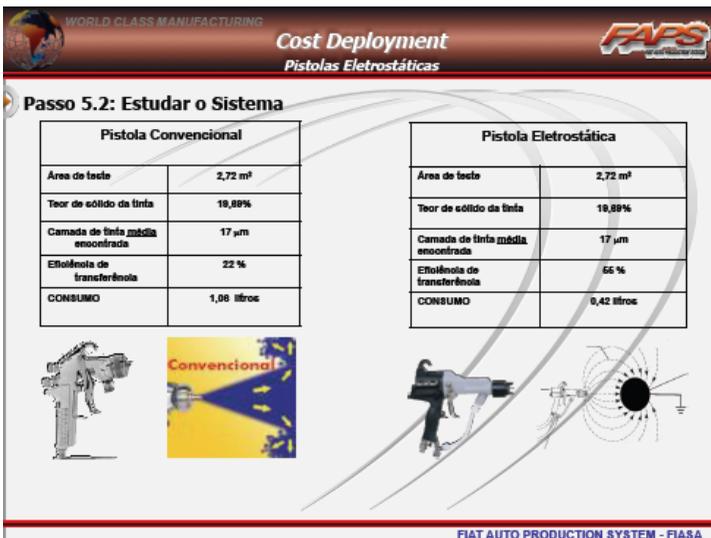
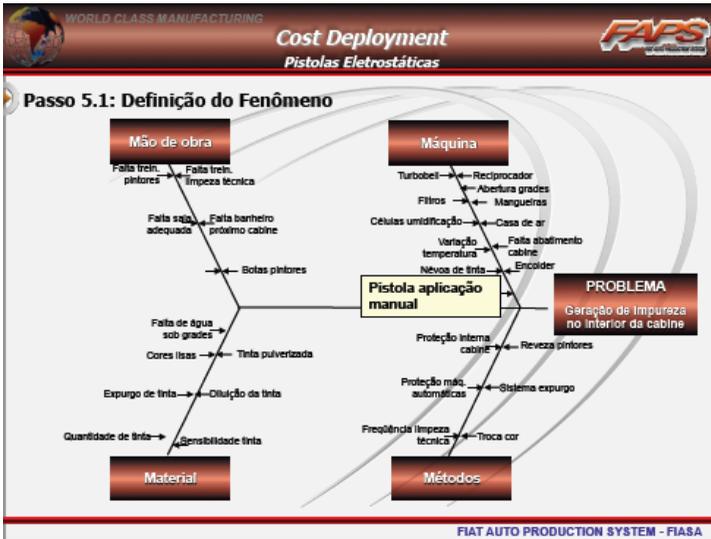
Expansão horizontal

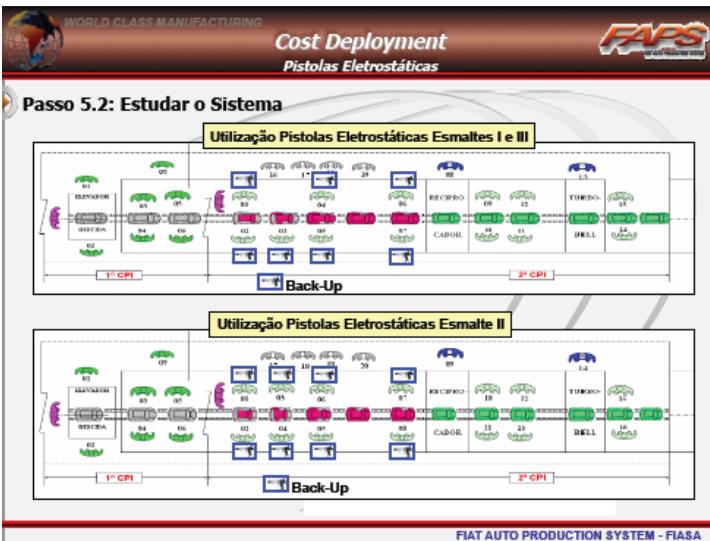
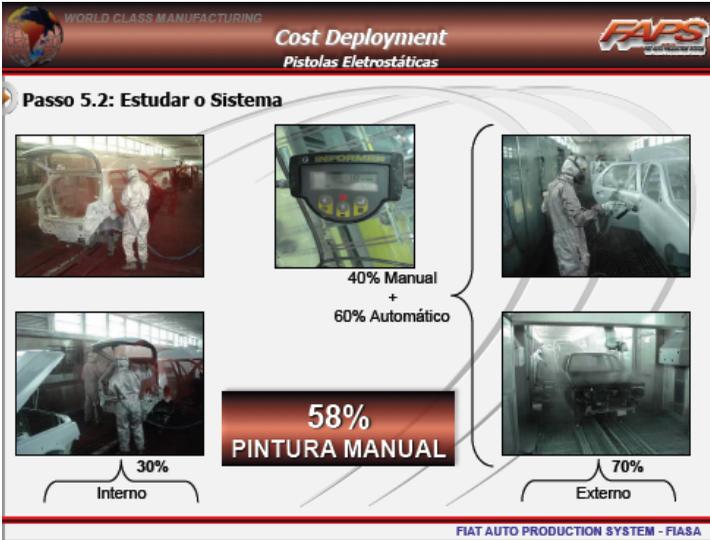
7



24

ANEXO F – PROJETO – REDUÇÃO DOS ÍNDICES DE VOC





WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

FAPS

Passo 5.4: Análise das causas

Impregnação de tinta na estrutura interna das cabines pelo pulverizado das pistolas

FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

FAPS

Passo 5.5: Definir e implantar ações

SPRAYTEC
GRACO
Liquid Control Seven-6

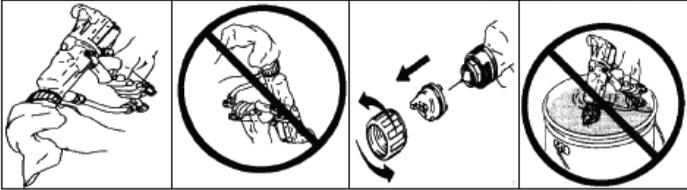
FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

FAPS

Passo 5.5: Definir e implantar ações

FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

FAPS

Passo 5.5: Definir e implantar ações



INICIO DE MONTAGEM		Qualificação	
Data: _____		Assinatura: _____	
<input checked="" type="checkbox"/>	Montagem Limpeza	<input type="checkbox"/>	Controle Corrente
<input checked="" type="checkbox"/>	Configuração do Modo	<input type="checkbox"/>	Qual. Processo Montagem
<input type="checkbox"/>	Teste Final do Cabo	<input type="checkbox"/>	Qual. Processo Montagem
<input checked="" type="checkbox"/>	Qual. Cabo de Montagem	<input type="checkbox"/>	Controle de Qualidade - Cliente
<input type="checkbox"/>	Qual. Cabo de Fiação	<input type="checkbox"/>	Assinatura Capacitor
<input checked="" type="checkbox"/>	Qual. Cabo de Fiação	<input checked="" type="checkbox"/>	Lubrificação Tópicos e Fios

INSTRUMENTO: _____

REVISÃO: _____

ESPECIFICAÇÃO: _____

FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

FAPS

Passo 5.6: Avaliar resultados - Custos



Consumo de tinta na aplicação do interno das portas laterais

Tipo de Aplicação	Consumo (ml)
CONVENCIONAL	524
ELETROSTÁTICA	310

41%



FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

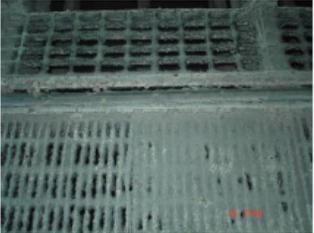
FAPS

Passo 5.6: Avaliar resultados – Meio Ambiente



Convencional

Eletrostática



Após 03 dias de trabalho



Após 03 dias de trabalho

FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

WORLD CLASS MANUFACTURING

Cost Deployment
Pistolas Eletrostáticas

FAPS

Passo 5.7: Garantir a continuidade dos resultados alcançados

Aquisição de equipamentos necessários para manter o processo sob controle

FIAT AUTO PRODUCTION SYSTEM - FIASA

