

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Recomendações para um Sistema de Qualidade para uma Empresa Ambiental

Autor: Sérgio Augusto Lucke
Orientador: Prof. Dr. Ettore Bresciani Filho

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
2003

Recomendações para um Sistema de Qualidade para uma Empresa Ambiental

Autor: Sérgio Augusto Lucke
Orientador: Prof. Dr. Ettore Bresciani Filho

Curso: Engenharia Mecânica – Mestrado Profissional
Área de Concentração: Gestão da Qualidade Total

Trabalho Final de Mestrado Profissional apresentado à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica / Gestão da Qualidade Total.

Campinas, 2003
S.P. - Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

L963r Lucke, Sérgio Augusto
 Recomendações para um sistema de qualidade para
 uma empresa ambiental / Sérgio Augusto Lucke.--
 Campinas, SP: [s.n.], 2003.

 Orientador: Ettore Bresciani Filho.
 Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
 Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia
 Mecânica.

 1. Lixo. 2. Gestão da Qualidade Total. 3. Controle
 de processo. I. Bresciani Filho, Ettore. II. Universidade
 Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
 Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
2003**

Trabalho Final de Mestrado Profissional

**Recomendações para um Sistema de Qualidade
para uma Empresa Ambiental**

Autor: Sérgio Augusto Lucke
Orientador: Prof. Dr. Ettore Bresciani Filho



**Prof. Dr. Ettore Bresciani Filho, Presidente
Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP**



**Prof. Dr. Sérgio Tonini Button
Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP**



**Prof. Dr. Milton Mori
Faculdade de Engenharia Química - UNICAMP**

Campinas, 04 de Fevereiro de 2004

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus queridos filhos Thaís, André, Bruno e Eduardo.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas, às quais presto minha homenagem:

Aos meus pais, pelo incentivo à melhoria contínua em todos os aspectos de vida.

Aos meus filhos queridos, pelo apoio e por tantas horas que não mais voltarão.

Ao meu orientador, Dr. Ettore Bresciani Filho, que me permitiu compartilhar sua imensa visão e sua inquietude intelectual, tornando essa jornada mais interessante e desafiadora.

Ao Dr. Horst Hardtke, pelo acesso ao novo processo e pelo apoio permanente.

Aos professores doutores Arnaldo Walter, Eugênio Zoqui, Sérgio Button e Waldir Bizzo, da FEM Unicamp, pelas contribuições em aspectos importantes da dissertação.

Ao amigo Prof. Francisco Tomaz Horta Verri, pelo incentivo à atividade acadêmica.

Ao amigo Prof. Antonio Sérgio Cella, pela colaboração e permanente incentivo.

Aos engenheiros Renato Bresciani e Walter Longhi Junior, pela colaboração em pontos importantes do trabalho.

Aos amigos, colegas e professores, pelas inúmeras demonstrações de incentivo.

*O mundo tem o suficiente para a necessidade de cada um,
mas não o suficiente para a ganância de cada um.*

Gandhi

Resumo

LUCKE, Sérgio Augusto, *Recomendações para um Sistema de Qualidade para uma Empresa Ambiental*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003, 267 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

Neste trabalho procurou-se desenvolver uma avaliação dos problemas do tratamento do lixo doméstico fresco, dos processos industriais adotados e de seus controles, em uma determinada empresa ambiental. Pretende tratar da aplicação de sistemas da qualidade aos processos de uma empresa ambiental, com especial ênfase na apresentação de um conjunto de recomendações que possa ser aplicado na formulação de uma proposta de um modelo para a qualidade, gerando vantagens competitivas a partir de melhoria contínua dos níveis de qualidade e produtividade dos processos. Mostra-se que, esgotadas as alternativas conhecidas de tratamento, sem resolução satisfatória do problema ambiental, torna-se necessário processar o lixo, adotando processos que permitam destinações e aproveitamentos diferenciados aos seus diferentes componentes. Sob o aspecto técnico, essa condição exige da empresa uma série de controles e também que atenda requisitos de controle ambientais. Como organização privada, que depende essencialmente do resultado positivo de suas atividades para garantir sua sobrevivência no mercado, a empresa deve buscar a melhoria contínua de seus desempenhos operacionais e financeiros. Busca-se demonstrar que isso pode ser alcançado por meio de seus mecanismos de qualidade, em que a aplicação dos princípios da gestão da qualidade total, das normas ISO 9000:2000 e ISO 14000 e de bons critérios operacionais leva à melhoria dos resultados através da melhoria contínua dos processos.

Palavras Chave

Empresa Ambiental, Tratamento de Lixo, Lixo Doméstico Fresco, Sistema da Qualidade, Controle de Processo.

Abstract

LUCKE, Sérgio Augusto, *Recommendations to a Quality System of an Environmental Plant*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003, 267 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional.

This investigation describes an evaluation of the problems related to fresh domestic waste processing, to present industrial processes of waste treatment and their controls in a given environmental plant. It addresses the application of quality systems to the processes of an environmental plant with special focus on the shaping of a set of recommendations, which can be used to generate competitive advantages based on the continuous improvement of quality levels and process efficiency. Considering the exhaustiveness of known alternatives in this area without a satisfactory resolution of the environmental problems, it has now become necessary to treat waste through processes, which allow differentiated destinations and recoveries of its several components. From the technical point of view this condition demands a series of controls in the plant and a simultaneous compliance with environmental control requirements. As a private enterprise, which depends essentially upon the positive result of its activities so as to ensure its survival in the market, the company must strive for continuous improvement of its operational and financial performances. This can be achieved through its quality systems, when the application of total quality management principles, ISO 9000:2000 and ISO 14000 standards and good operational criteria leads to the improvement of results through the continuous improvement of processes.

Key Words

Environmental Plant, Waste Treatment, Fresh Domestic Waste, Quality System, Process Control.

Índice

Lista de figuras	v
Lista de gráficos	vii
Lista de quadros	viii
Lista de tabelas	ix
Nomenclatura	x
Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1 Considerações iniciais	1
1.2 Visão geral.....	2
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Justificativas	8
1.5 Método de pesquisa	11
1.6 Organização da dissertação	12
Capítulo 2. Características da empresa ambiental.....	14
2.1 Natureza ambiental da empresa.....	14
2.2 Problema do lixo.....	30
2.3 Soluções possíveis	31
2.3.1 Não gerar lixo	31
2.3.2 Gerar somente lixo orgânico.....	36
2.3.3 Gerar pouco lixo	39
2.3.4 Reciclagem.....	41
2.3.5 Esconder o lixo	44
2.3.5.1 Descarte em áreas isoladas.....	45
2.3.5.2 Aterros sanitários abertos.....	47
2.3.5.3 Aterros sanitários fechados	48

2.3.5.4 Incineradores.....	48
2.3.6 Processar o lixo.....	49
2.4 Revisão dos processos utilizados.....	53
2.4.1 Não gerar lixo	54
2.4.2 Gerar somente lixo orgânico.....	56
2.4.3 Gerar pouco lixo	58
2.4.4 Reciclagem.....	60
2.4.5 Esconder o lixo	63
2.4.5.1 Descarte em áreas isoladas.....	63
2.4.5.2 Aterros sanitários abertos.....	64
2.4.5.3 Aterros sanitários fechados	65
2.4.5.4 Incineradores.....	66
2.4.6 Processar o lixo.....	71
2.5 Processo em estudo.....	79
Capítulo 3. Processo industrial proposto para lixo.....	81
3.1 Processo industrial.....	81
3.2 Análise do processo.....	85
3.2.1 Alimentação.....	85
3.2.2 Abertura de sacos plásticos.....	86
3.2.3 Separação.....	86
3.2.4 Redução dimensional (etapa 1).....	88
3.2.5 Secagem.....	88
3.2.6 Tratamento de água.....	88
3.2.7 Redução dimensional (Etapas 2 e 3).....	89
3.2.8 Alternativas de aproveitamento do lixo.....	89
3.2.9 Unidade de geração de energia – alimentação.....	90
3.2.10 Preparação.....	90
3.2.11 Dosagem	90
3.2.12 Caldeira.....	90
3.2.13 Turbina.....	91
3.2.14 Gerador de energia.....	92

3.2.15	Transformação de tensão	92
3.2.16	Rede elétrica	92
3.3	Parâmetros do processo	93
3.3.1	Parâmetros de composição	93
3.3.2	Capacidades nominais médias	94
3.4	Requisitos de controle	94
3.4.1	Controles de processo	95
3.4.1.1	Controles individuais de operação de cada equipamento	95
3.4.1.2	Controle de resultados de desempenho de equipamentos	96
3.4.1.3	Controle de resultados finais de cada instalação.....	97
3.4.2	Controle de emissões	98
Capítulo 4.	Sistema da Qualidade	100
4.1	Fundamentos do Sistema da Qualidade.....	100
4.2	Norma ISO 14000.....	108
4.3	Norma ISO 9000:2000	116
4.4	TQM Gestão da Qualidade Total	123
4.5	SGA Sistema de Gestão Ambiental.....	127
4.5.1	Etapas do Sistema de Gestão Ambiental (SGA).....	130
4.5.2	O Selo Verde (Rotulagem Ambiental)	134
4.5.3	Vantagens do Sistema de Gestão Ambiental (SGA)	137
4.5.4	Enfoque Sistêmico	138
4.6	TQEM Gestão Ambiental da Qualidade Total	143
4.7	Ciclo PDCA de melhoria contínua	156
4.8	Controles operacionais	165
Capítulo 5.	Recomendações para um Sistema de Qualidade do processo industrial	192
5.1	Sistemógrafo operacional	192
5.2	Processadores	204
5.2.1	Considerações sobre a unidade	204
5.2.2	Considerações sobre o sistema do processo produtivo.....	205
5.3	Recomendações	231
Capítulo 6.	Conclusões e propostas de novos trabalhos.....	248

6.1 Conclusões.....	248
6.2 Propostas de novos trabalhos.....	256
Referências bibliográficas	258

Lista de figuras

FIGURA 1. A destinação do lixo doméstico na cidade de São Paulo	38
FIGURA 2. Alguns símbolos utilizados em reciclagem	43
FIGURA 3. Afunilamento da disponibilidade de recursos naturais	53
FIGURA 4. Processo básico de geração de resíduos	54
FIGURA 5. Processo da vida orgânica do Homem	54
FIGURA 6. Processo da manutenção da vida do Homem	55
FIGURA 7. Geração de resíduos orgânicos e não-orgânicos	56
FIGURA 8. Processo de compostagem de lixo orgânico	58
FIGURA 9. Melhoria contínua do processo e redução dos resíduos	60
FIGURA 10. Separação dos resíduos em materiais para reciclagem	62
FIGURA 11. Da geração do lixo à separação para reciclagem	62
FIGURA 12. Descarte em áreas isoladas	64
FIGURA 13. Descarte em aterro sanitário aberto	65
FIGURA 14. Descarte em aterro sanitário fechado	65
FIGURA 15. Incineração de lixo	68
FIGURA 16. Grupos principais de separação do lixo.....	75
FIGURA 17. Destinações possíveis aos grupos separados do lixo.....	76
FIGURA 18. Limitantes dos processos de destinação do lixo	78
FIGURA 19. Entradas e saídas do processo básico	81
FIGURA 20. Diagrama geral: entradas e saídas do processo selecionado	83
FIGURA 21. Fluxo geral de processo (entradas e saídas)	84
FIGURA 22. Etapas do processo completo	85
FIGURA 23. Geração de vapor para acionamento de turbina	91
FIGURA 24. Estruturação básica para um sistema da qualidade	108

FIGURA 25. Família de normas ISO 14000.....	111
FIGURA 26. Modelo de um sistema de gestão de qualidade baseado em processo.....	119
FIGURA 27. Espiral de melhoria da qualidade e produtividade pelo ciclo PDCA	158
FIGURA 28. Ciclos PDCA de Shewhart/Deming e Ishikawa	158
FIGURA 29. Determinação de metas	160
FIGURA 30. Ciclo SDCA para gerenciamento de manutenção	161
FIGURA 31. Ciclo PDCA para gerenciamento de melhoria	162
FIGURA 32. Relacionamento PDCA/SDCA e processo de melhoria contínua	163
FIGURA 33. Integração das ferramentas	164
FIGURA 34. Conexões entre os sistemas de um processador	195
FIGURA 35. Processador com nível de complexidade 1.....	196
FIGURA 36. Processador com nível de complexidade 2.....	196
FIGURA 37. Processador com nível de complexidade 3.....	197
FIGURA 38. Processador com nível de complexidade 4.....	197
FIGURA 39. Processador com nível de complexidade 5.....	198
FIGURA 40. Processador com nível de complexidade 6.....	198
FIGURA 41. Processador com nível de complexidade 7.....	199
FIGURA 42. Processador com nível de complexidade 8.....	199
FIGURA 43. Processador com nível de complexidade 9.....	200
FIGURA 44. A instalação como processador	204
FIGURA 45. Sistemógrafo geral do Sistema Produtivo	205
FIGURA 46. Sistemógrafo operacional do sistema do processo produtivo	221
FIGURA 47. Sistemógrafo informacional do sistema do processo produtivo.....	222
FIGURA 48. Sistemógrafo decisional do sistema do processo produtivo.....	223
FIGURA 49. Conexão decisional com Ambiente e Cliente Externo.....	224

Lista de gráficos

GRÁFICO 1. Destinação do lixo em países avançados e São Paulo	33
GRÁFICO 2. Incineração x renda per capita	33
GRÁFICO 3. Deposição em aterros x renda per capita	34
GRÁFICO 4. Compostagem x renda per capita	34
GRÁFICO 5. Reciclagem x renda per capita	35
GRÁFICO 6. O crescimento da geração de lixo com a urbanização	40
GRÁFICO 7. Previsão de crescimento da população humana na Terra	41

Lista de quadros

QUADRO 1. Critério para compensação ambiental	25
QUADRO 2. Legislação federal / estadual para licenciamento ambiental	27
QUADRO 3. Potencial de reciclagem de componentes do lixo	42
QUADRO 4. Seqüência de atividades para reciclagem de materiais	61
QUADRO 5. Influência da densidade populacional e do nível de renda no lixo	74
QUADRO 6. Tipos de controle associados às etapas do processo	99
QUADRO 7. Normas ISO 14000 e suas certificações	112
QUADRO 8. Requisitos documentais segundo ISO 9000	118
QUADRO 9. Ciclo PDCA: melhoria dos processos	125
QUADRO 10. Movimentos da Qualidade nos anos 50 e 90.....	147
QUADRO 11. Recomendações para construção de sistemógrafos.....	202
QUADRO 12. Etapas de desenvolvimento de estudo de sistemas industriais.....	203
QUADRO 13. Características dos processadores	219
QUADRO 14. Características dos processadores após a racionalização	229
QUADRO 15. ISO 9000 – Requisitos documentais e de sistema.....	235

Lista de tabelas

TABELA 1. Tipos de destinação do lixo em países mais avançados	32
TABELA 2. Tipos de destinação do lixo na cidade de São Paulo	32
TABELA 3. Tempo médio de decomposição ao tempo	46
TABELA 4 - Parâmetros básicos de entrada para operação contínua	93
TABELA 5. Parâmetros de composição padrão médio (% em peso)	93
TABELA 6. Capacidades nominais em t/dia (t/hora)	94

Nomenclatura

Abreviações

CH ₂	Hidrocarboneto
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
HCl	Ácido clorídrico
HF	Ácido fluorídrico
Hg(O)	Óxido de mercúrio
NIMBY	Not In My Backyard! (não no meu quintal!)
N ₂ O ₃	Trióxido de dinitrogênio
N ₂ O ₄	Tetróxido de dinitrogênio
NO	Óxido de nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO _x	Óxidos de nitrogênio
O ₃	Ozônio
PCDD	Dioxina
PCDF	Furano
SO ₂	Dióxido de enxofre
SO ₃	Trióxido de enxofre
SO _x	Óxidos de enxofre

Siglas

5W1H	Método sucinto de abordagem de problemas
A	Ambiente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Área de Preservação Permanente
BS	British Standard
BSI	British Standard Institution
BVQI	Bureau Veritas Quality International
CAT	Coordenador da Administração Tributária
CB	Comitê Brasileiro (Grupo de Estudo da ABNT)
CE	Cliente Externo
CED	Centro das Ciências da Educação
CEP	Controle Estatístico de Processo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRN	Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e Proteção de Recursos Naturais
CWQC	Company Wide Quality Control
D	Decisional
DAIA	Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DOE	Diário Oficial do Estado
DUSM	Departamento de Uso do Solo Metropolitano
E	Espaço
ECO 92	United Nations Conference on Environment and Development 1992
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
F	Forma
FE	Fornecedor Externo
GEMI	Global Environmental Management Initiative
GIRS	Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
HAZOP	Hazard and Operability
I	Informacional
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAEA	International Atomic Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
ITZ AG.	Empresa ITZ AG. <i>Ingenieur Team Zürich</i>
LI	Licença de Instalação
LP	Licença Prévia
LO	Licença de Operação
MCE	Memorial de Caracterização do Empreendimento
O	Operacional
OEMA	Órgão Estadual de Meio Ambiente
OMMA	Órgão Municipal de Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização Não Governamental
PAE	Plano de Aproveitamento Econômico
PDCA	Plan Do Check Act (Ciclo de Melhoria Contínua - Ishikawa)
PDSA	Plan Do Study Act (Ciclo de Melhoria Contínua – Shewhart/Deming)
PET	Polietileno Tereftalato (plástico)
P	Processador
pH	indicador de acidez/basicidade
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PVC	Policloreto de Vinila (plástico)
RBRC	Rechargeable Battery Recycling Corporation
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPVC	Policloreto de Vinila Rígido (plástico)
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SDCA	Study Do Check Act (Ciclo de Padronização)
SEBRAE	Serviço de Apoio à Micro e Pequena Empresa
SD	Sistema Decisional
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SI	Sistema Informacional
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SO	Sistema Operacional
T	Tempo
TC	Technical Committee (Grupo de Estudo da ISO)
TNS	The Natural Step Foundation
TQC	Total Quality Control
TQS	Total Quality System
TQEM	Total Quality Environmental Management
TQES	Total Quality Environmental System
TQM	Total Quality Management
UNICEF	United Nation's Children Fund
USP	Universidade de São Paulo

Unidades

%	por cento
°C	grau Celsius
°F	grau Fahrenheit
dB	decibel
Hz	Hertz
kg	quilo
kJ/kg	quiloJoule por quilograma
km	quilômetro
kW	quilowatt
kWh	quilowatt.hora
kWh/t	quilowatt.hora por tonelada
MW	megawatt
mg/Nm ³	miligrama por N metro cúbico
ppm	parte por milhão
t	tonelada
t/dia	tonelada por dia

Capítulo 1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

Considerando os cenários experimentados pelo Brasil e pelo mundo nos últimos trinta anos, verifica-se que esse período representou tempos de grandes transformações na sociedade e que assinalou o início de um processo ainda maior de transformações simultâneas, cuja evolução é de difícil previsão.

A variedade e a velocidade de ocorrência das transformações estão sofrendo aumentos progressivos e a incidência das mudanças passou a exigir das organizações, com frequência e intensidade cada vez maiores, conhecimentos e desempenhos avançados para a sua sobrevivência. O novo ambiente de negócios requer das organizações um modelo de gestão que confira eficácia e alta eficiência a suas operações. Isso inclui as empresas ambientais.

As empresas ambientais, geradas pela necessidade de minimizar e, tanto quanto possível, neutralizar o impacto decorrente da presença do Homem sobre a Terra, com respeito à geração de resíduos (lixos) nas atividades industriais e urbanas, buscam constantemente e intensivamente a melhoria da qualidade e o controle de todos os seus processos e seus desempenhos, para que suas atividades sejam auto-sustentáveis e para que os resultados dessas atividades tenham importância econômica.

Este estudo pretende tratar dos aspectos de sistemas da qualidade aplicados aos processos de uma empresa ambiental, com especial ênfase na apresentação de um conjunto de recomendações que possa ser aplicado a uma proposta de sistema de qualidade e à formulação de um modelo de gestão para a qualidade e para a empresa em geral. Esse conjunto de

recomendações, quando aplicado, tem o propósito de gerar vantagens competitivas internas e externas de forma consistente e constante, a partir de melhoria contínua dos níveis de qualidade e produtividade dos processos, assegurando assim a continuidade dessa empresa no mercado em que atua.

A empresa ambiental adotada como base para este estudo de processo caracteriza-se particularmente pela introdução de nova tecnologia de processos na área industrial nacional, no que se refere ao processamento de lixo doméstico fresco, ou seja, lixo doméstico sem entulho, executado a frio.

1.2 Visão geral

A palavra **lixo**, derivada do termo latim *lix*, significa "cinza". Nos dicionários, ela é definida como sujeira, imundice, coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor. Lixo, na linguagem técnica, é sinônimo de resíduos sólidos e é representado por materiais descartados pelas atividades humanas. Desde os tempos mais remotos até meados do século XVIII, quando surgiram as primeiras indústrias na Europa, o lixo era produzido em pequena quantidade e constituído essencialmente de sobras de alimentos.

A partir da Revolução Industrial, as fábricas começaram a produzir objetos de consumo em larga escala e a introduzir novas embalagens no mercado, aumentando consideravelmente o volume e a diversidade de resíduos gerados nas áreas urbanas. O homem passou a viver então a era dos descartáveis em que a maior parte dos produtos — desde guardanapos de papel e latas de refrigerante, até computadores — é inutilizada e jogada fora com enorme rapidez. Ao mesmo tempo, o crescimento acelerado das metrópoles fez com que as áreas disponíveis para dispor o lixo se tornassem escassas. A sujeira acumulada no ambiente aumentou a poluição do solo, das águas e piorou as condições de saúde das populações em todo o mundo, especialmente nas regiões menos desenvolvidas.

Conforme Calderoni (1999, p. 49), o conceito de lixo pode variar conforme a geografia e o tempo, hoje dependendo também de fatores jurídicos, econômicos, ambientais, sociais e

tecnológicos. A definição do termo lixo difere conforme a situação em que seja aplicada. Seu uso na linguagem corrente, por exemplo, distingue-se de outros conceitos adotados conforme a visão institucional ou a visão econômica.

Em princípio, segundo Calderoni (1999, p. 49), lixo é todo material inútil e designa todo material descartado posto em lugar público. Ou seja, lixo é tudo aquilo que se joga fora. É o objeto ou a substância que se considera inútil ou cuja existência em um dado meio é tida como nociva. Em outro lugar, em outro momento, em outra condição, seria considerado útil e, portanto, não passível da necessidade de ser descartado. Resíduo é a palavra muitas vezes adotada para designar sobra de processo produtivo, geralmente de natureza industrial. É também usada como equivalente a refugo ou rejeito da mesma origem.

Em outras situações a conceituação de resíduo é equivalente à de lixo. Segundo ABNT (1993, apud Calderoni, 1999, p. 50), “*Material desprovido de utilidade pelo seu possuidor*”.

Uma vez que a maior parte do lixo vai hoje para locais de coleta municipal, ele é comumente chamado de resíduo sólido municipal. Dessa maneira, o lixo se move de uma situação em que se encontra sob domínio privado para uma outra, sob domínio da esfera pública, em geral municipal.

O lixo, como produto que o proprietário não deseja mais em um certo lugar e num certo momento e que não tem valor comercial definido ou corrente, é posto para fora de casa e passa por um processo de exclusão. Nesse processo, deve obedecer a certas regras. Não pode ser deixado em qualquer lugar, deve ser acondicionado em sacos e coletores de lixo (desde baldes de plástico até caçambas de aço), havendo horários estabelecidos e combinados para seu recolhimento.

Sua retirada é feita, normalmente, na calçada; também segundo ABNT (1993, apud Calderoni, 1999, p. 50): “*Coleta regular de resíduos domiciliares, formados por resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos ou de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente*”.

As adjacências como vizinhos, terrenos baldios, ruas, calçadas, cursos d'água, praças e logradouros públicos em geral devem ser respeitadas e preservadas. Caso as regras de disposição de lixo não sejam respeitadas e, portanto, a ordem pública deixe de ser seguida, é invocado o poder de polícia para reparar a transgressão e restabelecer o devido cumprimento.

Segundo Calderoni (1999, p. 50), a legislação brasileira estabelece que o lixo doméstico é propriedade da Prefeitura, cumprindo-lhe a missão de assegurar sua coleta e disposição final. No caso de lixo industrial, o transporte e a disposição final do mesmo constituem encargo das respectivas indústrias, ficando sujeitos aos regulamentos e à fiscalização do poder público competente, em sua esfera de atuação.

A maioria das leis orgânicas estabelece como serviço público municipal a administração da coleta, do tratamento e do destino do lixo, em geral proveniente de residências e estabelecimentos públicos e comerciais. Em alguns casos estão incluídos os estabelecimentos industriais.

Assim, do ponto de vista institucional, lixo é tudo aquilo que a Prefeitura e/ou a legislação entende como tal. Os chamados bagulho (eletrodomésticos, móveis, fogões e similares) ou entulho (restos de construções ou obras civis), por exemplo, nem sempre são considerados lixo por distintas Prefeituras ou nem, ao longo do tempo, pela mesma.

Do ponto de vista econômico, resíduo ou lixo é todo material que uma dada sociedade ou agrupamento humano desperdiça. Isso pode ocorrer por diversas razões, como problemas ligados aos meios para se realizar o aproveitamento do material descartado, falta de desenvolvimento de mercados para produtos recicláveis, falta de informação e divulgação adequadas, além das tradicionais inércia e falta de vontade.

Ainda do ponto de vista econômico, o lixo é um produto sem valor. Seu valor de uso e seu valor de troca são nulos para o proprietário ou detentor. Na verdade, o proprietário está disposto a pagar para se ver livre do lixo!

Neste estudo, lixo domiciliar ou lixo doméstico fresco será entendido como todo material, sem bagulho ou entulho, ao qual seu proprietário ou possuidor não mais atribui valor e dele deseja se descartar, atribuindo ao poder público a responsabilidade e os direitos pela sua disposição final. Esse lixo não terá origem industrial ou de obras civis.

O termo reciclagem, quando aplicado a lixo ou a resíduos, designa o reprocessamento de materiais, permitindo novamente sua utilização ou sua nova utilização. Na prática, confere vida nova aos materiais descartados.

Dessa forma, reciclagem se aplica a qualquer produto ou material que tenha sido usado (servido aos propósitos a que se destinava), descartado e separado do lixo, retornando ao processo produtivo e sendo transformado em um novo produto (com características iguais, similares ou mesmo totalmente diferentes das iniciais).

A reciclagem recupera para o mercado materiais que, de outra forma, estariam condenados à disposição final. A conversão em produtos que podem novamente ser utilizados representa uma clara vantagem sobre seu simples descarte.

Deve-se levar em conta que, para o público em geral, o conceito de reciclagem está muitas vezes associado a algum tipo de coleta de materiais recicláveis ou a algum esforço de cooperativismo. Coletas de recicláveis, coletas seletivas, separação de materiais para reciclagem específica, coleta diferenciada para reciclagem e outros termos freqüentemente divulgados através dos meios de comunicação ainda carecem de melhor esclarecimento.

Neste estudo, o termo reciclagem será adotado para indicar, de forma geral, o processo sistemático de transformação de materiais específicos, provenientes do lixo doméstico fresco, em novos produtos. Os materiais em questão serão mencionados oportunamente, na descrição dos processos.

Segundo o critério de origem e produção, o lixo pode ser classificado da seguinte maneira:

- *Doméstico*: gerado basicamente em residências;
- *Comercial*: gerado pelo setor comercial e de serviços;
- *Industrial*: gerado por indústrias (classes I, II e III);
- *Hospitalar*: gerado por hospitais, farmácias, clínicas, etc.;
- *Especial*: podas de jardins, entulhos de construções e animais mortos.

De acordo com a composição química, o lixo pode ser classificado em duas categorias: *orgânico* e *inorgânico*.

Do ponto de vista da periculosidade, o lixo é classificado em três categorias. A *classe I* é a mais perigosa, englobando os materiais que apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente. Nessa classe enquadram-se os materiais inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e causadores de doenças. A *classe II* abrange materiais não inertes, ou seja, inseguros e móveis, tais como materiais combustíveis, biodegradáveis e materiais solúveis na água. A *classe III* engloba os materiais inertes, ou seja, materiais sólidos e insolúveis na água. O lixo deve sempre ser tratado de acordo com sua classe.

Sob o enfoque da destinação do lixo, há duas categorias:

1. *Resíduo descartado sem tratamento*: caso não tenha um tratamento adequado, ele acarretará sérios danos ao meio ambiente:
 - a. *Poluição do solo*: alterando suas características físico-químicas, representará uma séria ameaça à saúde pública, tornando-se ambiente propício ao desenvolvimento de transmissores de doenças, além do visual degradante associado aos depósitos de lixo.
 - b. *Poluição da água*: alterando as características do ambiente aquático, através da percolação do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no lixo, associado com as águas pluviais e nascentes existentes nos locais de descarga dos resíduos.

c. *Poluição do ar*: provocando formação de gases naturais na massa de lixo, pela decomposição dos resíduos com e sem a presença de oxigênio no meio, originando riscos de migração de gás, explosões e até de doenças respiratórias, no caso de contato direto.

2. *Resíduo descartado com tratamento*: a destinação final e o tratamento do lixo podem ser realizados através dos seguintes métodos:

a. *Aterros sanitários* (disposição no solo de resíduos domiciliares);

b. *Reciclagem energética* (incineração de resíduos, com reaproveitamento e transformação da energia gerada);

c. *Reciclagem orgânica* (compostagem da matéria orgânica);

d. *Reciclagem industrial* (reaproveitamento e transformação dos materiais recicláveis).

Se, por um lado, os custos com aterramentos tendem a crescer significativamente com o crescimento populacional das grandes cidades, por outro o problema geral dos resíduos sólidos é crescente e gera progressivo agravamento da crise ambiental, exigindo melhores soluções para o gerenciamento e a disposição dos resíduos sólidos.

1.3 Objetivos

Este trabalho pretende, em um tratamento qualitativo, propor recomendações para um sistema de qualidade a ser aplicado em uma empresa ambiental, a partir da análise de aplicação das normas ISO 9000:2000 e ISO 14000, dos princípios da gestão da qualidade total e de indicações de melhores práticas para controle de equipamentos e processos, com o propósito de criar condições para gerar vantagens competitivas por meio da melhoria constante e consistente dos níveis de qualidade.

Partindo da avaliação dos problemas originados pela geração de lixo pelo Homem, analisam-se os diversos tipos de destinação e tratamento do lixo doméstico fresco, os processos industriais adotados para o tratamento do lixo e os controles desses processos, demonstrando-se que é necessário adotar uma nova postura em relação a esse problema ambiental, implementando processos que permitam destinações e aproveitamentos diferenciados aos seus diferentes componentes, através de uma gestão integrada de resíduos.

Sob o aspecto técnico, essa condição exige da empresa uma série de controles e também que atenda a requisitos de controle ambientais. Como organização privada, que depende essencialmente do resultado positivo de suas atividades para garantir sua sobrevivência no mercado, a empresa deve buscar a melhoria contínua de seus desempenhos operacionais e financeiros. Busca-se demonstrar que isso pode ser alcançado por meio de seus mecanismos de qualidade, em que sua aplicação leva à melhoria dos resultados através da melhoria contínua dos processos.

1.4 Justificativas

O Brasil ainda engatinha no que diz respeito à reciclagem e à recuperação de energia, segundo a USP. Hoje não há, efetivamente, projetos representativos neste aspecto, enquanto a nível mundial ocorre o contrário, com a tendência de aproveitar os resíduos urbanos para a geração de energia. Em vários países podemos encontrar termelétricas movidas por diversos tipos de combustível, inclusive o lixo, com os ciclos de vapor integrados para geração de energia elétrica. Devido à grande disponibilidade de recursos hídricos no país, ocorreu uma natural acomodação no sentido de priorizar as hidrelétricas nos projetos de geração de energia elétrica e canalizar para essa vertente as soluções de demanda da matriz energética nacional. O esgotamento desse modelo, com mega-projetos que demandam mega-investimentos, preferencialmente estatais, exigiu reflexões mais realistas a respeito de modelos descentralizados de geração de energia, colocando as unidades geradoras mais perto das unidades consumidoras, economizando em linhas de transmissão e buscando parcerias com a iniciativa privada para resolver a questão dos investimentos.

O Brasil já deveria considerar a implantação de termelétricas a gás e lixo e, desta forma, buscar o equacionamento simultâneo do tratamento ambientalmente correto do lixo, para atender as exigências do meio ambiente, e dos problemas de energia. O aumento progressivo e implacável dos depósitos de lixo em todo o país e as medidas drásticas de racionamento de energia impostas em 2001, conhecidas como “apagão”, são exemplos de vivência desse fato em escala nacional.

Não é concebível, hoje, um projeto de tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) sem a reciclagem de energia. Em números aproximados, pode-se afirmar que uma tonelada de RSU equivale a 200 kg de carvão ou 250 kg de combustível, 30 t de água quente ou, ainda, 500 kWh de energia elétrica. O calor recuperado pela incineração pode representar cerca de 6 a 7 % da energia consumida pela população que gera o RSU, e a energia recuperada em um sistema de tratamento de RSU geralmente tem sido utilizada para:

- Gerar energia elétrica para uso na planta e para distribuição local (venda);
- Gerar vapor para uso industrial;
- Gerar água quente para o próprio processo e para distribuição a hospitais, piscinas municipais e sistemas de calefação, especialmente em países de clima mais frio;
- Gerar frio, convertido a partir do vapor, para uso em sistemas de condicionamento de ar para indústrias, shopping centers, aeroportos, e outras grandes instalações.

A tecnologia de projeto de incineradores atualmente disponível permite prever a geração de até 0,95 kWh/t processada, sendo que a grande maioria dos sistemas instalados gera de 0,4 a 0,95 kWh/t de capacidade. Evidentemente a geração está diretamente atrelada ao poder calorífico real do RSU processado.

Conforme a USP, a experiência atual indica que a geração de energia elétrica passa a se tornar rentável em instalações com capacidade de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo desta capacidade, a energia é suficiente e normalmente aproveitada apenas para uso interno na própria planta.

As empresas ambientais são criadas pela necessidade crescente de reduzir o impacto decorrente da geração de resíduos (lixos) nas atividades industriais e urbanas. Essas empresas buscam constantemente a melhoria da qualidade e do controle dos seus processos para que, além da redução do impacto no meio ambiente, os resultados de suas atividades tenham importância econômica e permitam a sua sobrevivência.

É importante fazer uma avaliação dos problemas do tratamento do lixo, dos processos industriais adotados para o tratamento do lixo e propor recomendações a respeito da gestão e dos controles desses processos, em uma determinada empresa ambiental. Essas recomendações devem se apoiar nas normas e nos princípios da gestão da qualidade total e em indicações da área de controle de processos.

A empresa ambiental adotada como base para este estudo de caso caracteriza-se particularmente pela introdução de novos processos na área industrial nacional, no que se refere ao processamento de lixo doméstico fresco, ou seja, lixo doméstico sem entulho, com geração de materiais recicláveis, água e massa como subprodutos, cada qual com sua destinação. A mesma tecnologia pode ser utilizada para desmanche de aterros sanitários já formados ou ainda em processo de formação.

Ao mesmo tempo em que busca resolver o problema de destinações problemáticas, como lixões, aterros e processos insuficientes, a empresa viabiliza as opções recomendadas de reutilizar, reciclar e depois recuperar, dentro do espírito da Agenda 21 e da Emissão Zero.

Considerando que se trata de empresa ambiental que necessita operar com enfoque em gestão ambiental, de forma ecológica, com alta produtividade e de forma sustentável, essa conjunção de aspectos justifica esta análise sob o enfoque da qualidade, colaborando para a melhoria de seu desempenho e assegurando, assim, a continuidade dessa empresa no mercado em que atua.

1.5 Método de pesquisa

O método de trabalho é constituído de pesquisa bibliográfica sobre a problemática do lixo, os modernos enfoques da gestão da qualidade total, das normas ISO 9000:2000 e ISO 14000, da gestão de empresas ambientais e indicações do controle de processos e equipamentos.

É também empregado o estudo bibliográfico da técnica de processos, para realizar um tratamento qualitativo que possa ser aplicado a uma determinada empresa ambiental considerada.

O estudo bibliográfico compreende pesquisas em bibliografia básica, publicações, teses em bibliotecas, bancos de dados e sites de internet. É importante destacar que, na literatura pesquisada, não foram encontradas aplicações de sistemas da Qualidade em empresas ambientais, especialmente do ramo de processamento de lixo.

Da mesma forma, somente poucas obras puderam fornecer suporte direto ao estudo do controle de processo, sob o enfoque da gestão de processos. Com raras exceções, a literatura referente ao controle de processos está fortemente dirigida aos enfoques de controle estatístico de processo (produção e administração), algoritmos matemáticos (sistemas de controle de equipamentos – válvulas automáticas, por exemplo) e algoritmos computacionais (controle de sistemas e sistemas inteligentes).

Para tratamento estatístico dos dados apresentados foram utilizados os recursos do software Minitab versão 13.0, especialmente no estudo de possíveis relações entre variáveis de processo, por meio do gráfico de dispersão e da análise de correlação.

Para análise do modelo de gestão foi utilizado o método da sistemografia, estudado e proposto teoricamente por Le Moigne (1990) e desenvolvido por Bresciani (2001), que orientou diversos trabalhos acadêmicos a respeito. Esse método visa o estudo dos sistemas em busca de racionalidade, flexibilidade e agilidade, permitindo analisar os modelos de gestão com apoio na ciência dos sistemas (sistêmica), em função da complexidade dos modelos em estudo.

1.6 Organização da dissertação

O primeiro capítulo deste trabalho – **Introdução** - apresenta a visão geral do assunto, os objetivos, as justificativas e o método como as premissas básicas para o desenvolvimento da dissertação.

O segundo capítulo – **Características da empresa ambiental** - aborda as principais características da empresa ambiental objeto do estudo. É apresentada uma análise dos requisitos legais vigentes no país para a obtenção do licenciamento ambiental por um empreendimento e a forma como a empresa ambiental poderia ser enquadrada nos diversos casos indicados, configurando assim sua natureza ambiental. São descritas a problemática de geração e disposição do lixo e as soluções possíveis tentadas até agora. É apresentada uma análise mais técnica, sob enfoque dos processos envolvidos, na busca de uma gestão integrada dos resíduos sólidos, até a apresentação do processo em estudo como alternativa viável.

O capítulo três – **Processo industrial proposto para lixo** - apresenta uma análise técnica do processo proposto em detalhe, envolvendo a análise de todo o fluxo produtivo, entradas e saídas, parâmetros técnicos para fins de balanceamento de instalações e eficiências e os requisitos de controle indicados para uma planta dessa natureza.

O capítulo quatro – **Sistema de Qualidade** - considera os aspectos de Qualidade envolvidos na gestão de uma organização e que poderiam ser aplicados a este caso específico, englobando o Sistema da Qualidade, a norma ISO 14000, a norma ISO 9000:2000, princípios da Gestão da Qualidade Total (TQM), o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), os princípios da Gestão Ambiental de Qualidade Total (TQEM), o ciclo PDCA de melhoria contínua e os controles operacionais recomendados para os componentes vitais de uma instalação dessa natureza.

O quinto capítulo – **Recomendações para um Sistema de Qualidade do processo industrial** – apresenta os conceitos básicos da sistemografia, descrevendo os tipos de

processadores, suas categorias e seus níveis de complexidade. Neste capítulo são construídos os sistemógrafos do sistema em estudo: um operacional, um informacional e um decisional, e apresentadas as recomendações pertinentes ao processo. É realizada a análise das recomendações propostas e sua formatação em conjunto aplicável à empresa objeto do estudo.

No capítulo seis – **Conclusões e propostas de novos trabalhos** - são enumeradas as conclusões obtidas neste estudo e feita uma proposta de novos estudos.

Capítulo 2 Características da empresa ambiental

2.1 Natureza ambiental da empresa

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como o controle de fatores que atuam sobre o meio ambiente e que exercem, ou podem exercer, efeitos prejudiciais ao bem-estar físico, mental ou social do homem. Dentro dessa definição encaixam-se as atividades de limpeza urbana que englobam, além de outros serviços, a coleta, o tratamento e a destinação final do lixo ou resíduos sólidos. Como serviço prestado ao público, a limpeza urbana deve sua importância basicamente a dois aspectos: relação direta com a saúde do homem através do seu contato com o lixo, diretamente ou de forma indireta, através de vetores transmissores de doenças, como moscas, ratos e baratas, e da contaminação da água e do solo; à possibilidade de provocar danos ao meio ambiente (solo, água e ar) através do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO).

No passado, o lixo era constituído exclusivamente de matéria orgânica. As concentrações humanas eram pequenas e, em consequência, o destino dos resíduos produzidos pelo homem era de fácil solução, sendo comum serem enterrados, prática esta que resolvia dois aspectos: controle de vetores e fertilização do solo. O crescimento populacional e o avanço do processo de industrialização, no sentido de suprir esta demanda, fizeram com que não só houvesse uma maior produção de lixo, mas também que sua composição se modificasse ao longo desse período. Um bom exemplo é o significativo aumento de embalagens, papel, papelão e plásticos detectados nas últimas décadas, representando um verdadeiro desafio para o seu equacionamento, principalmente nos grandes centros urbanos.

Na maioria das cidades, a falta de coleta regular de lixo ou a coleta existente, mas insuficiente, expõem a população ao contato direto com matéria orgânica em decomposição, processo que, no Brasil de clima tropical, ocorre muito rapidamente. A matéria orgânica decomposta constitui excelente meio de proliferação de bactérias patogênicas e de vetores transmissores de doenças.

Se a população não conta com serviços de coleta e remoção adequados, acaba lançando seus resíduos em locais impróprios, como encostas de morros ou canais, valas de drenagem e leitos de rios, o que pode vir a causar sérios problemas de desabamentos, obstruções de córregos e inundações. O mundo tem sido entupido com lixo. Mesmo nos pontos culminantes ou mais distantes e inóspitos da Terra são encontrados resíduos (lixo) em quantidades incompatíveis com os locais e estranhas às suas naturezas.

Diariamente os noticiários demonstram que mesmo lugares distantes tampouco estão a salvo do lixo. Um arquipélago desabitado e fora das rotas de navegação, no Pacífico Sul, despertou indignação de pesquisadores que ali aportaram para pesquisar insetos. Constatou-se um volumoso achado de 953 objetos de vários tipos, incluindo garrafas de vidro, calçados, cabeças de boneca e equipamento de saúde. Outro bom exemplo é o do naufrágio, em Maio de 1990, de um carregamento 80.000 tênis de marca famosa, próximo do Alasca. Foram achados calçados a uma distância de mais de 1.000 km do local do sinistro e os tênis também alcançaram as ilhas do Havaí e o do Japão.

No Brasil, a inexistência de um conceito e de um sistema em escala nacional de limpeza urbana, as crises econômicas que reduzem investimentos públicos e a progressiva desorganização do setor público investem contra o saneamento básico e provocam, na maioria das cidades brasileiras, serviços de limpeza urbana improvisados, remunerados por taxa muito inferior aos seus custos; serviços mal programados e executados com baixa eficiência; baixo rendimento operacional da frota; sistemas de manutenção ineficazes; disposição final do lixo em vazadouros a céu aberto. Isto resulta em deslizamentos, enchentes, desenvolvimento de transmissores de enfermidades, maus odores, poluição do solo, ar e água superficial e subterrânea, além de uma triste paisagem.

O lixo jogado nos córregos provoca enchentes. As grandes cidades, densamente ocupadas e conurbadas, que no Brasil chegam a formar nove regiões metropolitanas, apresentam problemas semelhantes que desconhecem os limites municipais, como áreas escassas ou já inexistentes para a disposição final do lixo; conflitos de uso do solo com a população estabelecida no entorno dos locais ou equipamentos de tratamento e destino final do lixo; "exportação" de lixo a municípios vizinhos, gerando resistências da população; lixões poluindo escassos recursos hídricos.

A busca de soluções que, nestes casos, exigem tecnologias mais sofisticadas e de custos elevados, tem levado as cidades, em alguns casos, a formar consórcios intermunicipais ou tentar estabelecer ou resgatar experiências de uma gestão metropolitana. A informação da população acerca da problemática dos resíduos sólidos e da limpeza urbana, assim como das alternativas de solução, é um ponto crucial para que se iniciem movimentos para um reposicionamento e conseqüente transformação desta difícil realidade.

A educação ambiental, presente cada vez mais, não só nas instituições educacionais como também nos programas de atuação junto à população, tenta atender esta demanda de informação. Através da rede escolar e ao público em geral, diversas cidades têm oferecido palestras, utilizando audiovisuais e vídeos, buscando intensificar uma programação alternativa que propicie a reflexão e dando subsídios para uma atuação junto ao meio ambiente. No entanto, a educação é tarefa árdua, pois requer tempo para a concretização desta nova postura frente aos problemas ambientais.

As esferas de poder público, através dos Departamentos de Limpeza Urbana têm, como principal função, gerenciar os resíduos sólidos que compreendem coleta, tratamento e destinação final como, por exemplo, o lixo doméstico fresco.

Dentro desse escopo, a principal característica da empresa ambiental selecionada para este estudo é proceder ao tratamento do lixo doméstico fresco, após a respectiva coleta, e encaminhar seus diversos componentes para a destinação final.

A empresa deverá realizar essas atividades em forma de uma organização societária de natureza comercial privada, independente de qualquer tipo de dotação orçamentária pública e, portanto, sob total dependência de seus resultados finais.

Seu enquadramento como empresa ambiental, em função de sua localização e sua finalidade, se dá no âmbito da legislação ambiental em vigor no país, que se manifesta em três níveis: federal, estadual e municipal. Para adequar o desenvolvimento econômico à qualidade ambiental e à saúde pública, a legislação brasileira instituiu, entre outros mecanismos, o licenciamento ambiental, necessário a qualquer empresa que pretenda iniciar suas atividades. Devido aos três níveis de competência envolvidos, além dos princípios de federação inerentes à composição do Estado no Brasil, podem ocorrer variações entre estados e entre municípios, entretanto sem desvios dos objetivos da legislação e dos critérios técnicos fundamentais.

No Estado de São Paulo, por exemplo, estão diretamente envolvidos no processo e são responsáveis pelo licenciamento ambiental diversos órgãos governamentais ligados à Secretaria de Meio Ambiente como:

1. CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

O processo de licenciamento junto à CETESB compreende três tipos de licença:

Licença Prévia: o planejamento preliminar de um empreendimento ou atividade dependerá de licença prévia, que deverá conter os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação. Na documentação apresentada, deve ser dada especial atenção aos itens relativos à localização do empreendimento em função da vizinhança, à tecnologia a ser empregada no desenvolvimento da atividade objeto do pedido e aos sistemas de controle de poluição ambiental (ar, água, solo, ruído e vibração) a serem adotados. Entre outros documentos, deve ser apresentada uma Certidão da Prefeitura Municipal Local, emitida pela prefeitura do município, contendo explicitamente a adequação da atividade a ser exercida com as diretrizes de uso do solo, e anuindo com a instalação da empresa no local. Além disso, é exigido também o Memorial de Caracterização do Empreendimento - MCE, que deve ser entregue na versão

definida de acordo com os critérios utilizados pela CETESB. Para melhor clareza no processo, a CETESB se reserva o direito de exigir complementação de informações a qualquer momento da análise documental.

Conforme o Anexo 10 do Regulamento da Lei n. 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual n.8.468 e alterado pelo Decreto 47.397/02, são definidos empreendimentos / atividades que obrigatoriamente dependerão de licenciamento prévio pela CETESB.

Licença de Instalação: permite a instalação de uma determinada fonte de poluição em um local específico, quando esta atende às disposições legais. Por meio da Licença de Instalação, a CETESB analisa a adequação ambiental do empreendimento ao local escolhido pelo empreendedor. Caso haja alguma exigência técnica a ser cumprida antes do início das operações do empreendimento, ela estará especificada na Licença de Instalação. As exigências devem ser cumpridas pelo empreendedor para que ele possa, então, dar seqüência ao processo do Licenciamento Ambiental.

Entre outros documentos, deve ser fornecida a Certidão da Prefeitura Municipal Local, emitida pela prefeitura do município, contendo explicitamente a adequação da atividade a ser exercida com as diretrizes de uso do solo, e anuindo com a instalação da empresa no local. Além disso, é exigido também o Memorial de Caracterização do Empreendimento - MCE, que deve ser entregue na versão definida de acordo com os critérios utilizados pela CETESB. É importante ter em mente que o processo de obtenção da Licença de Instalação visa fornecer à CETESB uma série de informações acerca do empreendimento a ser estabelecido. Essas informações são importantes para que se possa avaliar o possível potencial poluidor e exigir a adequação dos mecanismos de controle às especificações legais e técnicas, cumprindo assim com seu papel na garantia da qualidade ambiental. A CETESB se reserva o direito de exigir complementação de informações a qualquer momento da análise do processo. A solicitação de Licença de Instalação deve ser publicada pela empresa requerente no Diário Oficial do Estado de São Paulo e em um periódico de circulação local.

Segundo o Artigo 58 do Regulamento da Lei n. 997/76, aprovado pelo Decreto n. 8.468/76 e alterado pelo Decreto n.47.397/02, são sujeitas ao Licenciamento Ambiental (Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação) as seguintes atividades / empreendimentos:

1. Construção, reconstrução, ampliação ou reforma de edificação destinada à instalação de fontes de poluição;
2. Instalação de uma fonte de poluição em edificação já construída;
3. Instalação, ampliação ou alteração de uma fonte de poluição.

São consideradas como fontes de poluição os empreendimentos / atividades indicados no Anexo 5 do Regulamento da Lei n. 997/76, aprovado pelo Decreto n. 8.468/76 e alterado pelo Decreto n.47.397/02, que explicita:

- *Fontes de poluição:* Artigo 4 - São consideradas fontes de poluição todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, dispositivos, móveis ou imóveis, ou meios de transportes que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar poluição ao meio ambiente.

- *Poluição:* Artigo 2 - Considera-se poluição do meio-ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo:

I - impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II - inconvenientes ao bem estar público;

III - danosos aos materiais, à fauna e à flora;

V - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Geradores também devem obter Licenciamento junto à CETESB. A CETESB é responsável pelo licenciamento de geradores com potência inferior a 10 MW e que serão instalados em indústrias. Para residência, o licenciamento é feito pela Prefeitura do município. Os geradores com potência superior a 10 MW devem ser licenciados pelo Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental - DAIA, da Secretaria do Meio Ambiente –SMA.

O Licenciamento Prévio pode ser solicitado concomitante ou não à solicitação de Licença de Instalação, dependendo da natureza da atividade / empreendimento. O Anexo 10 do Regulamento da Lei n. 997/76, aprovado pelo Decreto n. 8.468/76 e alterado pelo Decreto n.47.397/02, indica os empreendimentos que serão objeto de Licenciamento Prévio precedente ao Licenciamento de Instalação. As demais atividades terão a licença prévia emitida em concomitância com a Licença de Instalação.

Dependerão de Licenciamento Prévio na CETESB as atividades / empreendimentos que não estejam sujeitas à avaliação de impacto ambiental. Caso as atividades e obras exijam esta avaliação, a LP será emitida apenas no âmbito do DAIA.

Além dos critérios de seleção dos empreendimentos / atividades, na Região Metropolitana do Estado de São Paulo há algumas atividades que não podem ser implantadas e estão previstas pela Lei Estadual n. 1817/78, da mesma forma que a Lei 9.825/97 restringe as atividades industriais nas áreas de drenagem do Rio Piracicaba.

Licença de Operação: deve ser requerida após a obtenção da Licença de Instalação, autorizando a implantação do empreendimento, para que a empresa possa dar início às suas atividades. Pressupõe que a Licença Prévia e a Licença de Instalação tenham sido anteriormente aprovadas e concedidas.

Licenciamento Municipalizado: algumas fontes poluidoras relacionadas pela CETESB poderão submeter-se apenas ao licenciamento ambiental efetuado pelo município, mediante convênio a ser assinado entre a Secretaria do Meio Ambiente e o Município, desde que este tenha implementado o Conselho Municipal de Meio Ambiente, possua em seus quadros ou à sua

disposição profissionais habilitados, e tenha legislação ambiental específica e em vigor. (Anexo 9 do Regulamento da Lei n. 997/76 aprovado pelo Decreto Estadual n.8.468 e alterado pelo Decreto 47.397/02)

Atividades / empreendimentos dispensados de Licenciamento junto à CETESB: tendo em vista a compatibilização entre os códigos de atividades da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1984) utilizado pela CETESB e aqueles da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE, foi emitido o Comunicado CAT nº 07, de 16-02-2001 (DOE, de 19/02/2001) que relaciona as atividades econômicas dispensadas do Licenciamento junto à CETESB, das quais se destacam:

E - Produção e distribuição de eletricidade, gás e água: Todos os códigos são dispensados:

De: 4010-0 - Produção e distribuição de energia elétrica; Até: 4030-4 - Produção e distribuição de vapor e água quente.

O - Outros serviços coletivos, sociais e pessoais: Os seguintes códigos são dispensados:

9000-0 - Limpeza urbana e esgoto e atividades conexas, desde que sejam:

- a) sistemas públicos de tratamento ou de disposição final de resíduos ou materiais sólidos ou líquidos;
- b) atividades que utilizem incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais ou resíduos sólidos, líquidos ou gasosos;
- c) serviços de coleta e disposição final de lodo ou materiais retidos em unidades de tratamento de água, esgotos ou resíduo líquido industrial.

2. DAIA Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental

O Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental - DAIA analisa os estudos ambientais de empreendimentos potencialmente impactantes, sujeitos a licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental, conforme as Resoluções 01/86 e 237/97 do Conselho Nacional do Meio

Ambiente - CONAMA; e os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas- PRAD, apresentado para empreendimentos minerários. O DAIA emite:

- *Parecer Técnico* que subsidia o licenciamento ambiental pela Secretaria do Meio Ambiente -SMA, define o Termo de Referência para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, responde a consultas sobre necessidade de licenciamento ambiental, e define diretrizes para a recuperação de áreas degradadas por atividade minerária;
- *Informação Técnica* que responde consultas feitas pelos órgãos do sistema ou demais interessados.

Como base para a avaliação, a Resolução CONAMA 1/86, de 23 de janeiro de 1986, dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental de forma ampla e objetiva, destacando-se os artigos:

Art. 1º . Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais.

Art. 2º . Dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente [...].

Da tipologia de empreendimentos sujeitos ao Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental, compreendendo Estruturas de lazer e recreação, Habitação, Indústrias e serviços, Saneamento básico, Dutos, Atividade minerária, Transportes, Projetos rurais, destacam-se os seguintes, que mais dizem respeito ao tipo de empreendimento do estudo:

Distritos e Zonas industriais: Complexo industrial - apresentar consulta;

Obras Hidráulicas: Abertura de barras e embocaduras - apresentar consulta;

Energia: Termoelétrica com potência maior ou igual a 10MW; Linhas de transmissão com potência maior que 230 kW;

Sistemas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos: Aterro sanitário, usinas de reciclagem e compostagem com capacidade superior a 25t/dia; Sistemas de tratamento de resíduos sólidos e de saúde – todos; Transbordo de resíduos sólidos, quando se tratar de resíduos industriais, e quando se tratar de resíduos domiciliares com capacidade superior a 25 t/dia.

Os procedimentos para licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental do DAIA, conforme Resolução SMA 42/94, além da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, envolvem documentações específicas, divulgações em jornal de grande circulação e jornal de circulação local, audiências públicas, pareceres técnicos e plano de trabalho específico para o empreendimento.

3. DEPRN Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais

O Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais - DEPRN é o órgão da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, vinculado à Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e Proteção de Recursos Naturais - CPRN, responsável pelo licenciamento das atividades e obras que impliquem na supressão de vegetação nativa, corte de árvores nativas, intervenção em áreas de preservação permanente e manejo da fauna silvestre. Atua principalmente com:

- *Supressão de vegetação nativa:* qualquer atividade que envolva a supressão de vegetação nativa depende de autorização, seja qual for o tipo da vegetação (mata atlântica, floresta estacional, cerrado, floresta mista de araucária, campos naturais, vegetação de restinga, manguezais, e outras), em qualquer estágio de desenvolvimento (inicial, médio, avançado ou clímax). Mesmo um simples bosqueamento (retirada da vegetação do sub-bosque da floresta) ou a exploração florestal sob regime de manejo sustentável, para retirada seletiva de exemplares comerciais (palmito, cipós, xaxim, espécies ornamentais,

espécies medicinais, toras de madeira, etc) não pode ser realizado sem o amparo da licença do DEPRN. A pena varia de 3 (três) meses a 1 (um) ano de detenção e multa de R\$ 1.500,00 (mil e quinhentos reais) por hectare.

- *Intervenção em áreas de preservação permanente*: área de preservação permanente é a área protegida nos termos dos artigos 2º. e 3º. da Lei Federal nº 4.771/65 (alterados pela Lei Federal nº. 7.803/89), coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Qualquer intervenção em área de preservação permanente, sem autorização do DEPRN, é crime ambiental, conforme dispõe a Lei Federal nº 9.605/98, passível de pena de detenção de um a três anos e multa de até R\$ 50.000,00 (cinquenta mil reais) por hectare danificado.

- *Compensação ambiental*: Como forma de compensar o prejuízo causado pela supressão de determinada área coberta com vegetação nativa ou pela intervenção em áreas de preservação permanente ou pelo corte de árvores nativas, o DEPRN exige a reposição de área proporcional, no mesmo local da atividade ou obra licenciada, dentro de critério estabelecido no Quadro 1.

- *Reposição Florestal Obrigatória*: É um processo de plantio obrigatório de árvores de espécies nativas ou exóticas, para atendimento a dois tipos de exigências legais:

a) Para manter o estoque sempre contínuo de matéria-prima florestal das empresas que consomem tais produtos. A reposição florestal é uma exigência descrita nos artigos 20 e 21 da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal), que foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 1.282, de 19 de outubro de 1994. No Estado de São Paulo o assunto é tratado na Resolução Conjunta SMA-IBAMA nº 04, de 26 de abril de 1996 e na Lei Estadual nº 10.780, de 9 de março de 2001. A reposição florestal obrigatória pode ser feita de duas maneiras: através do plantio próprio em terras particulares ou de terceiros, ou através do recolhimento bancário dos valores

correspondentes ao custo de plantio das árvores, diretamente às Associações de Reposição Florestal credenciadas pelo DEPRN. Neste caso, as Associações ficarão responsáveis pela apresentação ao DEPRN dos projetos de plantio das árvores.

QUADRO 1. Critério para compensação ambiental

Tipo da vegetação suprimida	Licenciamento ou regularização de área degradada?	Área da supressão da vegetação	Compensação em área a reflorestar	Compensação através da destinação de área coberta com vegetação, que excede a reserva legal
Vegetação nativa no estágio inicial de regeneração, fora de APP	Licenciamento	10.000 m ²	20.000 m ²	20.000 m ²
	Regularização	10.000 m ²	40.000 m ²	40.000 m ²
Vegetação nativa no estágio inicial de regeneração, dentro de APP	Licenciamento	10.000 m ²	40.000 m ²	40.000 m ²
	Regularização	10.000 m ²	80.000 m ²	80.000 m ²
Vegetação nativa nos estágios médio, avançado e clímax edáfico de regeneração, fora de APP	Licenciamento	10.000 m ²	30.000 m ²	30.000 m ²
	Regularização	10.000 m ²	60.000 m ²	60.000 m ²
Vegetação nativa nos estágios médio, avançado e clímax edáfico de regeneração, dentro de APP	Licenciamento	10.000 m ²	60.000 m ²	60.000 m ²
	Regularização	10.000 m ²	120.000 m ²	120.000 m ²
Intervenção em APP desprovida de vegetação	Licenciamento	10.000 m ²	30.000 m ²	30.000 m ²
	Regularização	10.000 m ²	60.000 m ²	60.000 m ²
Corte de árvores isoladas fora de APP	Licenciamento	1 árvore	10 árvores	-----
	Regularização	1 árvore	20 árvores	-----
Corte de árvores isoladas dentro de APP	Licenciamento	1 árvore	20 árvores	-----
	Regularização	1 árvore	40 árvores	-----

Fonte: DEPRN

b) Exigido das pessoas físicas e jurídicas como forma de reparação dos danos causados ao meio ambiente ou como forma de compensar o uso dos recursos naturais, no processo de licenciamento ambiental. A reposição florestal é uma exigência descrita no artigo 19 da Lei Federal nº 4.771/65, no artigo 38 do Decreto Federal nº 3.179, de 31 de setembro de 1999, no artigo 1º da Lei Estadual nº 10.780/2001 e também na Lei Federal nº 6938/81 e Lei Estadual nº 9.509/97. A reposição florestal deverá ser feita através do plantio de árvores no próprio local do dano ou do objeto do licenciamento ou, excepcionalmente, caso não existam condições técnicas ou locais para o

plantio no local, poderá ser feito nas proximidades, dentro da mesma micro-bacia hidrográfica.

4. DUSM Departamento de Uso do Solo Metropolitano

Sua área de atuação é a Região Metropolitana de São Paulo, abrangendo 39 municípios, aplicando as Leis Estaduais 898/75 e 1.172/76, regulamentadas pelo Decreto 9.714/77, além da Lei 9.866/97, de novembro de 1997, dispendo sobre as diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais.

Suas atribuições são licenciar e fiscalizar os seguintes empreendimentos e atividades localizadas em Áreas de Proteção dos Mananciais: loteamentos e desmembramentos, residências, estabelecimentos comerciais, desmatamentos e movimentos de terra, arruamentos, atividades industriais e minerárias, cemitérios, escolas, clubes e obras de saneamento. Emite os documentos:

- *Parecer de Viabilidade*: constitui-se em parecer técnico, com a finalidade de orientar o interessado sobre as possibilidades de uso e ocupação de uma determinada área em território protegido pela Lei de Proteção aos Mananciais. Não tem validade para execução de qualquer empreendimento e/ou obra, constituindo-se somente em instrumento de orientação.
- *Licença Metropolitana*: é o documento hábil para a execução do empreendimento e/ou obra. A análise é semelhante à análise de orientação, com acréscimo de informações como o uso pretendido para o local, enquadramento legal, além dos impactos causados pelo empreendimento.

De forma semelhante à atuação do DUSM na Região Metropolitana de São Paulo, abrangendo 39 municípios e aplicando a legislação estadual vigente, dispendo sobre as diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais, licenciando e fiscalizando empreendimentos e atividades localizadas em Áreas de Proteção dos Mananciais,

outras regiões metropolitanas também dispõem de órgão similar, com funções e competências equivalentes, respeitadas as especificidades locais e regionais.

Segundo a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, o licenciamento ambiental está afeito ao conjunto de legislações federal e estadual indicado no Quadro 2:

QUADRO 2. Legislação federal / estadual para licenciamento ambiental

Licenciamento ambiental	
Legislação Federal	Legislação Estadual
Constituição	
Leis	
Decretos	
Resoluções	
Portarias	
Instrução Normativa	
	Deliberação
Medida Provisória	

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

Considerando a análise detalhada do processo sugerido, realizada no capítulo 03, pode-se antecipar que a empresa considerada para o estudo terá necessidade de requerer licenciamento ambiental devido ao enquadramento em diversos itens mencionados, indicados a seguir.

Segundo o Artigo 58 do Regulamento da Lei n. 997/76, pode ser enquadrada em *1. Construção, reconstrução, ampliação ou reforma de edificação destinada à instalação de fontes de poluição; e 3. Instalação, ampliação ou alteração de uma fonte de poluição.*

Segundo o Anexo 5 do Regulamento da Lei n. 997/76, pode ser enquadrada em *Reciclagem de sucatas e Atividades que utilizem incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais, ou resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, inclusive os crematórios.*

Além disso, pode ser enquadrada sob outro enfoque, pois são consideradas como fontes de poluição os empreendimentos / atividades indicados no Anexo 5 do Regulamento da Lei n. 997/76, aprovado pelo Decreto n. 8.468/76 e alterado pelo Decreto n.47.397/02, que explicita:

- *Fontes de poluição*: Artigo 4 - São consideradas fontes de poluição todas as obras, atividades, instalações, empreendimentos, processos, dispositivos, móveis ou imóveis, ou meios de transportes que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar poluição ao meio ambiente.

- *Poluição*: Artigo 2 - Considera-se poluição do meio-ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo:

I - impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II - inconvenientes ao bem estar público;

III - danosos aos materiais, à fauna e à flora;

V - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

A presença de geradores de energia elétrica também pode enquadrar a empresa no item *geradores com potência superior a 10 MW*, sujeito a licenciamento pelo DAIA.

A empresa também poderá ser enquadrada na Resolução CONAMA 1/86, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental de forma ampla e objetiva, no artigo 1º.:

Art. 1º . Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais.

A empresa também poderá ser enquadrada na tipologia de empreendimentos sujeitos ao Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental, como:

Distritos e Zonas industriais: Complexo industrial - apresentar consulta;

Obras Hidráulicas: Abertura de barras e embocaduras - apresentar consulta;

Energia: Termoelétrica com potência maior ou igual a 10MW; Linhas de transmissão com potência maior que 230 kW;

Sistemas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos: Aterro sanitário, usinas de reciclagem e compostagem com capacidade superior a 25t/dia; Sistemas de tratamento de resíduos sólidos e de saúde – todos; Transbordo de resíduos sólidos, quando se tratar de resíduos industriais, e quando se tratar de resíduos domiciliares com capacidade superior a 25 t/dia.

Caso a empresa, devido à sua futura localização, tenha necessidade de alterar a vegetação existente no local, poderá ser enquadrada pelo DEPRN Departamento Estadual de Preservação dos Recursos Naturais em *Supressão de vegetação nativa, Intervenção em áreas de preservação permanente, Compensação ambiental* ou *Reposição Florestal Obrigatória*, sendo necessário atender aos critérios do DEPRN para a obtenção do Licenciamento.

Se a empresa desejar se instalar na Região Metropolitana de São Paulo, será enquadrada pelo DUSM Departamento de Uso do Solo Metropolitano e necessitará da respectiva *Licença Metropolitana* para encaminhar o processo de licenciamento.

Por outro lado, a empresa pode ser enquadrada em *Atividades / empreendimentos dispensados de Licenciamento junto à CETESB*, por meio do Comunicado CAT nº 07, de 16-02-2001 (DOE, de 19/02/2001) que relaciona as atividades econômicas dispensadas do Licenciamento junto à CETESB, como:

E - Produção e distribuição de eletricidade, gás e água: Todos os códigos são dispensados:
De: 4010-0 - Produção e distribuição de energia elétrica; Até: 4030-4 - Produção e distribuição de vapor e água quente.

O - Outros serviços coletivos, sociais e pessoais: Os seguintes códigos são dispensados:
9000-0 - Limpeza urbana e esgoto e atividades conexas, desde que sejam:

- a) sistemas públicos de tratamento ou de disposição final de resíduos ou materiais sólidos ou líquidos;
- b) atividades que utilizem incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais ou resíduos sólidos, líquidos ou gasosos;
- c) serviços de coleta e disposição final de lodo ou materiais retidos em unidades de tratamento de água, esgotos ou resíduo líquido industrial.

Considerando a natureza de seu insumo principal (lixo doméstico fresco), sua finalidade (processamento do lixo e transformação de seus componentes ou seu encaminhamento para destinação final) e os possíveis enquadramentos para fins de licenciamento ambiental, constata-se que o empreendimento tem todas as suas atividades relacionadas ao meio ambiente e pode, portanto, ser considerado como uma empresa do setor ambiental.

A análise dos principais enquadramentos possíveis sugere que a orientação dos mesmos é feita a partir do potencial de ocorrência de danos ambientais, em função do porte do empreendimento, do porte de equipamentos e, principalmente, do potencial de risco oferecido por suas saídas de processo, caso não sejam adotadas providências que anulem ou mantenham esse risco sob controle de forma segura e garantida. A rigor, o Licenciamento Ambiental somente é concedido após constatação de que a empresa adotará medidas preventivas eficazes para eliminar os potenciais de risco ou transformá-los em condições reais mantidas dentro de limites aceitáveis.

2.2 Problema do lixo

A compreensão do problema do lixo é fundamental para o desenvolvimento deste estudo e para que possam ser estabelecidas as relações com os elementos propostos.

Dentro de uma visão sistêmica, a presença do lixo surge como elemento final de uma cadeia de suprimentos necessária e organizada para assegurar a sobrevivência do ser humano. Visto de forma simplista, trata-se de um mal necessário. Mas o crescente e acelerado aumento da demanda, devido ao crescimento populacional, ao desenvolvimento tecnológico e ao consumismo cada vez mais desenfreado, está levando a uma crise ambiental.

Na natureza todos os consumidores preenchem um espaço, ocupam um lugar na cadeia alimentar e se ajustam aos mecanismos de controle e equilíbrio, com exceção do Homem. Ele consome sem controle todos os recursos naturais, interrompendo ou mesmo quebrando quaisquer tipos de cadeias e impondo suas condições ao meio ambiente. Sob o enfoque da matriz alimentar e de vida, o Homem é o predador flexível perfeito. Sob o enfoque ambiental, o destruidor maior.

O aumento descontrolado do consumo pelo Homem, em geral, tem provocado a geração de volumes progressivamente crescentes de lixo de todos os tipos, causando desequilíbrios, problemas associados à saúde pública, danos ambientais e degradação de recursos naturais.

2.3. Soluções Possíveis

2.3.1 Não gerar lixo

O próprio conceito de vida orgânica está ligado ao consumo de recursos e sua transformação em energia, com a geração de resíduos. Todos os organismos vivos procedem dessa maneira e o Homem, como ser orgânico, também procede desta forma e está inserido nesse processo e nesse sistema.

A questão básica é refletir se o Homem, para viver e sobreviver, precisa gerar lixo desnecessário e incompatível com a natureza. Uma vez que o Homem estabeleceu padrões de vida diferentes dos demais seres vivos encontrados na natureza, também sua geração de resíduos

é diferente mas, da mesma forma, inevitável. O Homem não consegue mais parar de gerar lixo, seja durante o próprio processo e como consequência direta do ato de produzir, ou depois de cessada a vida útil dos materiais produzidos.

Se, portanto, a geração de lixo é inevitável, a solução “não gerar lixo” pode então ser classificada como impossível e ser descartada. O problema se transfere para o enfoque quantitativo da geração do lixo, em suas diversas modalidades. Como processar esse lixo?

A Tabela 1 indica algumas das soluções que alguns países adotaram para enfrentar o problema do lixo, em percentuais do volume de lixo coletado.

TABELA 1. Tipos de destinação do lixo em países mais avançados

País	Incineração	Depósito em aterros	Usinas de compostagem	Reciclagem	US\$ per capita/ano	Item
Alemanha	34%	46%	2%	16%	25.350	1
Áustria	11%	65%	18%	6%	26.730	2
Dinamarca	48%	29%	4%	19%	29.000	3
Estados Unidos	16%	67%	2%	15%	34.320	4
França	42%	45%	10%	9%	23.990	5
Holanda	35%	45%	5%	15%	27.190	6
Itália	16%	74%	7%	3%	24.670	7
Suécia	47%	34%	3%	16%	24.180	8
Suíça	59%	12%	7%	22%	28.100	9
Brasil	2%	94%	2%	2%	7.360	10

Fonte: "O Negócio É Reciclar", *Revista Carta Capital*, Ed.80 (colunas 1 a 5)

Fonte: UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (renda per capita)

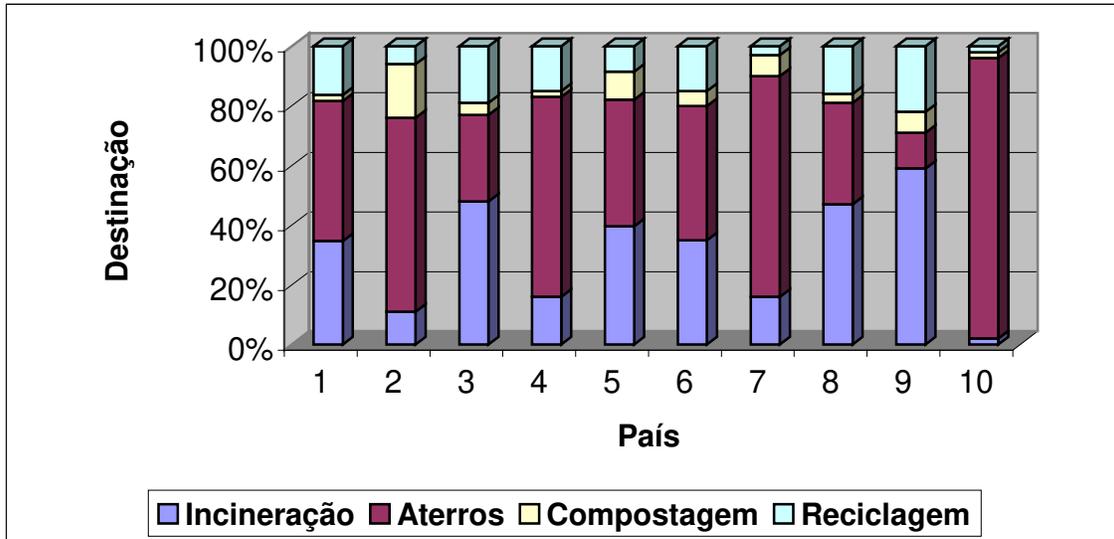
Para efeito de comparação, pode-se adotar o referencial brasileiro que mais gera lixo, a cidade de São Paulo, como indicado na Tabela 2, com base em dados da Prefeitura Municipal.

TABELA 2. Tipos de destinação do lixo na cidade de São Paulo

País	Incineração	Depósito em aterros	Usinas de compostagem	Reciclagem
Brasil	2%	94%	2%	2%

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO

Como resultado das Tabelas 1 e 2, a destinação do lixo em diversos países avançados e em São Paulo pode ser visualizada por meio do Gráfico 1.



Fonte: Autor deste trabalho

GRÁFICO 1. Destinação do lixo em países avançados e São Paulo

Uma tentativa de associar a riqueza das sociedades dos países ao tipo de destinação escolhido pode ser representado pelos Gráficos 2, 3, 4 e 5, em que a modelagem por meio de gráficos de dispersão indica a possível relação entre as variáveis selecionadas.

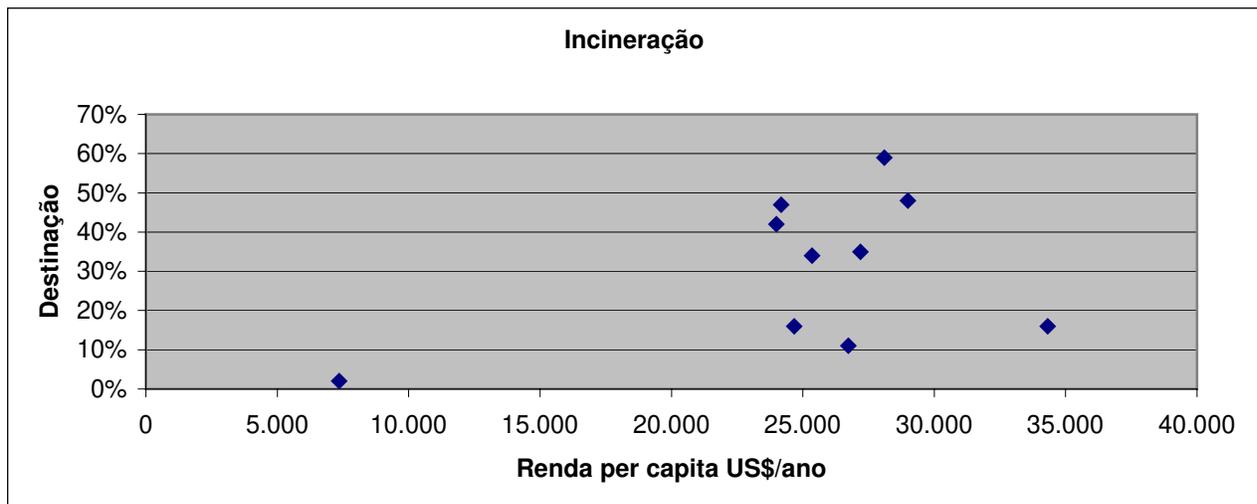


GRÁFICO 2. Incineração x renda per capita

Constata-se, a partir do Gráfico 2, que a possível relação entre incineração e renda per capita dos países envolvidos é muito fraca ou mesmo inexistente.

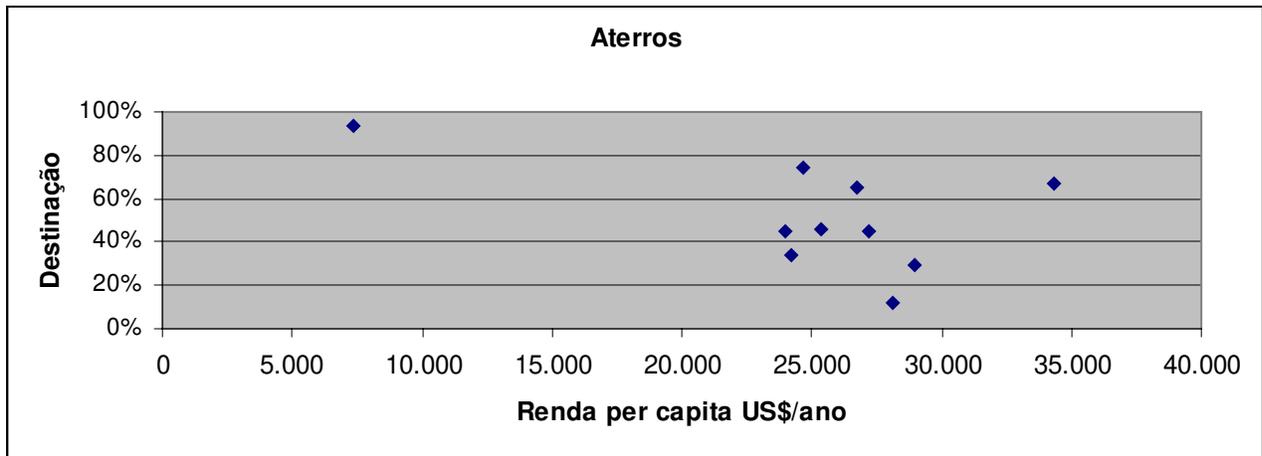


GRÁFICO 3. Deposição em aterros x renda per capita

Pode-se constatar, a partir do Gráfico 3, que a possível relação entre a deposição em aterros e a renda per capita dos países envolvidos é muito fraca ou mesmo inexistente.

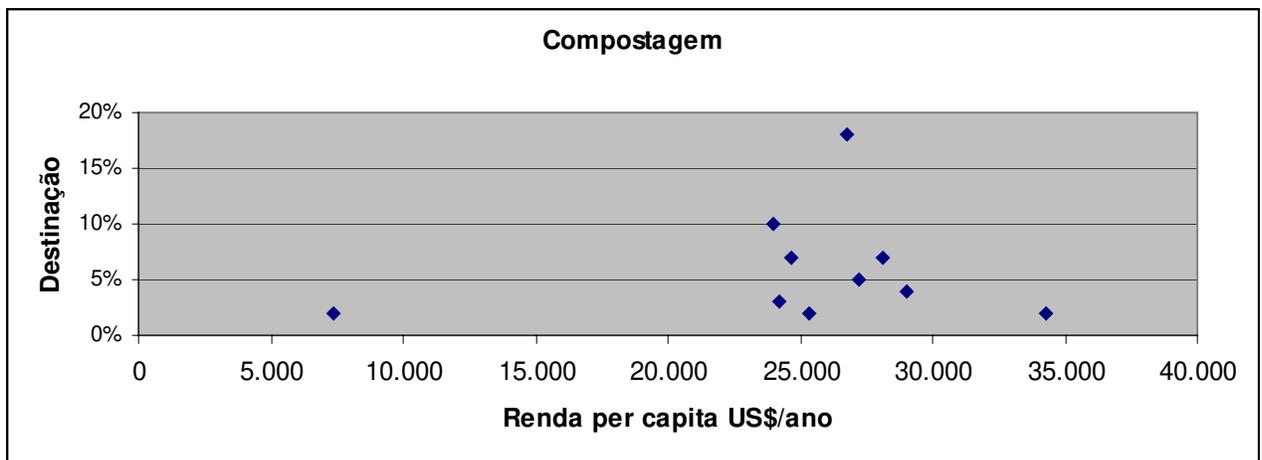


GRÁFICO 4. Compostagem x renda per capita

Constata-se, a partir do Gráfico 4, que a possível relação entre compostagem e renda per capita dos países envolvidos é muito fraca ou mesmo inexistente.

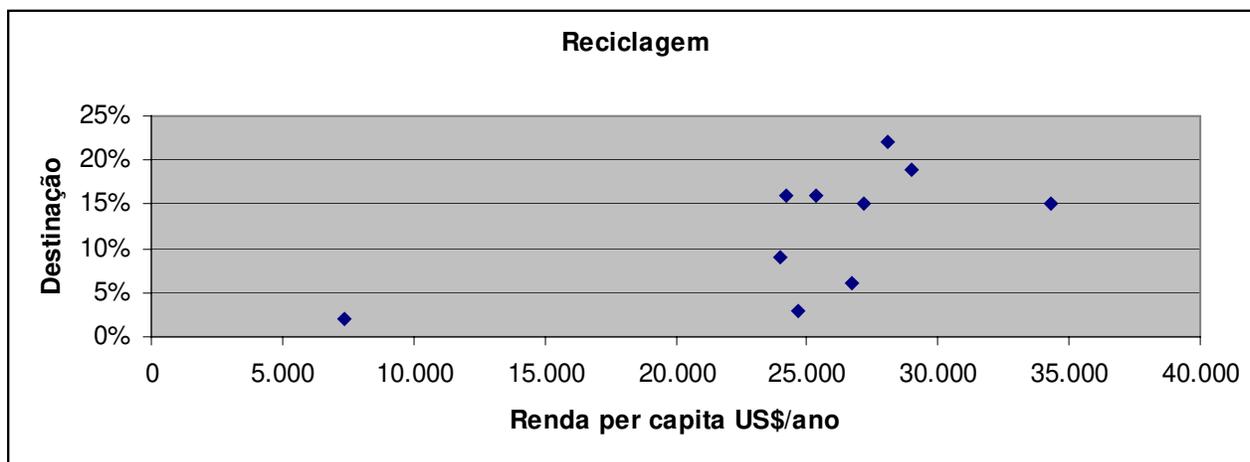


GRÁFICO 5. Reciclagem x renda per capita

Pode-se constatar, a partir do Gráfico 5, que a possível relação entre a destinação para reciclagem deposição em aterros e a renda per capita dos países envolvidos é muito fraca ou mesmo inexistente.

A dispersão dos dados nos gráficos chama a atenção para a concentração dos valores que representam os países europeus, que ainda permitem supor algum tipo de relação, enquanto os pontos referentes ao Brasil, com a mínima renda per capita, e os Estados Unidos, com a máxima renda per capita, parecem estar fora do padrão ou da “normalidade”.

Assim, embora a quantidade e o tipo de consumo e de lixo gerado estejam relacionados à renda per capita das sociedades, quer parecer que o tipo de destinação do lixo resultante não está diretamente associado a essa variável e pode representar um resultado baseado em circunstâncias históricas ou em fatores sociais, geográficos, econômicos, científicos ou outros. A integração dos países europeus à União Européia, por outro lado, certamente levará a uma padronização de procedimentos também nessa área, fazendo convergirem os valores ao longo dos próximos anos.

2.3.2 Gerar somente lixo orgânico

Ao longo de sua evolução na História, o Homem passou grande período ocupado na busca de alimentação e abrigo. Sua proteção física no abrigo era geralmente atendida pela utilização de cavidades de natureza topográfica, como cavernas, grutas e desníveis cobertos, que não resultava em geração de lixo de edificações. A alimentação era obtida a partir da caça de animais vivos, coleta de restos de caça de predadores maiores e mais rápidos, coleta de frutos e outros alimentos naturalmente disponíveis ou, em tempos posteriores, da colheita de sementes plantadas. Nessa fase do Homem, o lixo gerado era basicamente de natureza orgânica e seu volume, frente ao meio ambiente, era totalmente desprezível.

O volume de lixo orgânico cresceu com o aumento populacional e alcança hoje proporções descomunais. Um dos fatores agravantes é que, na época em que a alimentação dependia diretamente da caça ou da coleta, ela era escassa em função das dificuldades inerentes ao processo, principalmente nas regiões mais frias, e os alimentos eram aproveitados até o fim, restando como lixo somente ossos ou partes que não fosse possível aproveitar. O paradigma mudou e hoje uma parte significativa do lixo é constituída por restos de alimentos. Outro fator agravante é que, durante boa parte da História, o Homem viveu no campo, junto aos animais, que consumiam os restos de alimento da casa, lançados ao terreiro. Nos tempos atuais, em que grande parte da humanidade vive em conglomerados urbanos, as crianças muitas vezes conhecem galinhas e porcos somente pela televisão e as famílias têm o hábito de comer em restaurantes ou lanchonetes, essa porção aumentada de restos de alimento não mais conta com seus antigos consumidores, sendo simplesmente lançada ao lixo.

A composição química do lixo varia de acordo com a cultura e o grau de desenvolvimento de cada país. Segundo a reportagem "O Negócio É Reciclar", *Revista Carta Capital*, Ed.80, no Brasil a maior parte do lixo é composta por matéria orgânica. São restos de alimentos, verduras, cascas de frutas, legumes, carcaças etc. Ter bastante matéria orgânica no lixo é uma característica dos países pobres. Nos países ricos, predomina o lixo inorgânico: vidro, plástico, metal, além das embalagens de papel e papelão.

A utilização de lixo orgânico tem sido ciclicamente destacada pelos meios de comunicação como forma mais adequada de facilitar a absorção do lixo pela natureza e também como processo de geração de adubos naturais. A compostagem freqüentemente é exibida e debatida em programas televisivos de cunho rural ou naturalista como sendo a solução mais adequada e mais natural para o problema do lixo, além de apresentar custo mais reduzido.

Essa solução esbarra em dois problemas básicos: a escala e a natureza do lixo. O problema de escala está ligado à própria forma de gerar o adubo. A compostagem é uma solução associada a processos fermentativos de decomposição da matéria orgânica em nutrientes essenciais, que demandam tempo.

Conforme Dashefsky (1997, p. 69), durante o processo fermentativo, o lixo deve ser constantemente movimentado para otimizar o processo, através de aeração, o que gera liberação de odores desagradáveis. Em pequena escala (grandes quintais, chácaras, sítios ou pequenas fazendas), o lixo pode ser movimentado a cada dois meses e o processo termina após um período de seis a doze meses.

Para que a solução da compostagem seja aplicável ao lixo doméstico, é necessário processar grandes volumes. Devido ao tempo envolvido, o volume de lixo em processamento se torna excessivamente grande, mesmo que dividido em porções menores, criando problemas de movimentação e transporte.

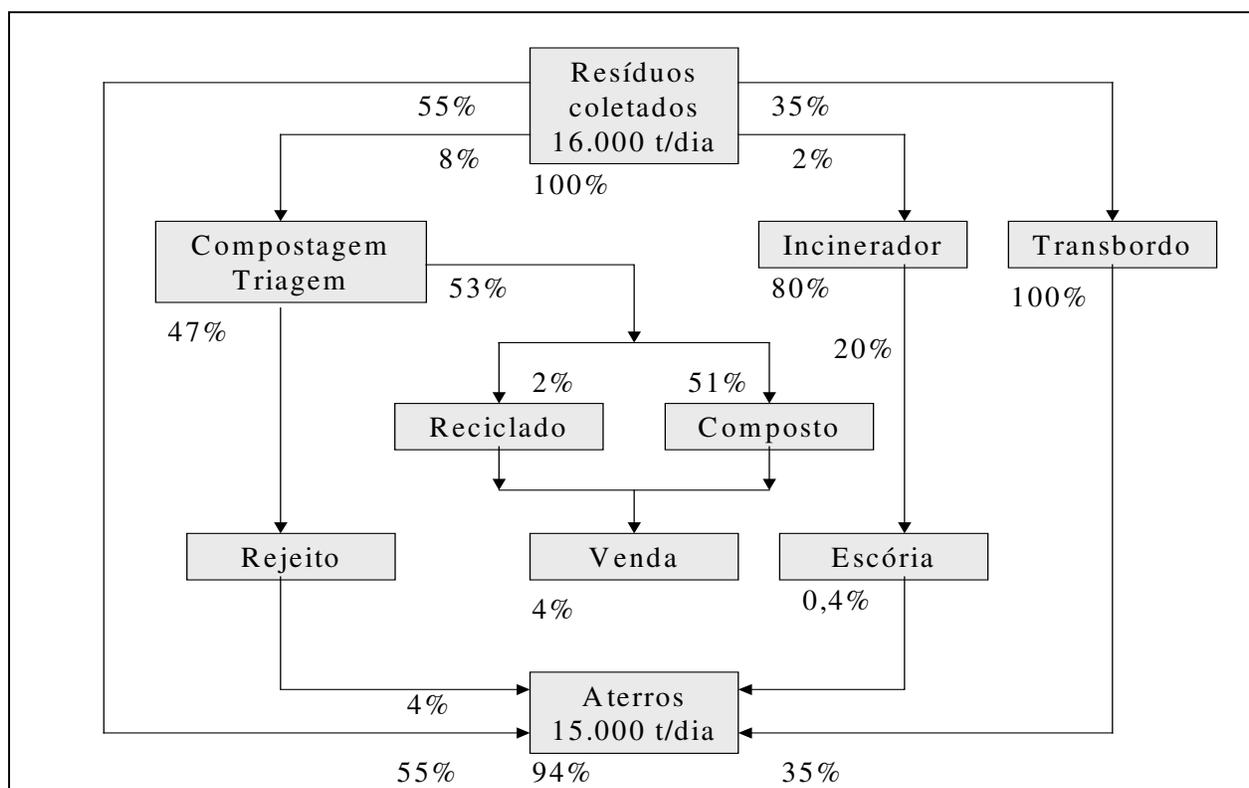
A superfície ocupada pelo material em processo também se torna grande demais, exigindo terras de menor custo para essa finalidade. As terras próximas às cidades em geral não atendem a esse requisito.

O cheiro desagradável emitido por grande volume de lixo em processo de fermentação, durante tanto tempo, gera também constantes reclamações por parte da população atingida por rajadas de vento contaminado, mesmo a uma distância segura do local.

O processo pode ser acelerado, obviamente, através de aditivos, mas nesse caso o produto gerado perde seu principal apelo, o de ser natural e sem utilização de produtos químicos. Mesmo os processos mais recentes, que demandam menor tempo de processamento, não ficam imunes ao problema dos odores desagradáveis.

A compostagem, como geradora de adubos, enfrenta também o problema da viabilidade econômica e financeira, quando comparada à produção de outros tipos de fertilizantes, especialmente os gerados por indústrias químicas.

O segundo problema está ligado à natureza do lixo utilizado na compostagem. Somente uma pequena parcela do lixo, separada previamente, pode ser utilizada na compostagem. O restante, representando a parcela não-orgânica do lixo que o Homem não consegue parar de produzir, continuaria a representar sério problema ambiental. Que fazer com esse lixo, em grande escala?



Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo

FIGURA 1. A destinação do lixo doméstico na cidade de São Paulo

A cidade de São Paulo pode servir de exemplo, conforme a Figura 1. Das 16.000 toneladas de lixo coletadas diariamente na maior cidade brasileira, somente 8% do total coletado é separado para triagem e compostagem, sendo 4% enviado para o aterro como rejeitos e somente 4% utilizado diretamente na compostagem. Embora o potencial de processamento seja bem maior e 4% represente pouco do ponto de vista percentual, essa parcela representa 640 toneladas diárias de material, um volume enorme a ser processado em compostagem, com todos os problemas de escala mencionados anteriormente.

Por essas razões, a solução “gerar somente lixo orgânico” pode ser descartada.

2.3.3 Gerar pouco lixo

Considerando que o Homem não consegue deixar de gerar lixo, a pergunta se torna crítica: “Quanto é pouco lixo?”

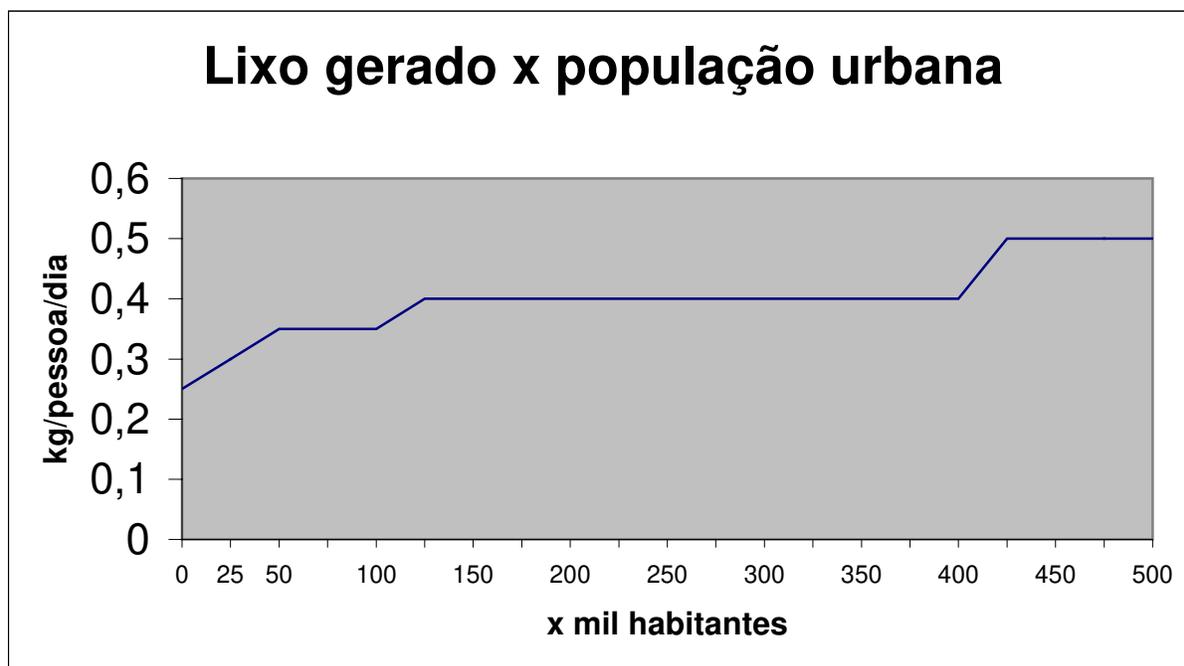
Devido às diferentes culturas e aos diversos hábitos existentes, torna-se difícil estabelecer um valor que possa servir ao menos como referencial.

Em países que realizam freqüentes pesquisas relativas aos volumes gerados de lixo doméstico e suas peculiaridades, os estudos apontam duas vertentes independentes e, ao mesmo tempo, preocupantes, especialmente quando combinadas.

A primeira vertente diz respeito ao volume de lixo doméstico gerado, que pode oscilar entre 0,25 e 1,5 kg / pessoa / dia (Zero Waste). Os valores variam com o tipo de hábitos alimentares e de consumo de uma comunidade. Sociedades com maior consumo de alimentos frescos e que utilizam menos embalagens, por exemplo, apresentam valores menores de geração específica de lixo. Por outro lado, sociedades com maior consumo de alimentos enlatados, congelados ou pré-preparados, além de maior consumo de embalagens, geram maior volume de lixo doméstico.

A segunda vertente espelha o aumento da geração de lixo associado ao fenômeno do crescimento urbano. Em geral, a geração de lixo por habitante é menor em cidades menores, aumentando progressivamente à medida que aumenta o porte da cidade.

O Gráfico 6 demonstra esse fenômeno na fase inicial do crescimento urbano.



Fonte: Zero Waste

GRÁFICO 6. O crescimento da geração de lixo com a urbanização

Essas duas vertentes, quando combinadas entre si e associadas ao crescimento da população mundial, segundo as previsões do US Census Bureau representadas no Gráfico 7, geram cenários em que a geração de lixo parece ser a única razão da presença do Homem na Terra.

Na perspectiva ambientalista, a eliminação dos resíduos representa a solução final para os problemas de poluição que desafiam a manutenção dos ecossistemas nos níveis local e global. Além disso, a utilização total das matérias primas, acompanhada do uso de fontes renováveis, significa que a utilização dos recursos terrestres pode ser mantida em níveis de sustentabilidade, segundo a ZERO WASTE.

Por esses motivos, a alternativa “gerar pouco lixo” se torna também descartada, embora a necessidade de imposição de limites seja apenas uma questão de tempo.

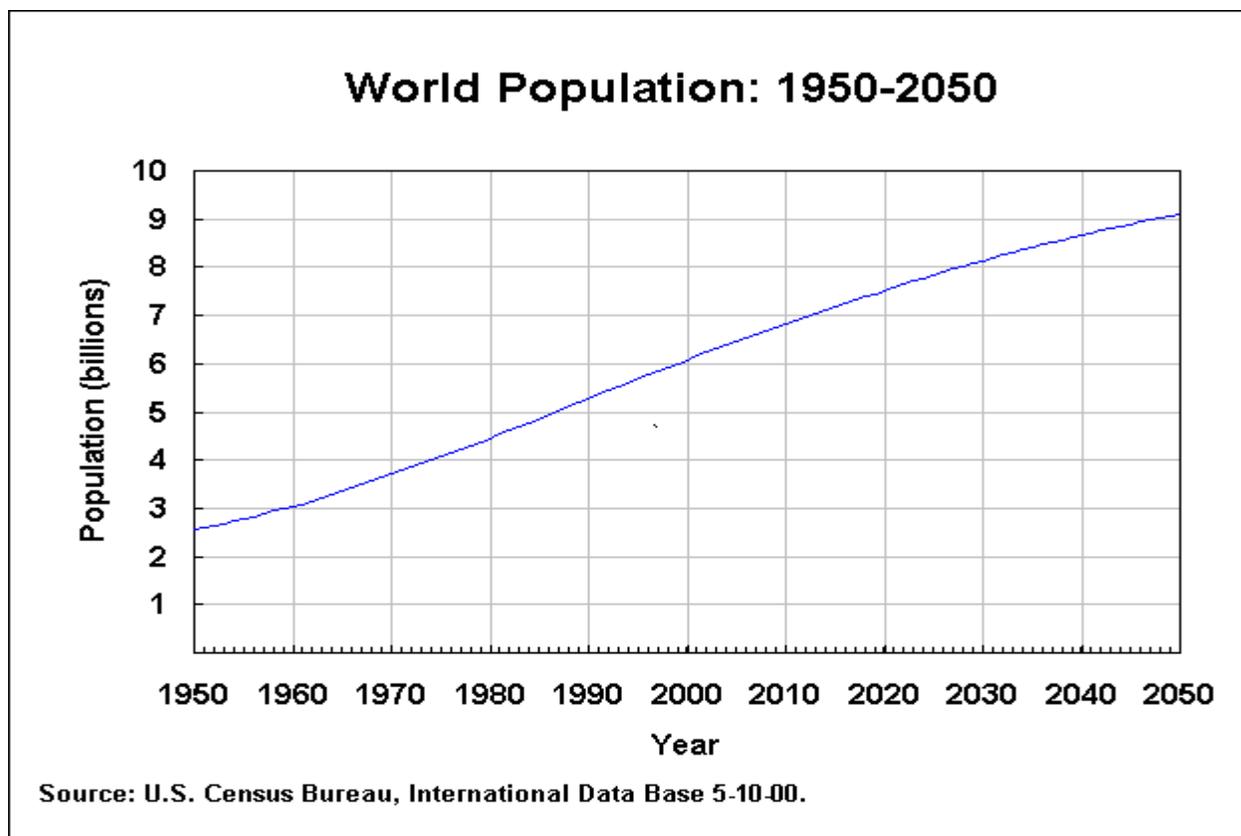


GRÁFICO 7. Previsão de crescimento da população humana na Terra

2.3.4 Reciclagem

O processo de reciclagem, como praticado hoje, deve ser observado desde a etapa da coleta, que pode ser de dois tipos: regular ou seletiva.

Em alguns municípios é realizada a coleta seletiva, que já prevê uma separação inicial dos diferentes componentes do lixo. Na grande maioria dos municípios é feita a coleta regular ou usual, em que o lixo é coletado sem qualquer tipo de separação de seus componentes.

Conforme Calderoni (1999, p. 42), para ambas as coletas, a etapa seguinte é a triagem. Mesmo no caso de coleta seletiva, é necessário que o lixo coletado passe por nova etapa de

separação, mais detalhada que a primeira, especialmente para plásticos e papéis, que devem ser separados e classificados em diversas categorias.

O Quadro 3 indica os componentes do lixo que apresentam potencial para reciclagem direta, tendo o papel um potencial de quase o dobro dos demais componentes juntos.

QUADRO 3. Potencial de reciclagem de componentes do lixo

Componente	Papel	Metal	Plástico	Vidro
Peso relativo % no lixo doméstico	25	4	6 a 7	3
Pode Ser reciclado	papel branco, papel misto, papelão, jornais e revistas	latas	garrafas, frascos, potes, tampas, brinquedos, peças, sacos e sacolas	garrafas, copos, frascos, potes e cacos
Não pode Ser reciclado	carbono, celofane, plastificados, parafinados e metalizados	embalagens de aerossol e tampas, ferragens, arames e chapas	isopor, espuma, acrílico, adesivos e fraldas	crystal, espelho, lâmpadas, louça e tubos de TV

Fonte: "Polis", *Revista Coleta Seletiva*

A etapa seguinte é a de beneficiamento e acondicionamento. Vidros, por exemplo, são triturados e lavados; metais e papéis são prensados e enfardados; plásticos são lavados e transformados em pequenas pelotas. Essa etapa é realizada em locais mais apropriados a essas atividades, denominados Centros de Triagem (ou de Reciclagem).

Os materiais são, em seguida, armazenados para distribuição às empresas industriais recicladoras, onde os materiais são efetivamente aproveitados no fluxo produtivo.

Nem todas as atividades seguem o fluxo organizado indicado acima. Na maioria dos municípios há uma grande quantidade de *carrinheiros* que, para sustento de vida, recolhem materiais recicláveis de várias fontes de lixo, fazem a triagem no próprio local e, em seguida, vendem os materiais coletados aos *sucateiros*, que atuam como atacadistas para as empresas recicladoras. Os aspectos sociais dessa matriz de atividades têm sido freqüentemente ressaltados.

A atividade de reciclagem é extremamente benéfica, pois reduz de forma significativa os custos de disposição final, proporciona ganhos da economia no consumo de energia, ganhos da economia de matérias-primas, ganhos da economia de recursos hídricos e também ganhos de caráter geral, como economias de divisas, subsídios, vida útil de equipamento, despesas administrativas, transportes e outros.

A Figura 2 representa alguns dos símbolos utilizados para identificar reciclagem em produtos. Na grande maioria deles, três setas compõem o símbolo da reciclagem, cada uma representando um grupo de pessoas que são indispensáveis para garantir que a reciclagem ocorra.. A primeira seta representa os produtores, as empresas que fazem o produto. Eles vendem o produto para o consumidor, que representa a segunda seta. Após o produto ser usado, ele pode ser reciclado. A terceira seta representa as companhias de reciclagem que coletam os produtos recicláveis e, através do mercado, vendem de volta o material usado para o produtor transformá-lo em novo produto.

			
Produto reciclável	Produto reciclável	Produto reciclado	Papelão reciclado
			
Embalagem reciclável para vidro	Plástico reciclável (PET)	Plástico já reciclado (PVC)	Reciclagem de pilhas recarregáveis

Fonte: EARTH ODISSEY

FIGURA 2. Alguns símbolos utilizados em reciclagem

Muitos aspectos estão envolvidos com o êxito de um programa de reciclagem. É necessário estabelecer métodos de coleta, triagem e transporte. É preciso haver tecnologia para processar os materiais, prepará-los para reutilização e transformá-los em novos produtos. Deve haver

mercados identificados e disponíveis para estes produtos. Além disso, o poder público deve implementar incentivos, leis e políticas educacionais.

Segundo Calderoni (1999, p. 113), “[...] foi adotada a participação de 30,9% para os recicláveis no total dos resíduos domiciliares do município, tendo em vista ser esta a participação no mais recente dos levantamentos disponíveis, o qual se refere a 1993 [...]”.

A reciclagem direta, portanto, atinge somente uma parte do lixo, o que nos deixa com a mesma pergunta de antes: “O que fazer com o resto?”

O lixo tem um preço alto. Segundo Calderoni (1999), o Brasil perde cerca de US\$ 4,6 bilhões somente por deixar de reciclar componentes com potencial para tanto. Em seus cálculos, ele considerou toda a economia que poderia ser feita com energia elétrica, água, matéria-prima e problemas ambientais para fabricar latas de alumínio e aço, papel, vidro e plástico.

Por outro lado, experiências legislativas diversas em países europeus têm mostrado que atividades associadas à reciclagem, inclusive coletas seletivas, facilmente se transformam em indústria de benefícios quando o poder público fornece subsídios ou premiações, desviando o foco da proteção do meio ambiente para os ganhos financeiros.

Segundo ZERO WASTE, as atividades de reciclagem devem ser incentivadas ao máximo, para reaproveitamento total do material ainda disponível, mas sempre visando um benefício maior, que é a limpeza do planeta a longo prazo, ao invés de vantagens financeiras a curto prazo.

Assim, quando executada de forma isolada, essa alternativa também pode ser descartada.

2.3.5 Esconder o lixo

Considerando que a geração do lixo era inevitável, crescia com a população e não apresentava alternativa viável de processamento definitivo, a partir de um certo momento na história do Homem a solução foi escondê-lo.

Essa alternativa apresenta algumas variantes, que também surgiram de forma progressiva, em função de problemas apresentados.

2.3.5.1 Descarte em áreas isoladas

A primeira alternativa foi, obviamente, descartar os diversos tipos de lixo em áreas distantes e isoladas, com topografia naturalmente favorável (erosão, grande depressão ou similar), denominadas lixões, sem qualquer tipo de controle oficial relativo aos materiais lá depositados e abandonados.

Segundo ABNT (1989, apud Calderoni, 1999, p. 118), o lixão consiste apenas em uma descarga a céu aberto, sem qualquer proteção do solo nem outro cuidado sanitário, como a cobertura regular do lixo com terra.

O uso dessas áreas, no início, trouxe relativa despreocupação ao poder público e à população das cidades, de vez que o problema estava longe dos centros urbanos. O único fator a considerar eram os maiores custos de transporte, compensados através da coleta e, de forma geral, repassados à população.

Com o passar do tempo, no entanto, diversos problemas surgiram, pois o crescimento das cidades aproximou a região urbana dos lixões, colocando a população em contato mais direto com tudo o que antes se queria esconder e esquecer.

A Tabela 3 mostra o tempo médio de decomposição de alguns elementos típicos do lixo urbano, quando deixados ao tempo.

Como se pode concluir dos dados da Tabela 3, a grande maioria dos elementos não se decompõe a curto ou médio prazo, contribuindo para a geração de problemas quando ocorre a aproximação de áreas antes isoladas e distantes pela expansão habitacional da periferia.

Mau cheiro, emissão de gases e vapores, vetores de doenças em geral como insetos e animais, principalmente ratos e ratazanas, cobras, contaminações e infecções passaram a ser motivo de preocupação constante.

TABELA 3. Tempo médio de decomposição ao tempo

Material	Tempo médio de decomposição
Papel	3 meses
Pano	6 meses a 1 ano
Vidro	indeterminado
Filtro de cigarro	1 a 2 anos
Madeira pintada	13 anos
Fralda descartável	600 anos
Plástico	450 anos
Lata de alumínio	200 a 500 anos
Lata de conserva	100 anos
Pneus	indeterminado
Tampa de garrafa	150 anos
Nylon	30 anos

Fonte: CED Centro de Ciências da Educação

Problemas de saúde pública começaram a surgir e a aumentar, incluindo-se aqui a contaminação dos lençóis freáticos e superficiais pelo chorume, o líquido negro resultante da decomposição do material orgânico e de elevado potencial poluidor.

Segundo o CED, do total de lixo produzido no Brasil, 76% é jogado em terrenos a céu aberto (lixões). Segundo dados do UNICEF, 3.580 municípios brasileiros possuem lixões.

Apesar do perigo para a saúde, além da presença de grande número de ratos, moscas e baratas, milhares de crianças e adolescentes brasileiros vivem em lixões – os depósitos de lixo clandestinos. A maioria não frequenta a escola e passa a maior parte da vida em meio ao lixo, morando com a família em barracos improvisados. Trabalham catando alimentos e sucata para vender. Muitas crianças são filhos e netos de moradores que já eram catadores de lixo. Diversos projetos ligados à cidadania têm, como principal objetivo, criar condições para tirar as crianças e os adolescentes do lixo. Um dos planos é profissionalizar os catadores de lixo: eles poderiam organizar-se em cooperativas que fariam parcerias com órgãos públicos ou empresas em programas de coleta seletiva e reciclagem (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO).

Devido aos inúmeros e constantes problemas que passou a apresentar, a alternativa dos lixões passou a ser descartada, mas os já existentes permaneceram como verdadeiros monumentos à falta de planejamento e visão do Homem.

2.3.5.2 Aterros sanitários abertos

A conceituação consensual de aterro sanitário o indica como um sítio, um terreno, no qual é utilizado um processo de deposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar, com fundamento em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permitindo uma confinção segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção do meio ambiente (ABNT, 1989, e Cetesb, apud Calderoni, 1999, p. 118).

Essa forma de disposição final de resíduos urbanos no solo, através de camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, veio a substituir os lixões.

Algum tempo depois, no entanto, os mesmos problemas verificados nos lixões começaram a surgir. Como reação, surgiu também a atitude dos cidadãos que não queriam lixo e água contaminada perto de suas casas. Nos Estados Unidos, país de origem desse tipo de protesto, o movimento tinha a sigla NIMBY, resultante dos dizeres *Not In My BackYard!* (não no meu quintal!).

Esses problemas foram ainda mais agravados pela velocidade crescente de ocupações, em boa parte clandestinas, convergindo para as áreas periféricas em que estavam localizados os aterros abertos e aumentando rapidamente as crises sociais e de saúde pública.

Segundo o “Inventário de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2000”, realizado pela Cetesb, o lixo doméstico gerado em São Paulo está mais bem disposto no ambiente. De acordo com a versão 2000, os aterros de lixo doméstico classificados como adequados estão presentes em 30,6% dos 645 municípios paulistas, percentual que em 1997, quando foi elaborada o primeira versão do documento, era de 4,2%.A destinação final das quase 20 mil toneladas/dia de lixo produzidas no Estado vem melhorando desde quando se iniciou, em 1997, o programa de

orientação e controle junto às administrações municipais. Em 2000 o número de aterros inadequados reduziu 31,1%. Em 1999 os aterros ou “lixões” municipais representavam 50,4%.

Pelas mesmas razões que os lixões, os aterros abertos estão sendo descartados.

2.3.5.3 Aterros sanitários fechados

Principalmente na Europa, em países com maior conscientização ambiental e, principalmente, melhor reserva financeira, foram feitas experiências com aterros sanitários fechados, envolvendo fundo e laterais de concreto, alguns até mesmo cobertura, com sistemas de drenagem, para amenizar ou evitar os problemas dos aterros abertos.

Os resultados foram praticamente os mesmos, mas com custos muito elevados. Pelo fato de serem fechados, estes aterros acabaram se constituindo em ambientes com comportamentos desconhecidos para o futuro, quando e se forem eventualmente abertos. Os ecologistas mais radicais os consideram como verdadeiras bombas de terror biológico para saque futuro.

Pelas mesmas razões dos aterros sanitários abertos, e ainda com custos mais elevados, os aterros fechados foram descartados.

2.3.5.4 Incineradores

A incineração do lixo começou a ser utilizada com a finalidade de reduzir o volume do lixo a ser depositado (em lixão ou aterro), através de combustão controlada. Em geral se conseguem reduções de peso da ordem de 70% e de volume da ordem de 90%. Em tempos mais recentes os incineradores têm sido utilizados de forma crescente para a eliminação de lixo hospitalar, que não será objeto deste trabalho.

Segundo Dashefsky (1997, p. 222), alguns problemas associados aos incineradores envolvem o controle da combustão, para se evitar prejuízos de natureza econômica e ambiental. No caso de combustão incompleta, podem surgir monóxido de carbono e particulados que

acabam sendo lançados na atmosfera, como fuligem ou negro fumo. No caso de temperaturas excessivas, pode ocorrer dissociação de nitrogênio, surgindo compostos resultantes de sua combinação com o oxigênio.

Os principais problemas estão relacionados aos impactos ambientais acarretados pela produção de componentes tóxicos e metais pesados presentes nas cinzas depositadas ou suspensas no ar, nas emissões gasosas (dioxinas), na eventual poluição das águas e pelas reclamações das comunidades vizinhas com respeito ao odor e a coceiras na pele.

Além disso, em um país como o Brasil, em que os combustíveis utilizados representam um recurso de custo elevado ou mesmo incerto, devido à intervenção governamental, a decisão de expandir ou mesmo dar continuidade à utilização dos incineradores deve ser reavaliada.

Por esses motivos, os incineradores estão sendo progressivamente proibidos e descartados e o sistema de incineração do lixo vem sendo abandonado, pois além das despesas extraordinárias com a sua implantação e monitoramento da poluição gerada, implica também em relegar para segundo plano a coleta seletiva e a reciclagem, que são processos altamente educativos. Não fossem essas desvantagens, a incineração seria um tratamento adequado para resíduos sólidos de alta periculosidade, como o lixo hospitalar, permitindo reduzir significativamente o volume do lixo tratado e não necessitando de grandes áreas quando comparada aos aterros sanitários; além da possibilidade do aproveitamento da energia gerada na combustão.

2.3.6 Processar o lixo

Esgotadas as alternativas já conhecidas e experimentadas, sem que o problema pudesse ser resolvido de forma satisfatória, o Homem está se conscientizando da necessidade de efetuar o processamento do lixo, ou seja, adotar processos que permitam destinações e aproveitamentos diferenciados de seus diferentes componentes.

Esses processos, associados ao enfoque ambiental crescente, reforçam a necessidade de se adotar algumas premissas básicas:

- separar os componentes do lixo segundo sua natureza e sua destinação,
- efetuar o processamento do lixo sem provocar implicações ambientais,
- minimizar o consumo de recursos naturais aplicados no processo, e
- otimizar a possibilidade de reciclagem dos materiais obtidos no processo.

Esses processos representam uma forte mudança de rumo no processamento de lixo praticado até recentemente e deverão introduzir uma forte fase de transição nas relações vigentes atualmente entre população, poder público, empresas processadoras e recicladoras.

Segundo a ENVIRONMENT CANADA, os anos 90 explicitaram a necessidade de uma nova forma de gerenciar resíduos. Influenciadas por regulamentações, pressões do público e necessidade de melhorar a eficiência na exploração de recursos, a indústria e a sociedade precisaram passar de uma visão de tratamento de resíduos para uma visão de prevenção. Existem algumas técnicas que auxiliam na abordagem da prevenção de resíduos e uma das mais utilizadas é conhecida como os 4 Rs: Redução, Reutilização, Reciclagem e Recuperação.

Não existem soluções simples para o problema do tratamento de resíduos. Entretanto, as empresas estão buscando soluções que produzam efeitos sinérgicos. Como parte da solução, frequentemente surgem as seqüências com a redução da quantidade de emissões, a reutilização de produtos, a queima de resíduos para recuperação de energia e a reciclagem de partes e peças.

Para maximizar os resultados no tratamento de resíduos, a ENVIRONMENT CANADA sugere a seguinte hierarquia:

- Sempre que possível, a redução de resíduos é a melhor opção. Quanto menos resíduo, melhor.
- Se o resíduo é produzido, os esforços devem ser feitos no sentido de reutilizá-los.
- Reciclagem deve ser a terceira opção. Embora a reciclagem ajude a conservar as fontes de recursos naturais e reduzir os resíduos, é importante salientar que existem custos

associados com o processo de coleta e reciclagem em si. Por esta razão, a reciclagem deve ser considerada quando não se pode reduzir ou reutilizar.

- Finalmente, pode ser possível recuperar materiais ou energia de resíduos que não podem ser reduzidos, reutilizados ou reciclados.

Existem evidências de que a prática dos 4 Rs pode gerar economia para as empresas, que pode ser obtida pela redução dos custos de descarte e tratamento dos resíduos, de energia, de regulamentações, de matéria prima e de estoque de materiais e pela recuperação de receita através da venda de produtos reciclados/recicláveis.

Além da utilização dos 4Rs como técnica para direcionar os esforços de gestão de resíduos, a TNS THE NATURAL STEP FOUNDATION demonstra que o Homem precisa considerar alguns princípios básicos para definir o que entende por futuro e sociedade sustentáveis.

Os princípios do TNS são baseados em leis da física e seu grande mérito é funcionar como uma bússola para qualquer organismo que queira aplicá-lo, seja um indivíduo, uma comunidade, um governo ou uma empresa. Os princípios são muito simples e todas as ações podem ser auditadas. Assim, eles não deixam dúvidas em relação ao que é uma sociedade sustentável, o que já não é verdade no discurso puramente ambiental, onde são discutidos, por exemplo, valores máximos ou mínimos de determinadas substâncias na atmosfera da Terra, para chegar a algum tipo de consenso. A força dos princípios do TNS reside justamente em sua simplicidade e mostra que desenvolvimento sustentável não é um sonho distante, mas sim um caminho, muitas vezes espinhoso, mas que vale a pena, pois envolve a própria sobrevivência dos seres humanos.

Segundo a THE NATURAL STEP, a pré-condição de resultado é considerar os seguintes princípios básicos da ciência:

1. Matéria e energia não podem ser criadas ou destruídas. Esta é a primeira Lei da Termodinâmica e significa que os resíduos produzidos pela indústria e pela sociedade não desaparecem. Assim, jogar o lixo fora é uma ilusão, pois os bilhões de toneladas de

recursos consumidos anualmente não são realmente consumidos, mas sim convertidos em resíduos industriais e moleculares.

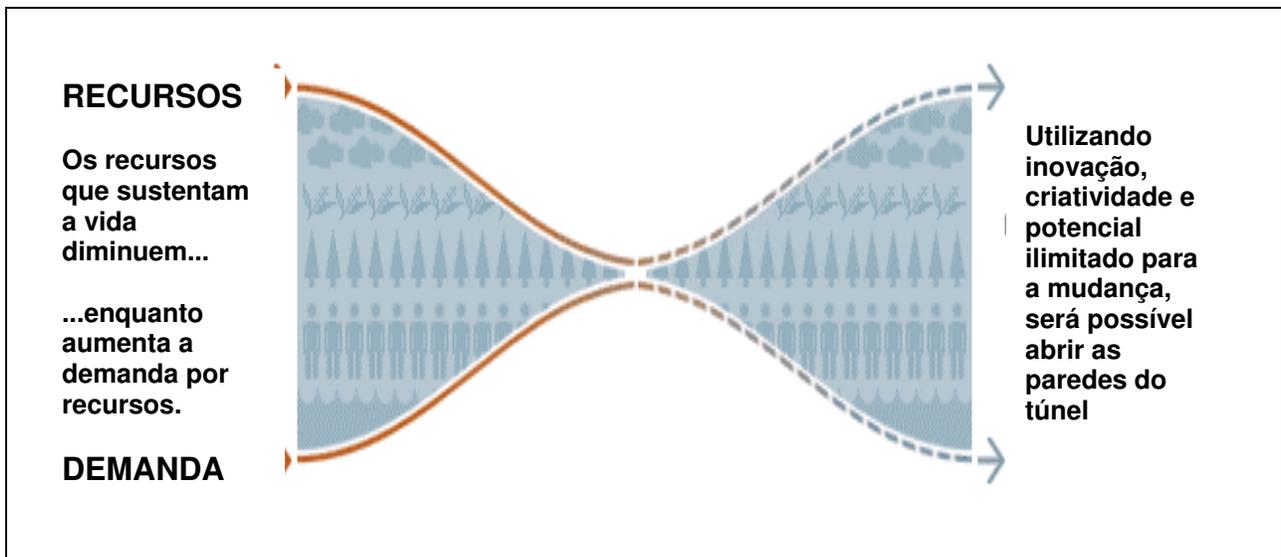
2. Matéria e energia tendem a se dispersar com o tempo, tornando-se menos concentrados e, portanto, com menor valor. Esta é a Segunda Lei da Termodinâmica e significa que os recursos naturais utilizados pela sociedade se dissipam na natureza.
3. A sociedade consome a qualidade, a pureza ou a estrutura da matéria, mas não as suas moléculas. A disponibilidade e a manutenção desta qualidade da matéria determinam a prosperidade da humanidade. Se o metabolismo social joga lixo sistematicamente no mundo, a sociedade se torna mais pobre, e não mais rica.
4. Na Terra, somente os processos solares produzem um aumento da qualidade do material, principalmente através da fotossíntese. A sociedade consome e necessita da qualidade do material. Assim, a capacidade da Terra em fornecer qualidade depende de processos naturais, e não humanos.

Partindo destes princípios, a THE NATURAL STEP sugere as quatro condições do sistema para uma Sociedade Humana Sustentável:

1. Substâncias oriundas da crosta terrestre não devem aumentar na natureza. Numa sociedade sustentável, metais, fósseis e outros minerais não devem ser extraídos numa velocidade maior do que eles são redepositados e reabsorvidos pela litosfera. O acréscimo de lixo da litosfera na natureza pode atingir limites a partir dos quais danos irreversíveis podem ocorrer.
2. Substâncias produzidas pelo homem não devem aumentar na natureza. Materiais produzidos pelo homem não devem ser produzidos em um ritmo maior do que podem ser decompostos e integrados de volta aos seus ciclos na natureza, ou depositados na crosta terrestre, voltando à natureza. Isto requer que substâncias feitas pelo homem, que estão se acumulando além dos níveis naturais, decresçam. Se compostos persistentes se acumulam, a concentração destas substâncias na natureza pode eventualmente atingir limites freqüentemente desconhecidos, além dos quais danos irreversíveis podem ocorrer.
3. A base física para a produtividade e a diversidade não deve ser deteriorada.

4. Deve-se utilizar justa e eficientemente a energia e outros recursos naturais.

E o que pode acontecer se a humanidade não passar a viver de modo sustentável? De acordo com os princípios do TNS, cedo ou tarde as organizações, governos e os seres humanos, individualmente ou coletivamente, pagarão um preço muito alto, pois os recursos naturais disponíveis estarão em níveis alarmantes, com conseqüências imprevisíveis para a humanidade. Como estabelecer padrões de consumo e produção que atendam a esta população? Conforme indicado na Figura 3, o destino será passar por um afunilamento tão estreito quanto a capacidade da sociedade de obedecer aos quatro princípios do TNS.



Fonte: THE NATURAL STEP FOUNDATION

FIGURA 3. Afunilamento da disponibilidade de recursos naturais

2.4 Revisão dos processos utilizados

Considerando as soluções possíveis descritas em 2.3, os processos utilizados nessas alternativas podem ser revistos para identificação das causas dos problemas e eventuais alterações que possam viabilizar outras soluções.

2.4.1 Não gerar lixo

O processo básico da geração de resíduos por parte do ser humano, como ser orgânico, pode ser representado pela Figura 4.

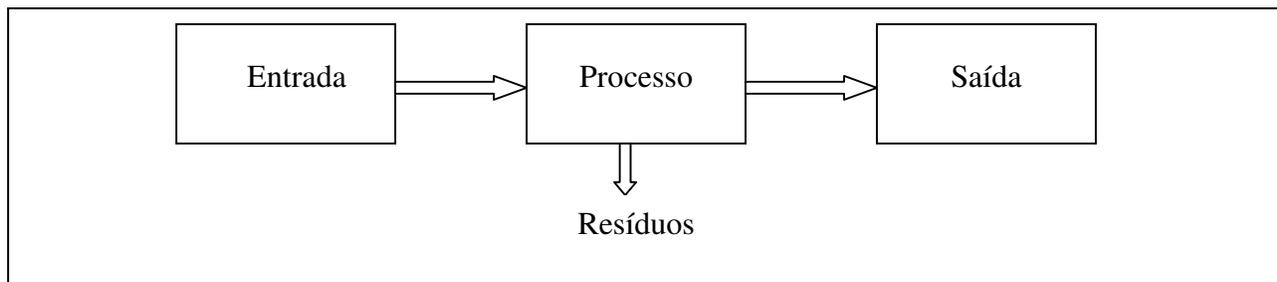


FIGURA 4. Processo básico de geração de resíduos

O próprio conceito de vida orgânica pressupõe o consumo de recursos e energia (Entrada) e sua transformação em energia (Processo) e produtos (Saída), com a geração de resíduos. Os vegetais, por exemplo, consomem energia solar e recursos do solo para crescer e distribuir sementes, eliminando os resíduos desse processo, como folhas, galhos, flores e resinas. Nos animais os resíduos se caracterizam mais explicitamente por restos de fontes alimentares, urina e fezes. Todos os organismos vivos procedem dessa maneira e o Homem, como ser orgânico, também procede desta forma e está inserido nesse processo e nesse sistema. Considerando o ciclo da vida, o processo básico pode ser representado em função de recursos e energia, com a finalidade de gerar energia para o desenvolvimento da própria vida, como uma finalidade em si. Isso pode ser representado pela Figura 5.

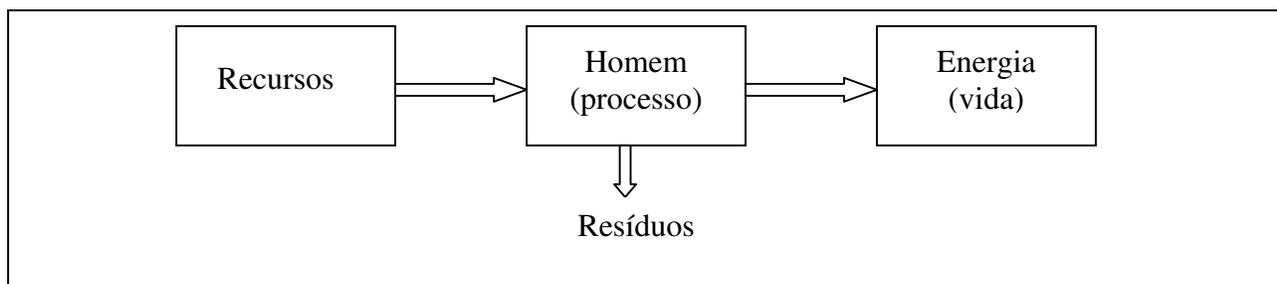


FIGURA 5. Processo da vida orgânica do Homem

No caso do Homem, a diferença fundamental surge quando, ao se considerar o consumo de recursos para a vida e a geração de resíduos inerentes a esse processo, se percebe que o Homem progressivamente estabeleceu um padrão de vida diferente dos demais seres vivos e criou um aparato para a manutenção de sua vida e de determinadas condições que, da mesma forma, consome energia e recursos e gera resíduos, como indicado na Figura 6.

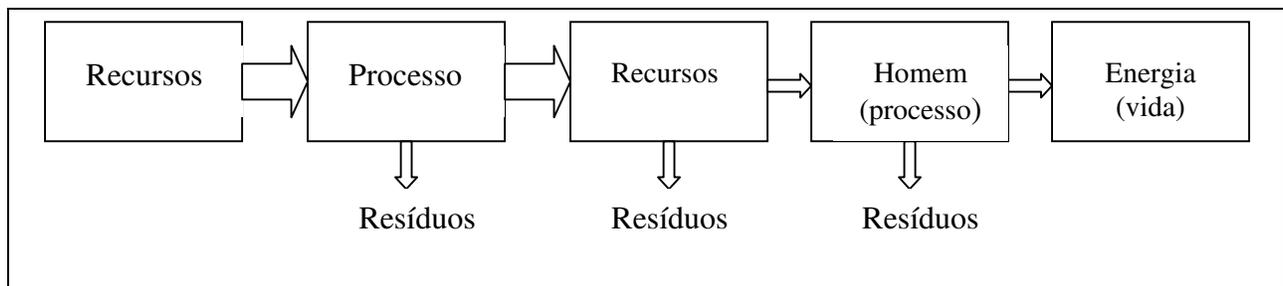


FIGURA 6. Processo da manutenção da vida do Homem

Incluindo o caso do Homem, o consumo orgânico dos seres vivos tem limites, oscilando entre o mínimo para sua sobrevivência e o excesso de exagerada alimentação. Tudo se enquadra no sentido orgânico da Natureza, que força e busca um equilíbrio auto-regulador. Dessa forma, o aparato criado para a manutenção de suas condições de vida conduz a resíduos na forma de perdas por excesso de disponibilidade de recursos ao longo do tempo, além dos resíduos resultantes dos processos para a disponibilização em si. Casos típicos são as perdas por falta de capacidade de armazenagem, instalações inadequadas, vencimento de períodos de validade, transporte insuficiente ou inadequado, oscilações de consumo, acondicionamento inadequado ou insuficiente, entre outros.

Nota-se claramente que o problema mudou de natureza e de porte. Os resíduos inerentes ao ciclo básico da vida, de natureza orgânica, continuam dentro dos respectivos limites, agravados somente pela explosão populacional na Terra. Surgiram, no entanto, outras formas de resíduos, inerentes às cadeias de suprimento estabelecidas pelo Homem, além dos resíduos em forma de perdas de processo dessas mesmas cadeias, que não são inerentes ao ciclo básico da vida nem ao

ciclo da Natureza, mas são agravados pelas características dessas cadeias (porte, quantidade, combinação entre si) e que representam hoje o verdadeiro problema do lixo.

2.4.2 Gerar somente lixo orgânico

Considerando o fato tácito que não é possível deixar de gerar lixo e que o Homem evoluiu na construção de cadeias de suprimento que garantam seu padrão de vida, admite-se que seu processo de manutenção da vida, conforme representado pela Figura 6, é válido e se encontra em plena operação, gerando resíduos orgânicos e não orgânicos. A Figura 7 representa essa situação.

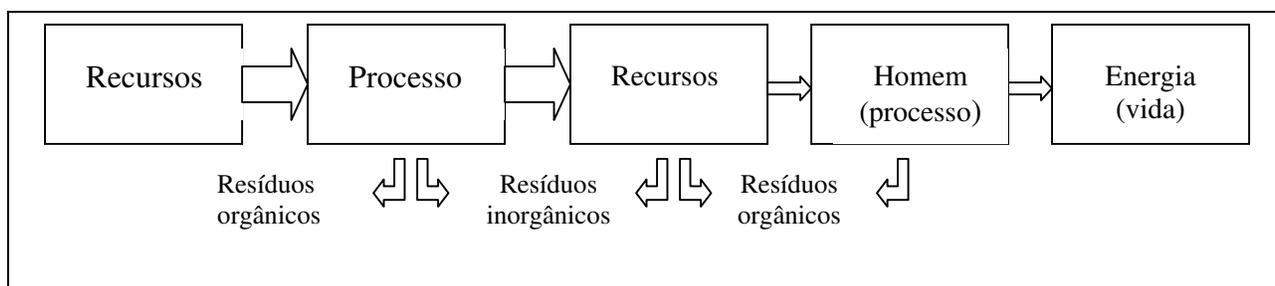


FIGURA 7. Geração de resíduos orgânicos e não-orgânicos

Como mencionado em 2.3.2, a presença de bastante matéria orgânica no lixo é uma característica dos países pobres. Nos países ricos, predomina o lixo inorgânico: vidro, plástico, metal, além das embalagens de papel e papelão. Dessa forma, a geração somente de resíduos orgânicos seria mais fácil nos países mais pobres, mas extremamente difícil nos países ricos que, por sua vez, geram a maior quantidade de lixo, tornando esse equacionamento mais difícil. Além disso, é necessário considerar que grande parte desse resíduo é resultante das cadeias de suprimento propriamente ditas, que dificilmente poderiam operar sem materiais inorgânicos.

A questão seguinte prende-se ao processamento do lixo orgânico gerado. Em termos de processo, a opção mais sugerida é a compostagem, que possibilita grande redução da quantidade de material a ser disposto no aterro sanitário, aumentando sua vida útil. O composto proveniente da parte orgânica do lixo domiciliar é rico em microorganismo úteis ao solo e às plantas, atuando como um condicionador das qualidades físicas do solo, aumentando sua capacidade de retenção

de água e ar, melhorando a qualidade de vida através da obtenção de alimentos mais saudáveis e a diminuição do uso de fertilizantes químicos prejudiciais à saúde.

Segundo o Programa Educar da USP, a compostagem é um processo biológico, através do qual os microrganismos convertem a parte orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) num material estável tipo húmus, conhecido como composto. Embora seja um processo controlado, a compostagem pode ser afetada por diversos fatores físico-químicos que devem ser considerados pois, para se degradar a matéria orgânica, existem vários tipos de sistemas utilizados. Além disso, alimentos de origem animal podem atrair ratos e pragas do gênero.

Dentro das recomendações da USP, o ajuste de umidade pode ser feito por mistura de componentes e o teor ótimo para compostagem aeróbica é de aproximadamente 55%, dependendo na prática da eficácia do arejamento da massa, das características físicas dos resíduos e da carência microbiológica da água. Altos teores (~ 65%) fazem com que a água ocupe os espaços vazios da massa, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá provocar o aparecimento de zonas de anaerobiose. Baixos teores de umidade (inferiores a 40%), inibem, por sua vez, a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização.

O primeiro grande problema nesse processo, confirmado pela USP, é a qualidade do composto obtido, que pode ser definida em função de composição de nutrientes e de matéria orgânica, pH, textura, distribuição do tamanho das partículas, percentagem de sais, odor residual, grau de estabilidade e maturação, presença de organismos patogênicos e concentração de metais pesados. Estes valores são bastante variáveis e não existe consenso quanto às quantidades ideais para estes parâmetros, dificultando a definição do que se constitui um composto aceitável

A USP confirma também que, na prática, os principais problemas associados à utilização do processo de compostagem são os maus odores, os riscos para a saúde pública e a presença de metais pesados. A separação de plásticos e papéis do lixo coletado também pode constituir um problema, pois, uma grande quantidade de papel reduz a proporção de nutrientes orgânicos e plásticos são muito lentos em sua decomposição, reduzindo a homogeneidade do composto. A

não ser que estas questões sejam resolvidas e controladas, a compostagem pode se tornar uma técnica inviável.

Em termos práticos de resolução do problema do lixo, a grande escala necessária exige grandes extensões de solo, em função do tempo de fermentação. Como as terras baratas se encontram a uma distância razoável das cidades, ao invés da periferia, os altos custos de transporte decorrentes terminam por inviabilizar a compostagem sob o aspecto financeiro.

Em termos de processo, a compostagem pode ser representada pela Figura 8.



FIGURA 8. Processo de compostagem de lixo orgânico

2.4.3 Gerar pouco lixo

Considerando-se o processo representado na Figura 5, a parcela preocupante da geração de lixo é inerente às cadeias de suprimento montadas pelo Homem para garantir seu padrão de vida. A hipótese de redução desse emissão de lixo, sem prejudicar ou reduzir os resultados das cadeias, exige melhoria dos processos envolvidos, passando diretamente pelas recomendações da Agenda 21 e dos princípios de Deming.

Segundo o MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, a Agenda 21 é um processo de planejamento participativo que analisa a situação atual de um país, Estado, município e/ou região, e planeja o futuro de forma sustentável. Esse processo de planejamento deve envolver todos os atores sociais na discussão dos principais problemas e na formação de parcerias e compromissos para a sua solução a curto, médio e longo prazos.

Segundo a Agenda 21, especialmente o capítulo 4 trata da mudança dos padrões de consumo e contém as seguintes áreas de programas:

- (a) Exame dos padrões insustentáveis de produção e consumo;
 - (a) Promover padrões de consumo e produção que reduzam as pressões ambientais e atendam às necessidades básicas da humanidade;
 - (b) Desenvolver uma melhor compreensão do papel do consumo e da forma de se implementar padrões de consumo mais sustentáveis.
- (b) Desenvolvimento de políticas e estratégias nacionais de estímulo a mudanças nos padrões insustentáveis de consumo.
 - (a) Estímulo a uma maior eficiência no uso da energia e dos recursos
 - b) Redução ao mínimo da geração de resíduos
 - (c) Auxílio a indivíduos e famílias na tomada de decisões ambientalmente saudáveis de compra
 - (d) Exercício da liderança por meio das aquisições pelos Governos
 - (e) Desenvolvimento de uma política de preços ambientalmente saudável
 - (f) Reforço dos valores que apóiem o consumo sustentável

Segundo Deming (1990, p. 37), o sistema de produção e de serviço deve ser constantemente melhorado. Todo produto deve ser encarado como parte de um todo: só há uma única chance de sucesso total. [...] haverá uma redução contínua no desperdício e uma melhora constante da qualidade em cada atividade [...].

(Ibid., p. 65), toda atividade e toda tarefa é parte de um processo, dividido em etapas, em que ocorre uma melhora contínua dos métodos e procedimentos, visando alcançar uma melhor satisfação do cliente (usuário) na etapa seguinte. Dessa forma, cada etapa trabalha com a etapa seguinte e com a precedente, buscando uma acomodação otimizada. O conjunto de todas as etapas trabalha visando à qualidade que traga satisfação ao cliente final.

A aplicação destes conceitos leva à melhoria contínua dos métodos e procedimentos de cada uma das etapas envolvidas nas cadeias de suprimentos montadas pelo Homem, na busca da redução das perdas e da emissão de resíduos. Dessa forma, o processo pode ser representado pela Figura 9, em que as cadeias e os resíduos passam a ser objeto de melhores resultados.

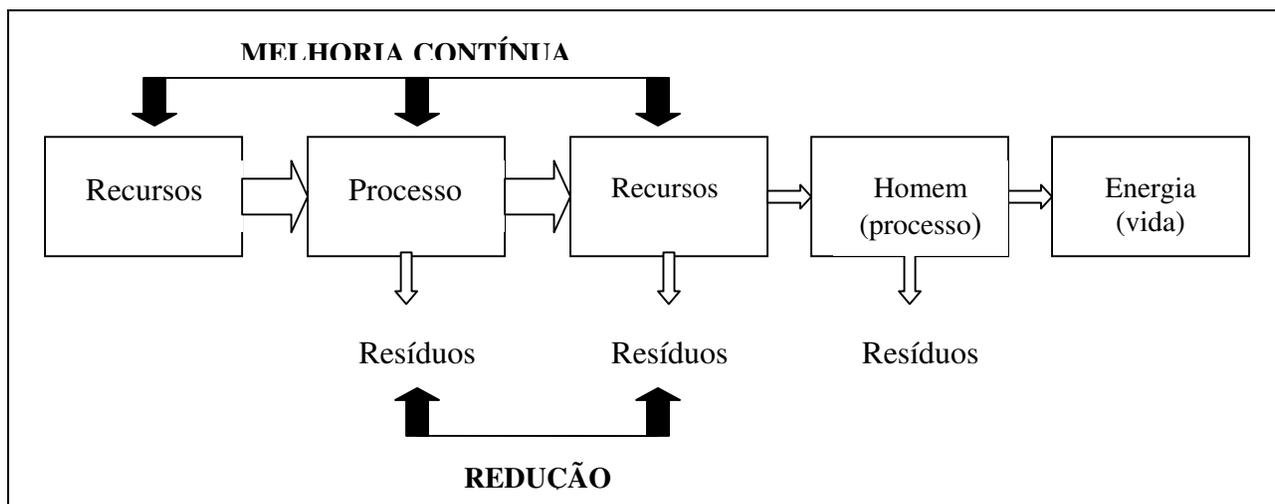


FIGURA 9. Melhoria contínua do processo e redução dos resíduos

Segundo a Agenda 21 (apud. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), “[...] alguns economistas vêm questionando os conceitos tradicionais do crescimento econômico e sublinhando a importância de que se persigam objetivos econômicos que levem plenamente em conta o valor dos recursos naturais.” Conclui-se que, para que haja motivação para as melhorias de processo, na prática o enfoque econômico-financeiro vigente deve mudar radicalmente, considerando em profundidade os custos envolvidos nas cadeias de suprimentos e os potenciais de disponibilidade, para que medidas preventivas sejam adotadas ainda em tempo de evitar alarmes progressivos de uma catástrofe a médio prazo e investimentos sejam canalizados para a reversão da situação atual.

2.4.4 Reciclagem

A reciclagem busca a recuperação dos resíduos, reduzindo seu descarte no meio ambiente, e a economia dos custos de fabricação, decorrente de menor necessidade de energia para a

transformação. Utiliza-se aqui o princípio da recuperação da energia gasta na produção e ainda contida no produto descartado. Na reciclagem, os resíduos podem ser reincorporados ao processo original ou a outros processos. Atualmente, diversas empresas desenvolvem programas contínuos de reciclagem de seus materiais, sendo bons exemplos as embalagens tipo PET e as latas de alumínio. Um problema de difícil solução é a reciclagem do lixo domiciliar, em virtude da mistura com materiais orgânicos, o que encarece a segregação. Apesar disso, o investimento compensa, quando se busca um benefício maior, segundo ZERO WASTE.

Conforme indicado no Quadro 3, os materiais que apresentam maior potencial para reciclagem direta podem representar até 39% do lixo coletado e permitem uma seqüência de atividades relativamente simples até sua volta ao processo, a reciclagem propriamente dita, como indicado no Quadro 4, envolvendo separação do lixo, preparação para movimentação, transporte até o local de reciclagem e a reintegração ao processo de origem ou a outro que o recupere.

QUADRO 4. Seqüência de atividades para reciclagem de materiais

Material		Separação		Preparação		Transporte		Reciclagem
Papel	➔	Manual	➔	Prensagem	➔	Fardos	➔	Massa
Metais	➔	Eletromagnética	➔	Prensagem	➔	Bloco	➔	Fusão
Plásticos	➔	Manual	➔	Moagem	➔	Pelotas	➔	Fusão
Vidro	➔	Manual	➔	Trituração	➔	Caçambas	➔	Fusão

Fonte: "Polis", *Revista Coleta Seletiva*

Segundo a USP, um dos fatores que simplifica muito a seqüência é a coleta seletiva, na qual os materiais já são coletados em separado, dispensando a segregação posterior. Como isso depende diretamente de conscientização do usuário, da disponibilidade dos coletores adequados e de sua correta e clara identificação, além da coleta final regular e adequada, a coleta seletiva representa o resultado de um processo lento e progressivo de informação, conscientização e motivação da população. Mesmo em países europeus tradicionalmente mais afeitos ao problema ambiental essa questão ainda não está bem resolvida e a separação posterior continua a ser realizada. A Figura 10 representa o encaminhamento dos resíduos das coletas ao processo de separação em diversos materiais, que serão preparados e transportados até os respectivos locais dos processos de reaproveitamento.

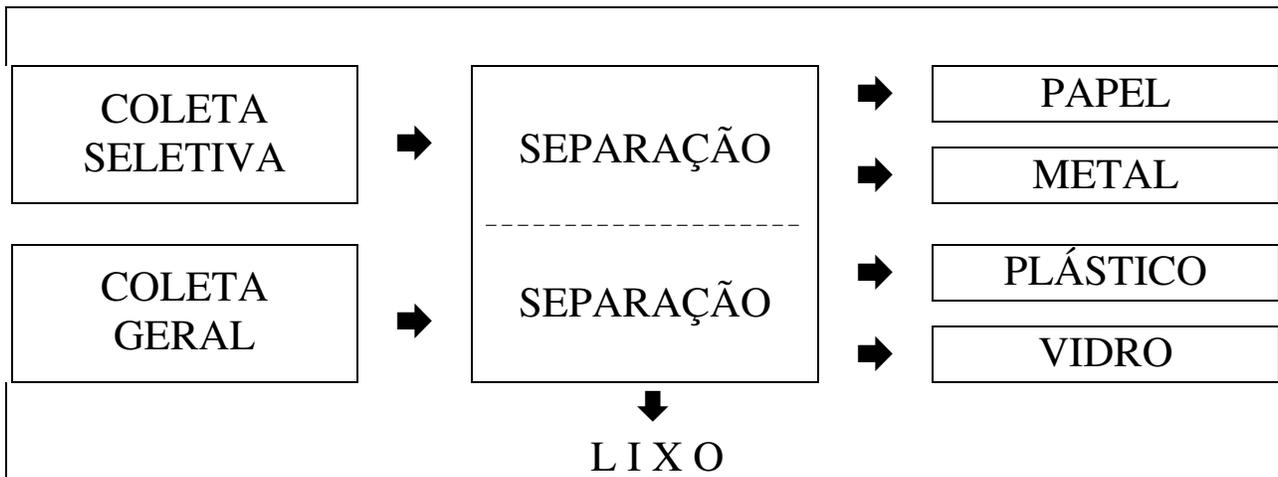


FIGURA 10. Separação dos resíduos em materiais para reciclagem

Dentro do processo maior de redução de resíduos, a Figura 11 ilustra toda a seqüência.

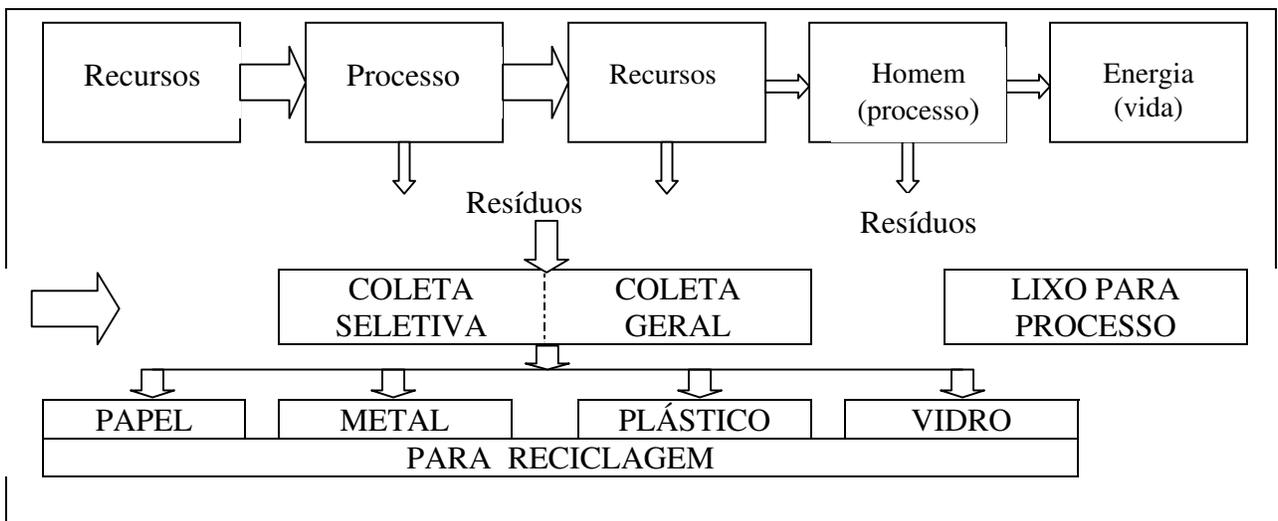


FIGURA 11. Da geração do lixo à separação para reciclagem

O processo é claro e simples, mas encontra complicadores na prática. Para alcançar a máxima eficiência na destinação do lixo para a reciclagem, seria necessário que todo o lixo fosse separado, para que este material em particular pudesse ser recolhido e encaminhado aos processos de origem. Isso não acontece na prática e, para que acontecesse, seriam necessárias

instalações de grande porte, o que demandaria grandes investimentos. Nesse ponto o descarte surge como solução mais simples e barata, deixando a seleção para reciclagem confinada a pequenas instalações comunitárias ou cooperativistas, de pequeno investimento e baixo retorno.

2.4.5 Esconder o lixo

A opção de esconder o lixo pressupõe que todos os resíduos gerados, como indicado na Figura 6, têm destinação comum. Ao longo do tempo, as locações mudaram, mas o tipo de processo continuou o mesmo.

2.4.5.1 Descarte em áreas isoladas

A escolha de áreas isoladas para o descarte do lixo é simples a princípio, mas complicada a longo prazo, devido ao caráter aleatório que a evolução deste material pode ter. Como se conclui dos dados da Tabela 3, a grande maioria dos elementos não se decompõe a curto ou médio prazo. Esse longo prazo também passa a ser válido para mau cheiro, emissão de gases e vapores, vetores de doenças em geral como insetos e animais, principalmente ratos e ratazanas, cobras, contaminações e infecções latentes. Ao ocorrer a aproximação da população com essa área antes isolada, e progressivamente visada, começam a surgir e a aumentar os problemas de saúde pública, além da já existente contaminação dos lençóis freáticos e superficiais pelo chorume, o líquido negro resultante da decomposição do material orgânico e de elevado potencial poluidor.

O processo é simples, conforme representado pela Figura 12, mas o porte do problema aumenta em proporção muito maior que a simples expansão das cidades. Segundo o CED, os lixões recebem 76% do total de lixo produzido no Brasil e, segundo dados do UNICEF, 3.580 municípios brasileiros possuem lixões. Os hospitais, principalmente os de atendimento ambulatorial, não conseguem vencer o atendimento dos mais variados casos de problemas de saúde, gerados pelo simples fato de que as pessoas passaram a ter algum tipo de contato com os lixões. E os doentes não apresentam limite de idade. Crianças e adultos são igualmente vítimas.

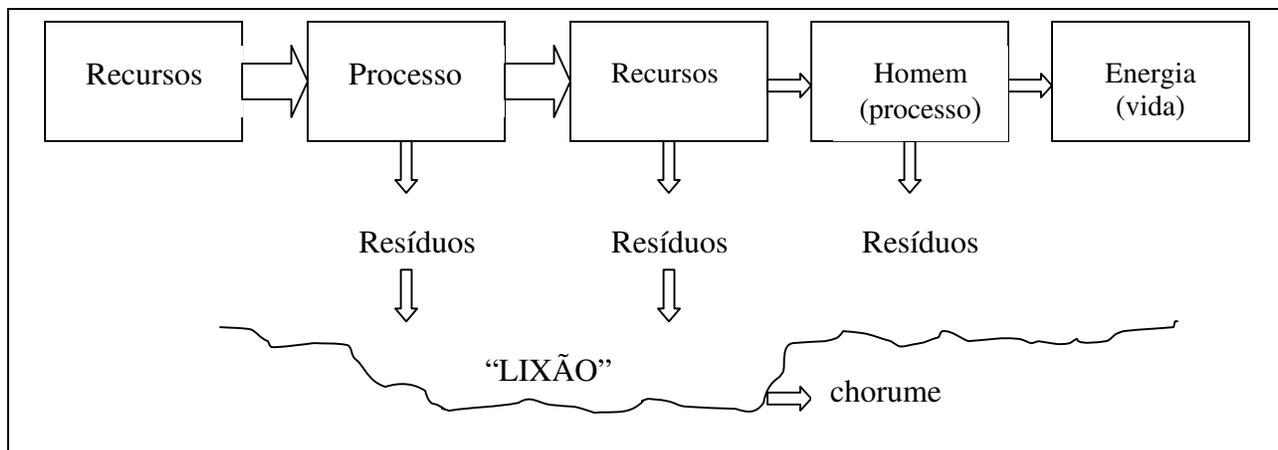


FIGURA 12. Descarte em áreas isoladas

2.4.5.2 Aterros sanitários abertos

Apesar de atender especificações técnicas que visam reduzir o impacto sobre a saúde pública, os aterros sanitários abertos acabam sofrendo dos mesmos males dos lixões em áreas isoladas. Muitas vezes os aterros sanitários abertos também ficam localizados em áreas isoladas, devido à natureza do problema, mas o que os diferenciam dos lixões são as especificações.

Ao longo do tempo, constatou-se que o cobrimento de camadas de lixo com camadas de solo, com a respectiva compactação, não evitava os fluxos de gás e chorume. Embora mais lento, o fluxo persistia. Além disso, pelo fato de isolar mais o lixo, agora com menor teor de umidade após o escoamento do chorume, esse cobrimento introduziu um novo comportamento no lixo, muito parecido com o de mumificação. Os componentes do lixo passaram a ter períodos muito mais longos de decomposição, ou nem se decompõem mais a partir de certo ponto, permanecendo em estado latente. Acreditava-se que, após 10 ou 15 anos, tudo o que estivesse enterrado se transformava em uma espécie de adubo, exceto os plásticos. Segundo a Universidade do Arizona, a partir de um estudo com métodos arqueológicos do Dr. Rathje em aterros antigos, em 1973, descobriu-se que grande parte do lixo não havia se decomposto ainda. Foram desenterrados jornais preservados de 1949 e pedaços de salsicha com 15 anos de idade. Esse fenômeno ainda está sendo investigado com maior profundidade e encontra dificuldades práticas

para as verificações, pois depende da desmontagem dos aterros enquanto, diariamente, eles são acrescidos de materiais novos.

O processo pode ser representado pela Figura 13.

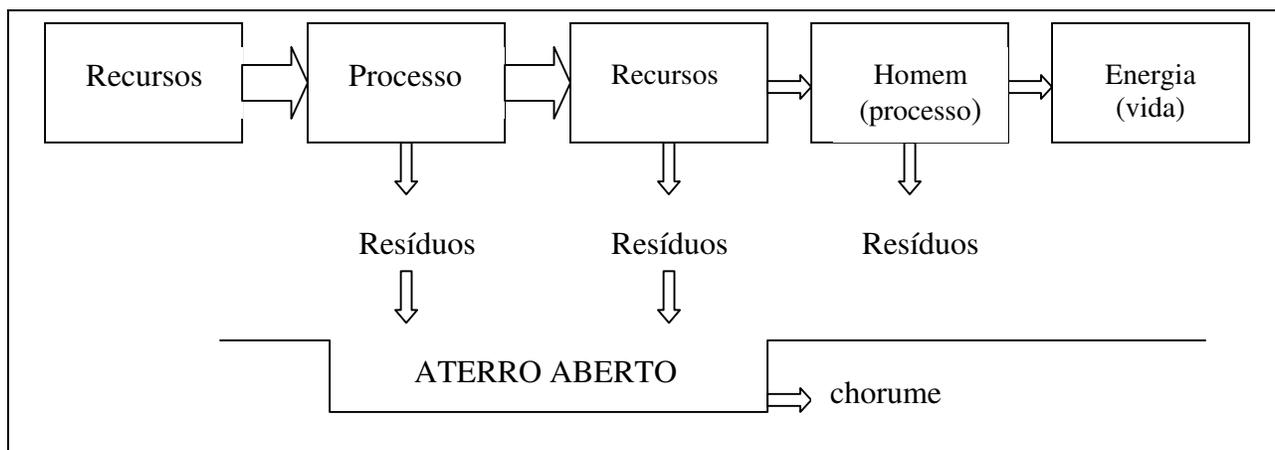


FIGURA 13. Descarte em aterro sanitário aberto

2.4.5.3 Aterros sanitários fechados

A Figura 14 representa o descarte em aterro sanitário fechado que, em termos de processo, é simples como os anteriores, mas com implicações ainda mais duvidosas para o futuro.

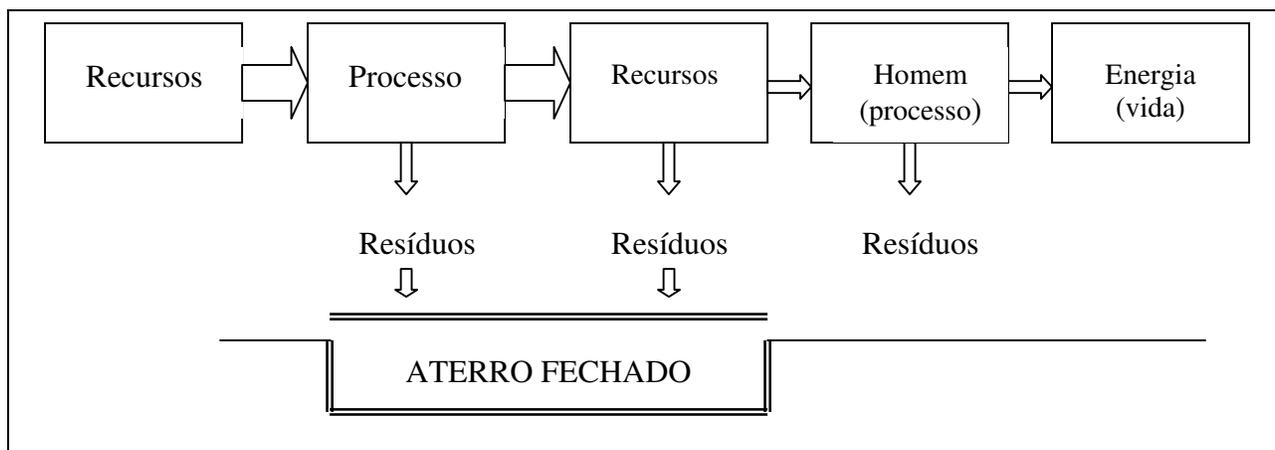


FIGURA 14. Descarte em aterro sanitário fechado

A questão está relacionada ao comportamento do lixo em ambiente fechado, ao longo do tempo. O comportamento e os problemas em ambiente aberto já são conhecidos. Como ainda não se passaram longos períodos desde o início desse experimento, não foi possível chegar a conclusões.

2.4.5.4 Incineradores

Segundo a USP, o processo de incineração, no Brasil, ganhou o conceito de poluidor, nocivo à saúde e prejudicial ao meio ambiente, devido ao uso de equipamentos já obsoletos ou a operação e manutenção inadequadas. Esta imagem, tão criticada, tem influenciado negativamente as avaliações e decisões que envolvem o tratamento e a disposição de resíduos sólidos, líquidos e pastosos, resultando quase sempre em posicionamentos que excluem a utilização da incineração em qualquer nível ou estágio de avaliação. Entretanto, sob vários aspectos, a incineração constitui o processo mais adequado para a solução ambientalmente segura de problemas de destinação final de resíduos.

Em países como o Brasil, onde a tecnologia atual tem sido pouco discutida e várias plantas existentes ainda não foram integralmente atualizadas tecnologicamente, a imagem de poluição perdura e o conceito dos processos de tratamento térmico se fixou nas mentes de muitas pessoas desta forma negativa, o que tem provocado a quase exclusão deste processo das propostas de sistemas de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (GIRS) e de reciclagem de energia.

A incineração no Brasil ainda se caracteriza pela existência de grande quantidade de incineradores de porte muito pequeno, espalhados pelo país. São equipamentos muito simples e antigos, com capacidades inferiores a 100 kg/hora. A grande maioria destes, com honrosas exceções, está hoje desativada ou incinerando de forma precária, com emissões bastante elevadas. Todas essas instalações contam com tecnologias de gerações hoje ultrapassadas, não tendo a capacidade de atender as exigências das leis ambientais atuais. A razão principal para isso é que são geralmente operadas e mantidas de forma inadequada. Isso se deve principalmente à falta de verbas que, quando disponíveis, são utilizadas para atender demandas mais prioritárias e também

ao conceito generalizado de que trabalhar com lixo é uma punição. As instituições acabam por mandar os piores funcionários para estes postos e dão atenção mínima para treinamento e reposição de peças. Naturalmente, o foco principal da administração de uma organização será sempre no atendimento a seus clientes e nos problemas de ordem comercial-financeira, e não nas técnicas de gerenciar e tratar lixo.

Em países desenvolvidos este conceito foi revertido e diversas plantas foram construídas recentemente, e outras estão em construção, principalmente para a geração de energia. Isso ocorreu principalmente nos últimos cinco anos, com o avanço das tecnologias de depuração de gases e dos controles "on line", por computador, de todas as emissões gasosas e líquidas. Nestes últimos anos, a maioria das instalações de tratamento de gases das principais plantas desses países foi substituída e hoje atende integralmente às mais exigentes normas de proteção ambiental. A operação dessas plantas, em diversos casos, tem sido acompanhada de perto pela comunidade local.

A incineração se distingue da queima, pois é executada em local fechado, sob condições específicas de temperaturas e controle de emissões dos gases. A incineração é processada em um ciclo denominado pirólise, com pós-combustão em altas temperaturas (1000 a 1200 °C), transformando os resíduos em gases combustíveis, carbono e cinzas estáveis. Outra forma de incineração, bastante difundida, é o co-processamento em fornos de cimento, onde os resíduos são incorporados à matéria-prima e, depois de elevados a 1200 °C, decompostos em cinzas, que permanecem incorporadas ao cimento.

Segundo a USP, "incineração é um processo de redução do peso, volume e das características de periculosidade dos resíduos, com a conseqüente eliminação da matéria orgânica e características de patogenicidade, através da combustão controlada". Segundo Calderoni (1999), hoje se deve expandir ainda mais esta conceituação, afirmando que "a incineração é também um processo de reciclagem da energia liberada na queima dos materiais, visando à produção de energia elétrica e de vapor, que pode ser imediatamente convertido em frio (cogeração)". Em processos de incineração, a redução de volume é geralmente superior a 90% e, em peso, superior a 75%. Para a garantia do meio ambiente a combustão deve ser continuamente

controlada, levando-se em conta que o combustível (lixo urbano) é "desconhecido", pois varia ao longo do tempo em composição, umidade, peso específico e poder calorífico. Por esse motivo, os modernos sistemas de incineração de lixo são dotados de sistemas computadorizados de controle contínuo das variáveis de combustão, tanto na câmara primária quanto na de pós-combustão, bem como nas demais etapas de depuração de gases e geração de energia

Ressalta-se que o processo de queima difere da incineração, pois é feita em local aberto e sem nenhum controle, causando poluição atmosférica pelos gases e partículas lançadas, além de não ocorrer uma completa destruição dos componentes ativos.

A Figura 15 representa a incineração do lixo gerado pelas cadeias de suprimento, de forma simplificada. A representação completa demanda mais detalhes.

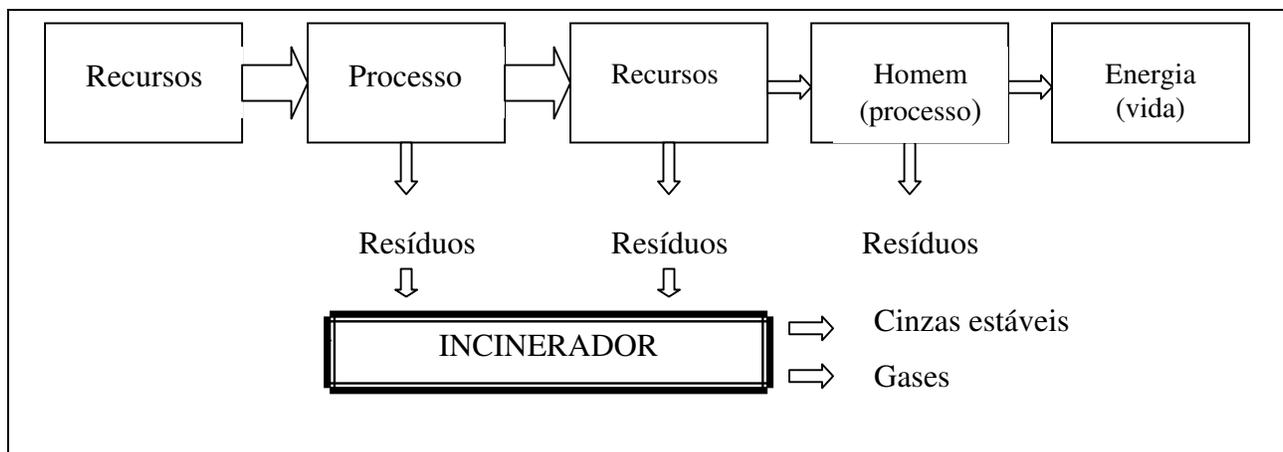


FIGURA 15. Incineração de lixo

Atualmente, diversos técnicos e especialistas em GIRS reconhecem que, quanto mais se recicla, mais a incineração se torna a solução adequada para os resíduos restantes. Dessa forma, em um tratamento integrado, seguindo os conceitos da Agenda 21, o tratamento por incineração seria um bom aliado da reciclagem, especialmente na aplicação de um conceito que tem sido cada vez mais difundido na análise de sistemas de GIRS: o de levar para os aterros apenas os "resíduos últimos". O conceito de "resíduo último" foi introduzido na França em 13 de julho de 1992, por meio de legislação específica, como "aquele que não é mais passível de tratamento, nas condições

técnicas e econômicas do momento, principalmente para a extração da parte de valor do mesmo, ou até para reduzir o seu caráter poluente ou perigoso". Este conceito, como balizamento para os resíduos a serem aterrados, que identifica um "resíduo último" como um resíduo terminal, tem incrementado a tendência mundial de aumentar a utilização da incineração, como um recurso eficaz para ultimar os resíduos e reciclar a energia neles contida.

Nos últimos 50 anos, segundo a USP, a tecnologia de incineração passou por significativo avanço, principalmente em seus aspectos de produtividade. Até o início dos anos 50, as plantas existentes eram demasiadamente incipientes, caracterizando-se como um primeiro estágio de evolução aquelas instaladas de 1950 a 1965. Nesta fase, a função da incineração era reduzir o volume do lixo e os gases eram descarregados diretamente na atmosfera, sem tratamento algum. Nessa época surgiram as primeiras torres de água de refrigeração, instaladas sobre a câmara de combustão. A concentração de poeira já atingia níveis de 1000mg/Nm³ (os sistemas modernos atuais atingem até 3 mg/Nm³). Mais tarde, entre 1965 e 1975, surgiram os primeiros sistemas de proteção do meio ambiente, que reduziram as emissões a 100mg/Nm³, além dos incineradores com câmara dupla, cujo objetivo era melhorar a eficiência de queima. Surgiram os primeiros interessados em recuperação de calor para a geração de energia e as plantas de grande capacidade, enquanto a empresa Babcock desenvolvia o sistema de grelhas rolantes.

O período entre 1975 e 1990 foi caracterizado, no mundo desenvolvido, pelo aumento do desempenho energético e pelo desenvolvimento das normas de proteção ambiental, enquanto a população passava a estar mais atenta aos problemas de poluição. Ocorreu a introdução dos sistemas complexos de lavagem de gases, para reduzir as emissões de gases ácidos, com a neutralização de HCl, SO_x, HF e metais pesados. O projeto das caldeiras e os processos de combustão dos orgânicos foram muito melhorados, enquanto a automação passou a ser centralizada. Multiplicaram-se também os centros de tratamento com cogeração de energia, segundo a listagem de eventos compilada pela USP. Na década mais recente, ampliaram-se os movimentos verdes e a pressão ambientalista cresceu globalmente. O tratamento de gases tornou-se ainda mais sofisticado, perseguindo a meta de emissão Zero, enquanto avançaram os sistemas para a remoção de outros poluentes mais críticos, como NO_x, dioxinas e furanos. Surgiram tecnologias avançadas de tratamento, como o uso do plasma térmico, para a produção de resíduos

finais inertes, que podem ser reciclados ou dispostos sem problemas para o meio ambiente. Vários processos estão se sofisticando atualmente no pré-tratamento do lixo, anterior à incineração, para aumentar a sua homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico, de forma a transformá-lo em um combustível de qualidade para a máxima geração de energia. Sofisticam-se também os processos de combustão, com o refinamento dos sistemas de turbilhonamento, secagem, ignição e controle da combustão.

No Brasil, até o momento, as aplicações da tecnologia de incineração se restringem ao processamento de resíduos perigosos e de alto risco, industriais, hospitalares e aeroportuários, e pouco tem sido efetivamente realizado no que se refere à reciclagem da energia contida. (USP).

Segundo a pesquisa da USP, um processo de incineração não pode existir sem estar interconectado a um sistema tecnologicamente avançado de depuração de gases e de tratamento e recirculação dos líquidos de processo. Os gases efluentes de um incinerador carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações muito acima dos limites das emissões legalmente permitidas e necessitam de tratamento físico/químico para remover e neutralizar poluentes provenientes do processo térmico.

Há empresas com sólido know-how nessa área, capacitadas para projetar e instalar sistemas de quarta geração, de forma a garantir que as emissões para a atmosfera ou corpo líquido sejam feitas bem abaixo dos níveis de exigência da leis ambientais, mesmo as mais rigorosas. Estes sistemas são projetados para cada tipo de resíduo a ser processado e, de forma abrangente, estão normalmente baseados em sistema quencher, lavagem ácida de halogêneos, lavagem alcalina e remoção final com lavador de aerossóis ou filtros de manga.

Na etapa de lavagem ácida é feita a retenção inicial do material particulado inerte e a neutralização dos ácidos, com tecnologias específicas para remoção de mercúrio Hg(O), HCl, HF e óxidos, metais pesados classe I, II e III, além de controle das dioxinas e furanos (PCDD/PCDF). A lavagem alcalina neutraliza os poluentes ácidos e contribui para retenção de outros poluentes, com reação em ambiente com alto pH. A remoção final da parte muito fina de particulado (menor que 0,7 mm) é feita em lavador de aerossóis ou em filtros de manga. Os efluentes líquidos são

tratados e reciclados, incluindo processos proprietários de neutralização de efluentes ácidos, regeneração de soda, sedimentação e dessalinização. Atualmente já estão disponíveis filtros catalisadores projetados para a retenção de dioxinas e furanos.

2.4.6 Processar o lixo

Conforme o IBAM, a decisão sobre o sistema de disposição do lixo a ser adotado para uma certa cidade ou região deverá ser precedida de uma avaliação criteriosa das alternativas disponíveis. A escolha dependerá do contexto em que se situe o poder de decisão. Se for considerada apenas como o problema de um setor com orçamento limitado, é óbvio que a Administração buscará a solução mais econômica e esta, quase sempre, será o aterro controlado ou sanitário, desde que exista área adequada e disponível. Se o problema for submetido à ótica mais ampla, deverão ser considerados, ao lado dos custos financeiros, benefícios tais como: preservação do meio ambiente; melhoria das condições sanitárias e dos aspectos sociais envolvidos; economia de divisas com a recuperação de materiais (muitos dos quais fabricados com matéria-prima importada); desenvolvimento da agricultura através do condicionamento de solos, com aplicação de composto orgânico; geração de energia através de componentes combustíveis encontrados no lixo.

O lixo de aterros consome espaço. Para cada 40.000 toneladas de lixo adicionadas a um aterro, perde-se pelo menos um acre de terra para uso futuro. Também se perde uma grande área de seu entorno pois o aterro, com resíduos potencialmente tóxicos, deve ficar isolado das áreas residenciais.

Segundo ZERO WASTE, o volume de lixo produzido na cidade é a manifestação de um problema mais fundamental: a evolução da economia mundial do descarte. Produtos descartáveis, facilitados pelo apelo da conveniência e do custo artificialmente baixo de energia, são responsáveis por grande parte do lixo produzido. É fácil esquecer quantos produtos descartáveis existem até que se comece, efetivamente, a listá-los. Substituem-se lenços, toalhas de mão e guardanapos de pano pelos de papel, e as garrafas de vidro, reutilizáveis, por latas e garrafas plásticas. Talvez, como o último dos insultos, os próprios sacos de compras que são utilizados

para transportar os produtos descartáveis são, eles próprios, descartáveis, somando-se ao fluxo do lixo. A pergunta no caixa do supermercado, “Papel ou plástico?” deveria ser substituída por, “Você trouxe sua sacola?”

O desafio que se enfrenta, hoje, é a substituição da economia do descarte pela economia da redução/reutilização/reciclagem. A Terra não pode mais tolerar poluição, uso de energia, perturbação da mineração e desmatamento exigidos pela economia do descarte. Para as cidades o desafio é, em primeiro lugar, menos o que fazer com o lixo e mais como evitar sua produção. Mas, até mesmo elas estão longe de explorar o potencial pleno da reciclagem do lixo. Há muitas formas de reduzir a montanha diária de lixo, com a tecnologia para reciclar praticamente todos os componentes do lixo. Por exemplo, a Alemanha, hoje, obtém 72 por cento do seu papel a partir de fibras recicladas. Com vidro, alumínio e plásticos, as taxas potenciais de reciclagem são até maiores (ZERO WASTE).

Os nutrientes do lixo também podem ser reciclados pela compostagem de materiais orgânicos, inclusive resíduos de parques e jardins, restos de alimentação e de produtos de supermercados. Anualmente, o mundo minera 139 milhões de toneladas de rocha fosfatada e 20 milhões de toneladas de potassa, a fim de obter fósforo e potássio necessários para substituir os nutrientes que as lavouras removem do solo. A compostagem urbana que devolveria os nutrientes ao solo poderia reduzir enormemente estes gastos em nutrientes e a perturbação causada por sua mineração. Uma outra medida para a redução do lixo, nesta situação de estresse fiscal, seria aplicar um imposto sobre todos os produtos descartáveis (efetivamente um imposto do lixo), para que os usuários de produtos descartáveis suportassem diretamente o custo de sua destinação final. Isto aumentaria receitas reduzindo, ao mesmo tempo, os gastos para a destinação do lixo e ajudando a reduzir o déficit fiscal da cidade. Há inúmeras soluções de ganho economicamente atraentes e ambientalmente desejáveis que podem ser extremamente proveitosas para a sociedade, na busca de uma resposta que trate as causas, ao invés dos sintomas da geração do lixo.

Segundo o IBAM, em séculos anteriores comentava-se que "o lixo é o barômetro da civilização", significando que a sociedade produtora da maior quantidade de lixo seria a mais avançada. No passado, considerava-se que os recursos naturais seriam ilimitados e o

enriquecimento social seria realizado por meio de grande consumo de recursos e a conseqüente produção de lixo. Tal tipo de avanço econômico, no sentido apenas quantitativo, era apoiado pelo capitalismo clássico. Se a civilização fosse subdesenvolvida, a humanidade seria mais pobre. Portanto, as pessoas utilizavam sua sabedoria para aproveitar ao máximo os poucos materiais que tinham. Conforme o desenvolvimento da produção industrial, elas se tornaram mais preguiçosas, produzindo grande quantidade de lixo na procura de uma vida mais confortável.

Neste século, esse raciocínio deve ser invertido. A sociedade com menor desperdício e menor estrago natural, que produz menor quantidade de lixo por pessoa, será a mais avançada. Ou seja, viver com mais eficiência é mais inteligente, de melhor qualidade e cultura mais elevada. Para isso, naturalmente, é necessário ter mais sabedoria e educação. É necessário mudar o rumo da civilização do quantitativo para o qualitativo e essa revolução cultural começará a partir do comportamento diário de cada um.

Nos países de alta densidade demográfica e de alto nível de renda, como no Japão, na Alemanha, na Bélgica e nos estados da costa leste dos Estados Unidos, o lixo principal é composto de embalagens. A coleta do lixo é praticamente total e a coleta seletiva está em desenvolvimento. O lixo é queimado em incineradores, gerando energia elétrica. Resíduos de materiais não combustíveis são depositados em aterros sanitários.

Nos países de baixa densidade demográfica e de alto nível de renda, como no Canadá, nos países do norte da Europa e nos estados da costa oeste dos Estados Unidos, os principais lixos são embalagens e resíduos de jardinagem. A coleta de lixo é total e a forma principal de tratamento é o aterro sanitário. Em algumas regiões a compostagem ainda está em desenvolvimento.

Nos países de baixa densidade demográfica e de baixo nível de renda, como em algumas regiões da África e da América do Sul, o principal lixo são os resíduos de alimentos. A coleta de lixo é incompleta e ele é despejado principalmente em locais a céu aberto, chamados popularmente de "lixões", e em aterros sanitários. Outras destinações são ainda incipientes.

Nos países de alta densidade demográfica e de baixo nível de renda, como na Índia, na China e no Egito, a principal forma de lixo são os alimentos, ficando acima das embalagens. A coleta do lixo é inadequada e, além disso, os aterros sanitários estão cheios. Há necessidade de abrir novos aterros sanitários com controle ambiental. Um grande número de catadores de lixo trabalha nas ruas, nos aterros sanitários e nos lixões, abastecendo a indústria de reciclagem.

Uma representação destas alternativas é indicada no Quadro 5.

QUADRO 5. Influência da densidade populacional e do nível de renda no lixo

		DENSIDADE POPULACIONAL	
		ALTA	BAIXA
NÍVEL DE RENDA	ALTA	Lixo principal: embalagens Coleta total. Coleta seletiva em desenvolvimento. Lixo incinerado gera energia elétrica. Resíduos finais em aterros sanitários.	Lixo principal: embalagens e restos de jardinagem. Coleta total. Deposição em aterros sanitários. Compostagem em desenvolvimento.
	BAIXA	Lixo principal: restos de alimentos. Coleta insuficiente. Aterros cheios. Necessidade de aterros sanitários. Grande atividade informal para alimentar recicladoras.	Lixo principal: restos de alimentos. Coleta incompleta. Deposição em lixões e aterros sanitários.

Teoricamente, todo o lixo produzido domesticamente poderia ser reutilizado ou reciclado, mas alguns produtos devem ficar fora do processo por questões de segurança ou dificuldade de manuseio. Segundo o IBAM, o lixo doméstico (ou de escritórios) deveria ser separado em seis grupos principais, como ilustrado na Figura 16:

Grupo 1: papéis: jornais, revistas, embalagens, papelão (exceto papel de fax e carbono).

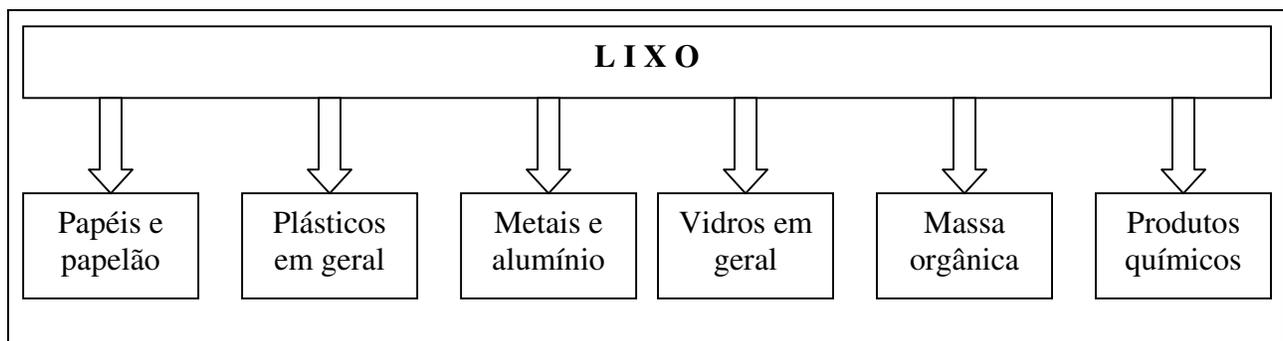
Grupo 2: plásticos de qualquer tipo (nem todos são recicláveis, mas eles serão separados nos centros de triagem ou usinas de reciclagem).

Grupo 3: metais como latas de alimentos em geral, fios de cobre, arames, peças de automóveis de ferro, latinhas de alumínio de cerveja ou refrigerante.

Grupo 4: vidros em geral como copos, frascos, embalagens e garrafas (exceto vidros de janela e lâmpadas). Para reciclagem, os vidros em geral são separados mais tarde em três cores básicas: marrom, verde e branco, mas este processo na maioria das vezes é feito na própria empresa que os vai reciclar.

Grupo 5: lixo orgânico. Restos orgânicos como casca de frutas, restos de legumes, restos de comida e restos de jardins podem ser transformados em adubo.

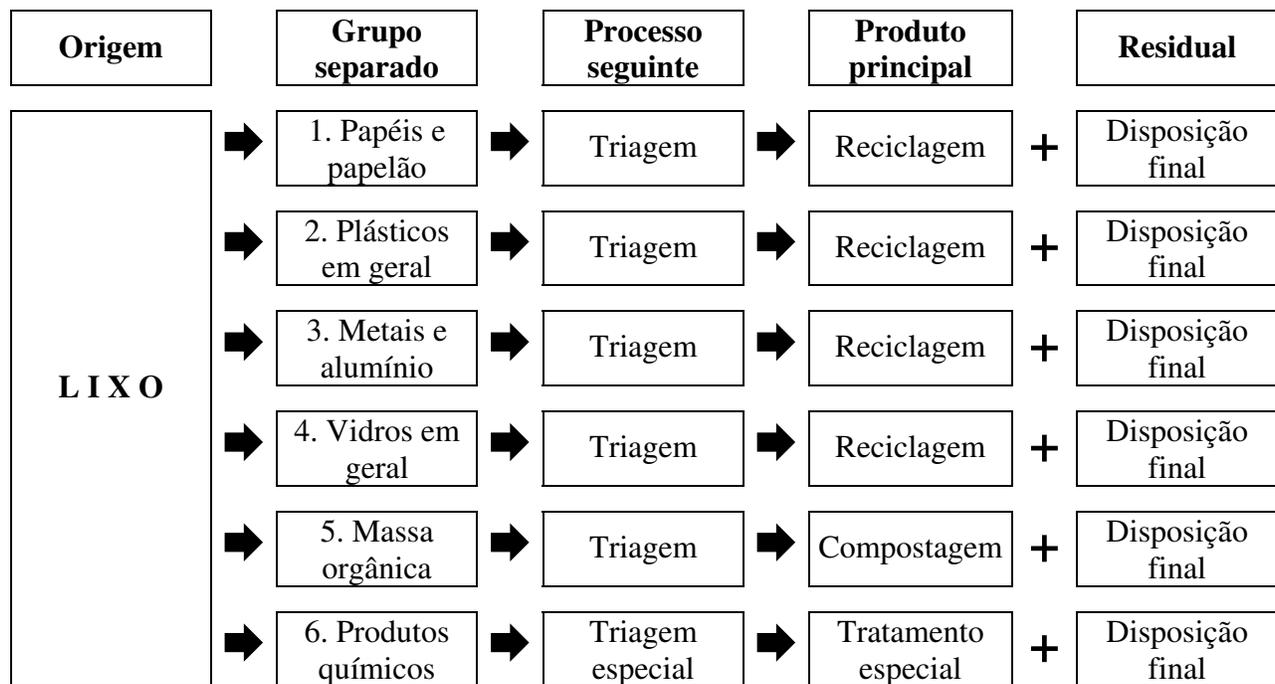
Grupo 6: produtos químicos, materiais infectados, pilhas, tintas, inseticidas, mercúrio, papel sujo, chapas fotográficas, lâmpadas e outros podem ser reciclados, mas requerem coleta e tratamento especializado.



Fonte: IBAM

FIGURA 16. Grupos principais de separação do lixo

Considerando as destinações possíveis aos diversos grupos separados e um determinado limite nas condições reais de separação, que implica em um certo fator de rendimento (eficiência) na triagem, o resultado prático dessa etapa é a obtenção de maior quantidade de produto principal, que se deseja realmente processar, e uma quantidade residual desse mesmo produto ou de semelhantes que, a partir desse determinado limite, não oferece mais condições de separação ou vantagens nessa atividade (Figura 17). Em geral, o produto principal é conduzido a uma etapa de processamento cujo resultado possa gerar rendimento financeiro de algum tipo e o residual é encaminhado à disposição final, sob a forma de depósito em lixões, aterros ou eliminação por incineração. A proporção entre as duas quantidades é bastante variável e pode depender de fatores locais, circunstanciais, econômicos, hábitos e costumes da população e da administração.



Fonte: IBAM

FIGURA 17. Destinações possíveis aos grupos separados do lixo

Como discutido em 2.3.4 e 2.4.4, o processo de reciclagem é extremamente benéfico à sociedade e deve ser incentivado ao máximo, mas encontra complicadores na prática que tolhem seu desenvolvimento e sua integração aos hábitos cotidianos da sociedade. O mesmo ocorre com a compostagem, conforme discutido em 2.3.2 e 2.4.2. Isso resulta em limitado aproveitamento dos recursos ainda disponíveis no lixo, transferindo o peso quantitativo da porção do produto principal para a porção do residual e, portanto, para a etapa de disposição final. Sob esse enfoque, as opções de descarte em aterros (lixões ou sanitários) ou eliminação por incineração tornam-se preferenciais e, em geral, opta-se pelo descarte por razões econômicas, forçando uma situação de desperdício de enormes quantidades de material ainda útil.

Produtos químicos passam por tratamento diferenciado e devem ser retirados do lixo tão cedo quanto possível e encaminhados para instalações especializadas em sua reciclagem ou disposição final. Como sua participação no lixo doméstico fresco é pequena e ocasional, pode-se concentrar o foco das atenções nos grupos um a cinco, envolvendo os processos de reciclagem e compostagem.

Sob os critérios de *origem e produção*, o lixo considerado neste estudo é do tipo *doméstico*. Do ponto de vista da *composição química*, possui componentes *orgânicos e inorgânicos*. Analisando sua *destinação*, ocorrem três possibilidades:

1. *Descarte sem tratamento*: o lixo é depositado em lixões a céu aberto, sem tratamento de qualquer espécie. As limitantes de processo, neste caso, são os sérios problemas de saúde pública gerados pelo depósito, os custos de transporte do lixo até o lixão e os custos e a disponibilidade da área designada como lixão. Em termos de área, incorre-se em dilema fundamental: enquanto deve ser distante da cidade, para evitar contato com a população e sua contaminação, deve ser próxima para reduzir os custos de transporte do lixo.
2. *Descarte com tratamento*: o lixo é depositado em aterros abertos ou sanitários. As limitantes de processo são os problemas de saúde gerados pelo depósito (embora com dimensões menores que no caso anterior, ocorrem com a mesma intensidade), os custos de transporte do lixo até o local e os custos e a disponibilidade da área designada para depósito. O mesmo dilema ocorre em termos de localização da área e dos custos de transporte.
3. *Descarte com tratamento*: o lixo é encaminhado a tratamentos diferenciados, segundo a natureza dos componentes separados. Os componentes inorgânicos, especialmente plásticos, vidro, papel e metais, são destinados à reciclagem industrial. Os componentes orgânicos são encaminhados à reciclagem orgânica, como compostagem. Os componentes residuais ou que não permitem reciclagem são eliminados através de incineração ou depositados em aterros sanitários. As limitantes de processo, no caso da reciclagem industrial, são os custos do processo em si, os custos da separação dos componentes a partir do lixo e o caráter ainda incipiente da coleta seletiva junto à sociedade. No caso da reciclagem orgânica, as limitantes de processo são os custos da separação dos componentes a partir do lixo, os custos de transporte dos componentes antes do beneficiamento e do produto final após a reciclagem, e os custos e a disponibilidade da área destinada à reciclagem em si. No caso da incineração, as

limitantes passam pelos custos do equipamento utilizado, pelos custos dos tipos e sistemas de controle de processo e pelo grau de aceitação/rejeição do processo pela sociedade, devido ao conceito de geração de poluição. No caso de deposição dos residuais em aterro, as limitantes são os problemas de saúde gerados pelo aterro, os custos de transporte do lixo até o local e os custos e a disponibilidade da área designada para depósito.

Essas limitantes podem ser representadas conforme a Figura 18.

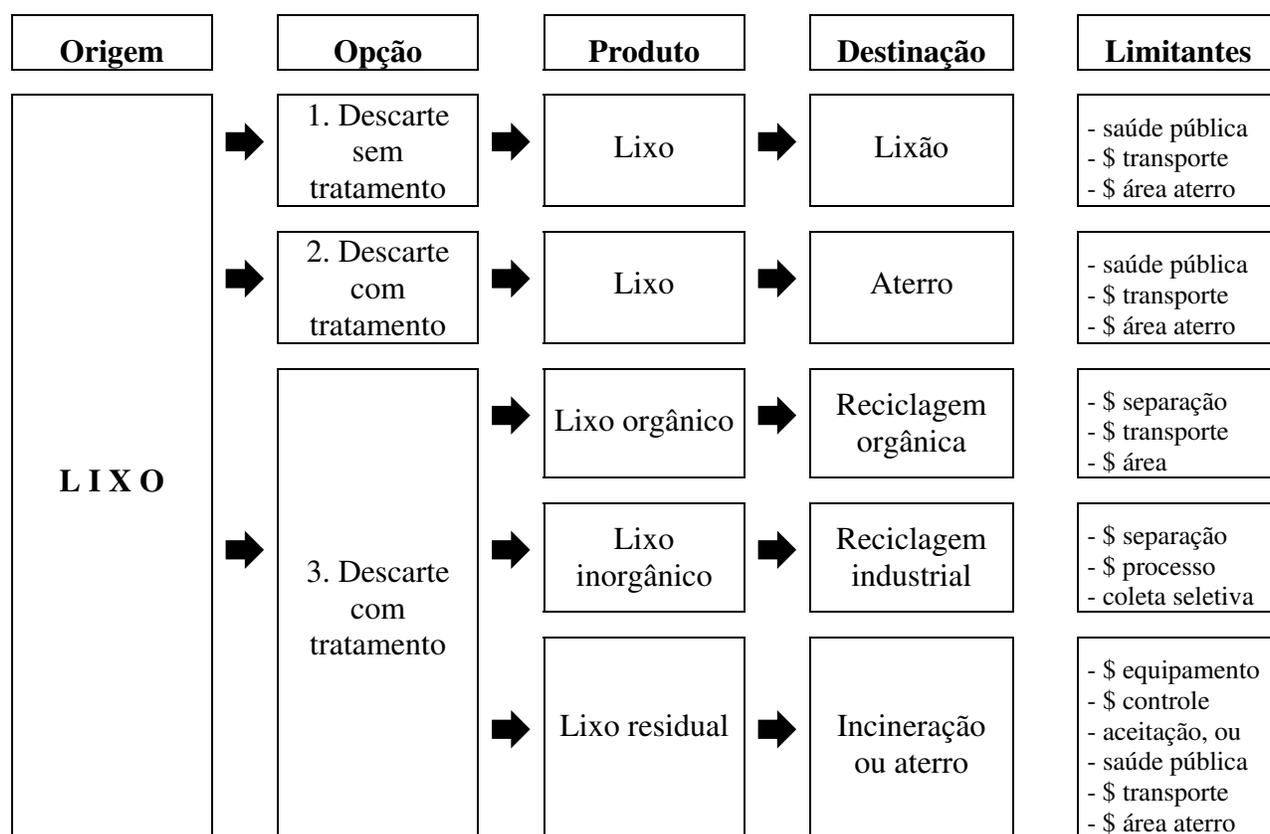


FIGURA 18. Limitantes dos processos de destinação do lixo

Essas limitações de caráter prático, em função de sua natureza e temporalidade, podem alterar as destinações finais dos componentes do lixo, levando a determinadas situações que podem ser corrigidas pela adoção do processo adotado para este estudo. Conforme discutido em 2.3.1 e segundo a Tabela 2, tem-se que 94% do lixo coletado na cidade de São Paulo é destinado

a aterros, numa evidente simplificação de alternativas que demonstra grande potencial de mudança e de aproveitamento de material ainda útil.

2.5 Processo em estudo

O processo adotado para este estudo está em fase de introdução no Brasil pela empresa suíça (de língua alemã) ITZ AG. Ingenieur Team Zürich, do ramo de tecnologia ambiental, com sede em Zurique, Suíça, doravante denominada simplesmente Empresa.

Trata-se de processo patenteado para processamento a frio de lixo doméstico fresco, com sua decomposição em subprodutos como, por exemplo, na forma de materiais recicláveis, água e massa, cada qual permitindo destinações intermediárias ou finais específicas. A mesma tecnologia pode ser utilizada para desmanche de aterros sanitários já formados ou ainda em processo de formação, o que permite um reposicionamento técnico e estratégico em relação a áreas já utilizadas para despejo / armazenagem de lixo e consideradas, ao longo do tempo, como inadequadas ou mesmo perdidas para outros tipos de utilização, inclusive para ocupação habitacional, que podem ser recuperadas e tratadas.

A Empresa é certificada pelo BVQI Bureau Veritas Quality International conforme ISO 9000 e todos os seus projetos e instalações correspondem a esta certificação. A especialidade do grupo industrial é o desenvolvimento de tecnologia para proteção ambiental e sua diretriz básica é realizar essa atividade com responsabilidade social, ou seja, desenvolver tecnologia para resolver problemas do meio ambiente sem criar outros.

Para um Brasil carente de soluções modernas - eficazes e eficientes - com efetivo resultado prático e uma relação custo/benefício otimizada em favor da população, a tecnologia proposta deverá contribuir para a resolução de problemas até agora mal enfrentados pelas administrações públicas e pela iniciativa privada, sob a máscara da falta de verbas ou da preferência por soluções domésticas, cujo adiamento somente vem gerando crescentes problemas adicionais e acumulando gravames para o futuro.

A flexibilidade no desenvolvimento da tecnologia do processo permite sua utilização em inúmeras e diversificadas condições e isso garante sua viabilidade de uso nos mais variados países e regiões, inclusive o Brasil. Por mais diversos que possam ser os hábitos alimentares e de consumo do Homem sobre a Terra, há ambientes e padrões que se repetem ou condições de similaridade que se combinam de forma análoga, tornando possível o tratamento do lixo doméstico fresco por esse processo sem a necessidade de barreiras operacionais ou mesmo conceituais, baseadas em manifestações de xenofobia do tipo “nosso lixo é único”, “nosso lixo é diferente dos demais” ou “somente nós conhecemos nosso lixo”.

Segundo a ENVIRONMENT CANADA, a Agenda 21, um dos compromissos firmados na Conferência Mundial do Meio Ambiente, a ECO 92, importante documento constituído de quatro seções e quarenta capítulos, propõe que o lixo seja tratado tendo em vista três Rs, seguindo uma hierarquia:

- 1º – Reduzir a produção;
- 2º – Reutilizar;
- 3º – Reciclar.

Estes três itens são um apelo para que a população mundial se conscientize de que o aumento do lixo é resultado de hábitos consumistas que levam ao gasto excessivo com produtos supérfluos (ou planejados para durar pouco) em embalagens inadequadas.

O processo utilizado neste estudo busca atender ao espírito da Agenda 21, por meio dos itens 2 e 3. Considerando que o item 1 – reduzir a produção de lixo – está fora de seu escopo de atuação e deverá ocorrer por obra de conscientização da sociedade ou por motivos de força maior, a Empresa direciona seu processo para a reutilização da água – item 2 – e para a reciclagem de outros componentes do lixo doméstico – item 3. O terceiro e maior componente da separação do lixo, a massa restante, enquadra-se no quarto R – Recuperar - adicionado posteriormente e, na seqüência do processo, é tratado para encaminhamento intermediário – conformação - ou final - utilização como combustível para recuperação de energia.

Capítulo 3 Processo industrial proposto para lixo

3.1 Processo industrial

O processo básico proposto para este estudo considera o aproveitamento integral do lixo, em função dos fatores de eficiência discutidos no Capítulo 2, sendo as entradas e saídas estabelecidas conforme ilustrado na Figura 19, em que o lixo é processado e tem, como subprodutos, os materiais recicláveis, a água e a massa sólida, para diferentes destinações.

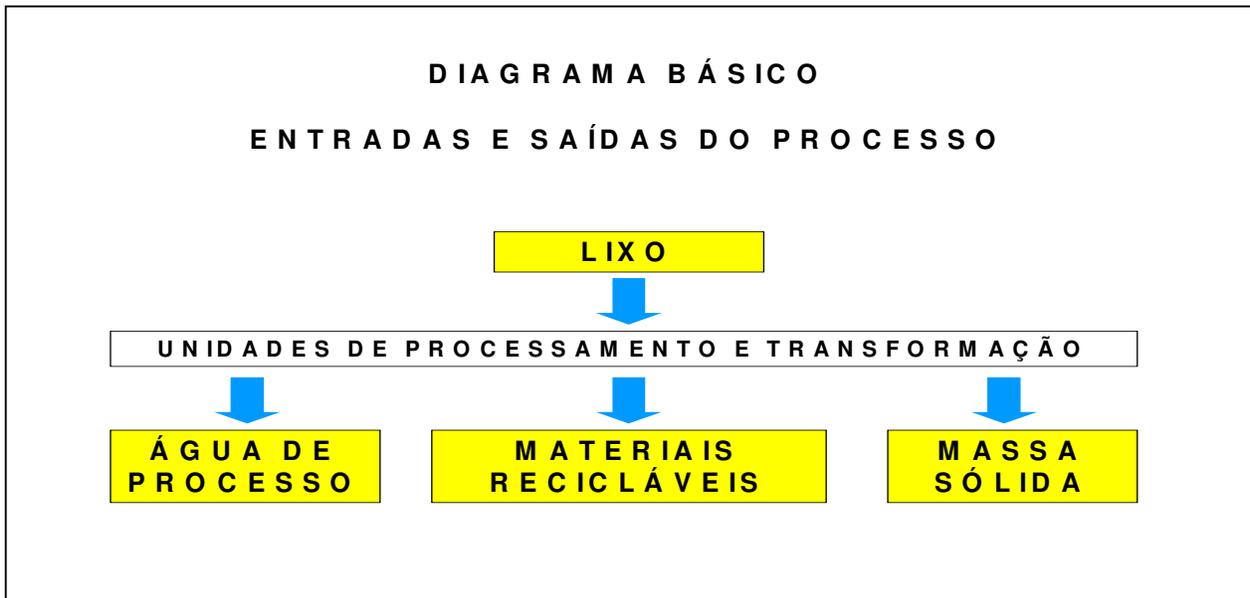


FIGURA 19. Entradas e saídas do processo básico

A água resultante do processamento pode ser devolvida ao meio ambiente na forma em que se encontra ou, como melhor solução, passar por tratamento adequado aos requisitos exigidos a sua próxima destinação, inclusive o próprio meio ambiente. Considerando que a grande maioria das cidades não trata de forma adequada ou suficiente seus efluentes, o despejo de água tratada e

limpa em rios e/ou lagos passa a ser vantajoso do ponto de vista ambiental. Seu aproveitamento como água de processo também é vantajoso, pois implica em menor quantidade de água retirada de rios e/ou lagos e que passará por alterações térmicas e de composição durante seu uso em processos industriais, atendendo o critério R – reutilizar.

Os materiais recicláveis representam uma parcela dos componentes do lixo que está pronta para ser processada diretamente a partir desse ponto, nas empresas recicladoras, bastando para isso que sejam transportadas até lá. Após uma ou mais etapas de separação adequada, estes materiais podem ser encaminhados aos processos de origem ou similares, para reaproveitamento integral, atendendo também mais um item do desenvolvimento sustentável.

A massa sólida pode ser utilizada como combustível, devido a sua alta capacidade calorífica. Em países de clima frio e invernos mais rigorosos, é comum que ela seja transformada em pellets ou briquetes de diversas dimensões e usada para fins de aquecimento e combustão industriais, comerciais e aquecimento doméstico. No Brasil, devido às temperaturas regionais médias observadas durante o ano, descarta-se sua utilização para aquecimento doméstico. No caso de aquecimento e combustão industriais ou comerciais, a opção natural converge para determinados tipos de conglomerados que, em função de políticas históricas, não apresentam vantagens econômicas nas negociações comerciais a médio e longo prazos, o que pode influenciar diretamente as condições de sobrevivência da empresa no mercado.

Adotando essas premissas, para instalação no Brasil foi adotada a configuração ilustrada na Figura 20, em que o lixo é processado na configuração básica e cada subproduto é destinado a nova unidade de processamento, gerando materiais recicláveis para o mercado, água tratada a partir da água separada do processo e energia elétrica a partir da massa sólida. A etapa de reciclagem propriamente dita ocorre externamente à empresa e as etapas de tratamento da água e de geração de energia elétrica ocorrem internamente. Cada uma das saídas representa uma fonte de receita para o empreendimento e cada unidade de processamento representa um centro de custo, cujos resultados devem ser otimizados.

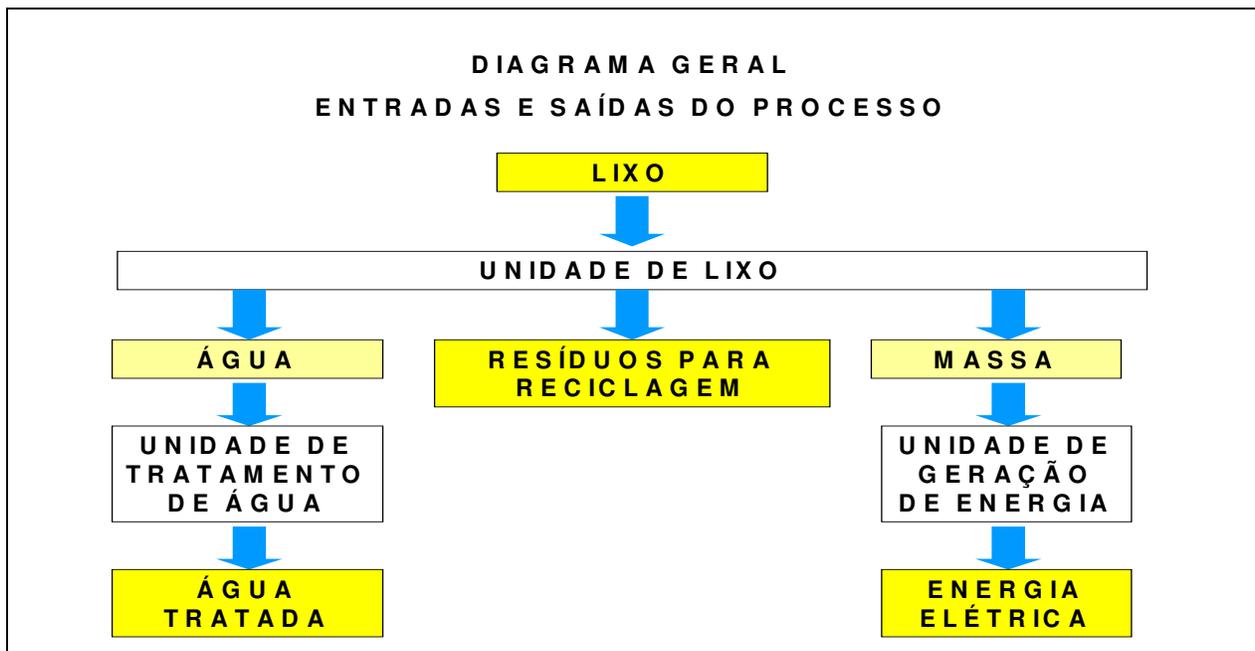


FIGURA 20. Diagrama geral: entradas e saídas do processo selecionado

Conforme ilustrado na Figura 21, o principal produto de entrada na usina de processamento é o lixo. As saídas dessa unidade são água, massa e os materiais sólidos separados. Estes podem ser encaminhados para a etapa seguinte de reciclagem, após uma separação adequada que busque reunir os materiais semelhantes em condições de transporte e movimentação. As etapas de separação levam também em conta a necessidade de segregar componentes que não ofereçam condições de reciclagem ou condições de aproveitamento no processo e que devam ser encaminhados a outros tipos de destinação e reciclagem industrial, formados por materiais estranhos, denominados bagulhos. Os materiais/produtos recicláveis, como caixas e embalagens de papelão, plásticos, metais ferrosos, metais não ferrosos e vidro, que se prestam muito bem ao reaproveitamento em seus processos de origem ou assemelhados, e materiais menores (enquadrados ou não nas categorias anteriores) devem ser objeto de separação intensa e cuidadosa, buscando maximizar sua retirada do fluxo de lixo na entrada da usina, para que a massa restante possa ter melhor aproveitamento nas etapas seguintes. Além disso, a retirada desses materiais/produtos facilita a operação de diversos equipamentos nas etapas seguintes, reduzindo seu desgaste e conseqüentes despesas com manutenção e reparos.

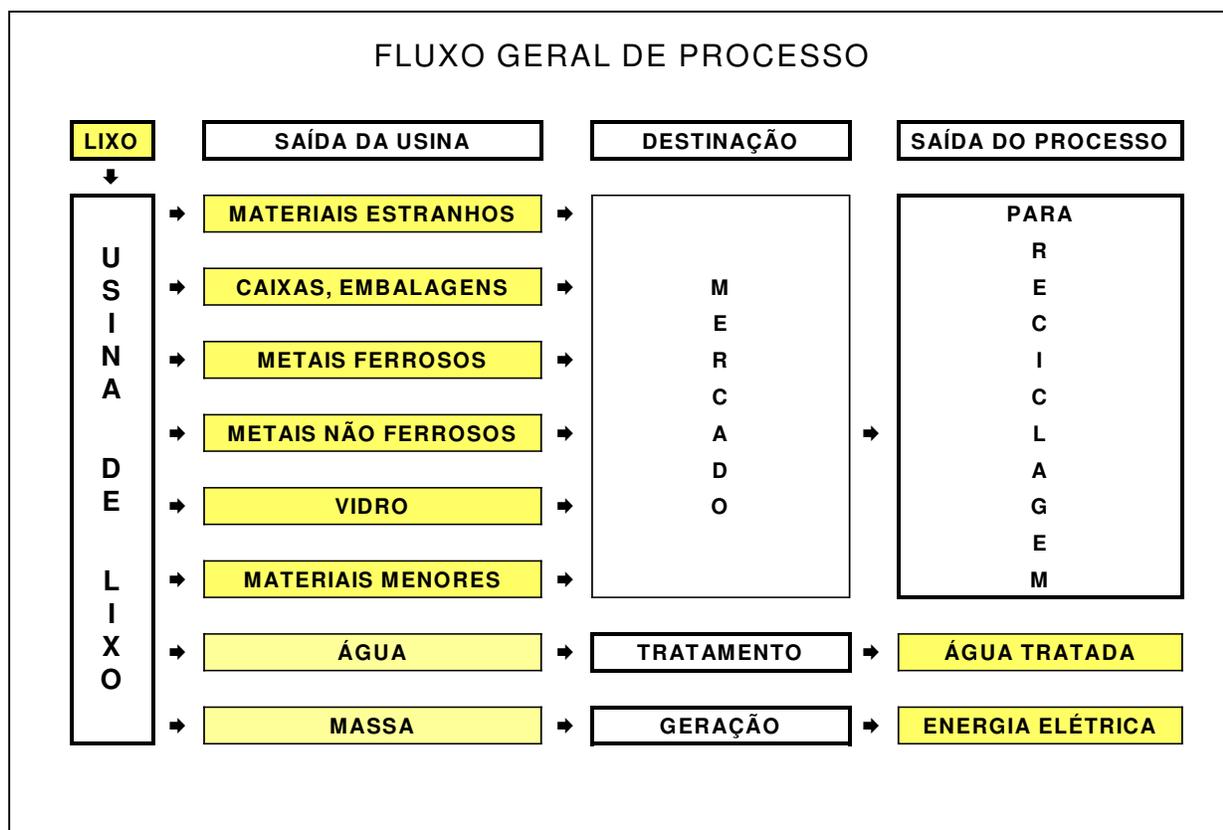


FIGURA 21. Fluxo geral de processo (entradas e saídas)

Considerando o fluxo geral de processo, as destinações imediatas a partir da usina de processamento de lixo são: o mercado, para os materiais recicláveis; a estação de tratamento de água, para a água separada, e a unidade de geração de energia elétrica, para a massa sólida. As destinações finais para os materiais recicláveis são os processos específicos em que os ditos materiais serão reaproveitados, resultando em produtos para o mercado industrial ou consumidor. A estação de tratamento de água faz a adequação dos parâmetros constatados na água aos valores especificados pela legislação vigente e pelos órgãos controladores constituídos, para que a água esteja em conformidade com os padrões exigidos para cada destinação final e possa ser liberada para cada uso. A unidade de geração elétrica realiza o reaproveitamento energético da massa sólida seca, com um determinado rendimento de processo (eficiência), transformando o poder calorífico da massa seca, como insumo, em energia elétrica, como produto final, para entrega aos consumidores finais através da rede de distribuição.

3.2 Análise do processo

Com base na Figura 22, o processo pode ser descrito de acordo com os itens seguintes.

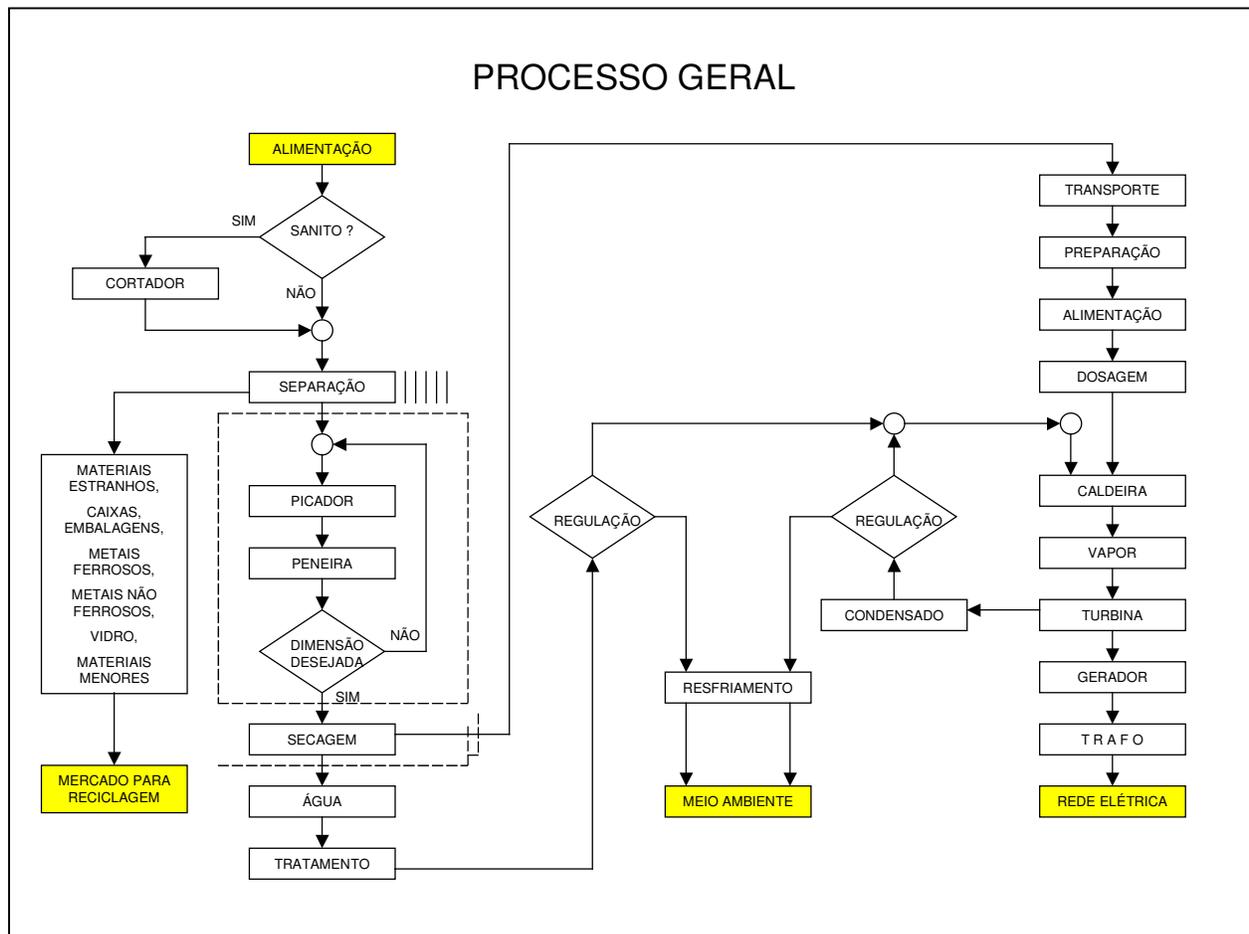


FIGURA 22. Etapas do processo completo

3.2.1 Alimentação

O lixo é entregue em caminhões procedentes da coleta usual, que o descarregam no ponto de alimentação da usina. Esse local é a céu aberto, construído em forma de pátio de contenção, que evita o derrame do lixo no local, e com piso devidamente dimensionado e construído para evitar infiltrações no solo.

No caso da usina dimensionada para 200.000 toneladas / ano, a capacidade de absorção para tratamento e transformação do lixo será, em média, de 555,5 toneladas / dia. Considerando-se um caminhão que transporte em média 6 toneladas, isso significa que a usina terá capacidade de absorver uma carga a cada 15 minutos, processando o lixo equivalente à carga de 93 caminhões diários.

Se houver acúmulo nesse ponto, o lixo permanecerá no pátio por somente algumas horas. A logística de alimentação prevista para a unidade visa alcançar o menor tempo de retenção do lixo nesse local. A partir do ponto de alimentação o lixo é pesado de forma contínua e deslocado, via transportadores, para os pontos de separação

3.2.2 Abertura de sacos plásticos

A primeira etapa de separação diz respeito ao acondicionamento. No Brasil, é bastante comum o lixo ser acondicionado em sacos plásticos, na maioria das vezes adequados a essa finalidade e comercializados em tamanhos diferenciados, segundo o volume a ser coletado. Para efeito de processo, o lixo recolhido em sacos plásticos deve ser retirado dos mesmos e processado normalmente. Por esse motivo, o lixo fornecido em sacos plásticos é desviado para uma estação paralela, que executa a abertura dos sacos por meio de equipamento cortante. Os restos dos sacos plásticos passam, agora, a fazer parte do lixo. O lixo aberto retorna ao fluxo principal e se mistura com a parcela que não estava acondicionada.

3.2.3 Separação

Esta etapa é constituída de seis etapas de separação manual, concentradas ao longo do fluxo principal do lixo, movimentado e conduzido por esteira transportadora. A separação é efetuada por seis grupos de funcionários treinados e destacados para um determinado tipo de material a ser separado. Para melhorar a qualificação dos funcionários, introduzindo o conceito de polivalência funcional, e reduzir os efeitos do estresse da operação cotidiana, está previsto que haja alternância dos funcionários nos grupos e dos grupos em relação ao tipo de material a ser separado. Os materiais separados são colocados pelos funcionários em esteiras transportadoras

perpendiculares ao fluxo principal, que os conduzem às áreas de concentração. Os metais ferrosos, não ferrosos e vidro são lavados em estação específica (*jet spray*) posicionada ao longo de cada esteira. A água resultante dessa lavagem é tratada e parcialmente recirculada.

A primeira etapa de separação retira materiais estranhos ao lixo doméstico, denominados bagulhos, como partes de móveis, pedaços de madeira, partes estruturais e similares.

A segunda etapa de separação retira caixas e partes de papelão e embalagens de plástico (por exemplo, partes de PVC e plásticos mais pesados, típicos materiais clorados).

A terceira etapa de separação é distribuída em várias linhas móveis ao longo do fluxo principal, contendo equipamento eletromagnético móvel para retirada dos materiais de metais ferrosos do fluxo e sua condução às esteiras de condução à área de concentração. O material que eventualmente não seja retirado pelo equipamento ainda fica sujeito à inspeção do terceiro grupo de funcionários, sendo colocado nas esteiras de retirada.

A quarta etapa de separação retira os metais não ferrosos, de forma manual, sendo o exemplo mais típico desta etapa as latas de alumínio.

A quinta etapa de separação retira partes e elementos de vidro, tendo como exemplos típicos garrafas e copos.

A sexta e última etapa de separação serve para a retirada de materiais menores que não foram detectados e/ou retirados nas etapas anteriores.

Todos os materiais separados são continuamente transportados para fora do setor de separação e recolhidos aos meios de transporte adequados (caçambas, caixas, gaiolas, etc.), segundo o critério da empresa recicladora em questão, e devidamente transportados para reciclagem. O controle das linhas e da movimentação dos materiais é de cada grupo atuante nas etapas de separação, formando assim uma cadeia de suprimento que visa manter o padrão de atendimento e resultado em todos os elos do processo (Deming, 1990).

3.2.4 Redução dimensional (etapa 1)

Após a retirada dos materiais estranhos e recicláveis, o lixo é conduzido a uma estação de redução dimensional, composta de picadores de corte calibrado e de peneiras vibratórias com tela de abertura definida.

O lixo passa pelos picadores, sendo reduzido a partes de menor dimensão e, em seguida, passa pelas peneiras vibratórias. Os componentes que atravessam a tela estão em conformidade com a dimensão desejada e são conduzidos à etapa seguinte. Os componentes que não atravessam a tela ainda não estão em conformidade com a dimensão desejada e são retornados ao fluxo de entrada do picador, para nova redução dimensional, em fluxo de recirculação contínua.

3.2.5 Secagem

Nesta etapa o lixo, agora reduzido a partes menores, é submetido a processo de alta compressão, para retirada da água, sendo em seguida secado e esterilizado. Esta parte do processo é realizada em ambiente fechado e isolado térmica e acusticamente.

A água é recolhida na etapa de compressão e conduzida para fora do fluxo principal do processo, sendo tratada para atingir os parâmetros especificados para sua destinação final.

3.2.6 Tratamento de água

A água retirada do lixo é conduzida à unidade de tratamento, que opera de forma hermética. Conforme a destinação pretendida, a água pode ser tratada para atingir os requisitos de pureza especificados pela legislação vigente e pelos órgãos de controle designados.

A água tratada do tipo natural e potável é conduzida para os respectivos destinos.

A água do tipo industrial é conduzida ao sistema de regulação para complementação da caldeira, que determina sua demanda e a liberação do restante para aproveitamento externo, inclusive nos fluxos de resfriamento necessários.

3.2.7 Redução dimensional (Etapas 2 e 3)

Após processamento nas etapas de secagem e esterilização, o lixo é conduzido a uma estação dupla de redução dimensional, composta de duas estações seqüenciais, cada uma com picadores de corte calibrado menor que o da estação anterior e de peneiras vibratórias com tela de abertura definida menor que a anterior.

O lixo passa pelos picadores, sendo reduzido a partes de menor dimensão e, em seguida, passa pelas peneiras vibratórias. Os componentes que atravessam a tela estão em conformidade com a dimensão desejada e são conduzidos à etapa seguinte. Os componentes que não atravessam a tela ainda não estão em conformidade com a dimensão desejada e são retornados ao fluxo de entrada do picador, para nova redução dimensional, em fluxo de recirculação contínua.

Ao final do estágio duplo de redução dimensional, o lixo está picado em partes muito pequenas, praticamente desfiado, e pronto para processamento posterior.

3.2.8 Alternativas de aproveitamento do lixo

A partir deste ponto, o processamento do lixo permite que ele tenha diferentes destinações. O processo básico, utilizado com maior frequência na Europa, prevê sua compactação em elementos sólidos como *pellets* ou *brickets*. Os primeiros têm dimensão reduzida e os segundos são similares a tijolos. Ambos podem ser utilizados para fins de combustão. Na Europa são muito utilizados em instalações de aquecimento residencial, comercial ou industrial. Os *brickets* são mais utilizados em escala industrial, para processos onde grandes volumes são necessários.

A vantagem da utilização do lixo como combustível é seu alto poder calorífico. Um carvão de boa qualidade tem poder calorífico na faixa de 6.000 a 9.000 kJ/kg, enquanto a massa sólida proveniente do lixo pode apresentar um poder calorífico na faixa de até 16.000 a 20.000 kJ/kg.

Na configuração adotada para o Brasil e para este estudo, optou-se por aproveitar essa capacidade de geração de calor na geração de energia elétrica. Dessa forma, eliminam-se as etapas de conformação do lixo em *pellets* ou *brickets*, além de todas as suas fases de comercialização e movimentação, sendo a massa do lixo conduzida diretamente à unidade seguinte de processamento.

3.2.9 Unidade de geração de energia - alimentação

A partir da saída da usina de processamento, passando pelas etapas 2 e 3 de redução dimensional, o lixo é conduzido à etapa de alimentação da unidade de geração de energia por meio de esteira transportadora fechada, para ser processado.

3.2.10 Preparação

Antes da alimentação propriamente dita, o lixo é pesado de forma contínua e preparado para as etapas seguintes, por meio de aeração localizada e movimentação, em uma estação localizada imediatamente após a entrada da massa na unidade de geração de energia.

3.2.11 Dosagem

Para dar entrada na caldeira, o lixo passa por um dispositivo de dosagem, que garante o fluxo correto e adequado do lixo em conformidade com os requisitos da combustão.

3.2.12 Caldeira

Na caldeira especial é efetuada a combustão do lixo, que gera calor e aquece a água, formando vapor, que é conduzido à turbina. A Figura 23 ilustra esse fluxo.

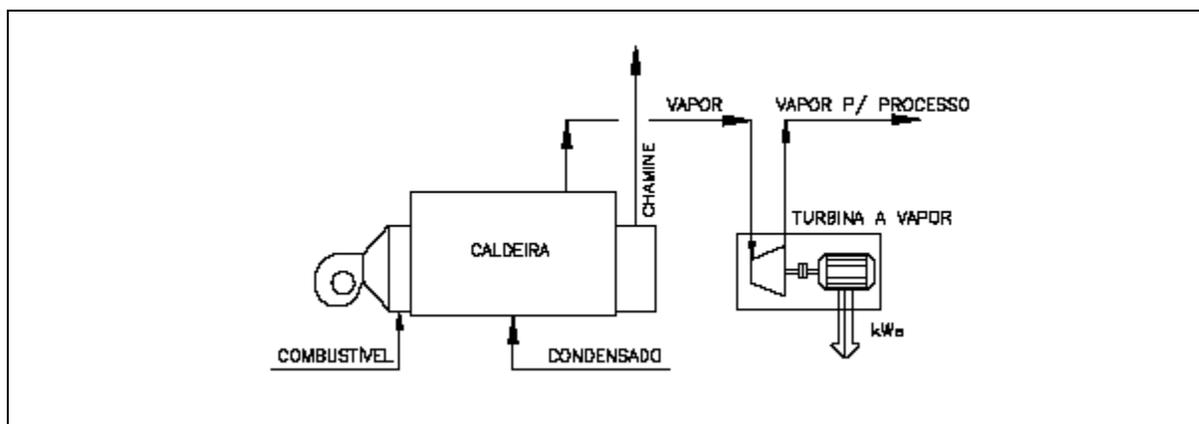


FIGURA 23. Geração de vapor para acionamento de turbina

3.2.13 Turbina

Na turbina a injeção de vapor aciona as pás do rotor, cuja rotação controlada atua como elemento motriz do próximo elemento, o gerador. Após a injeção, o vapor utilizado na turbina sai como condensado e retorna à caldeira, através de um dispositivo de regulação, para ser aquecido e novamente transformado em vapor, num ciclo de economia de energia.

Um dispositivo de regulação determina o fluxo de retorno para a caldeira e, se necessário, sua liberação parcial para fora do circuito. Essa parcela passa por uma etapa de resfriamento e junta-se à água vinda da unidade de tratamento, com destinação definida (retorno ao meio ambiente ou consumo por clientes).

Perdas podem ser repostas através de complementação com água fresca, originada pela unidade de tratamento de água após a usina de lixo e controlada pelo dispositivo de regulação. Devido às altas temperaturas e às altas velocidades envolvidas no fluxo do vapor quando de sua injeção na turbina, é indispensável que a água tenha sido previamente tratada, para evitar sérios problemas de abrasão e desgaste, inclusive de natureza química, que podem ocorrer nas pás e nos elementos móveis da turbina.

3.2.14 Gerador de energia

O gerador de energia elétrica é acionado pela turbina e seu movimento induz campos eletromagnéticos entre rotor e estator, gerando energia elétrica, que é captada pelo sistema elétrico e conduzida à estação de transformação.

3.2.15 Transformação de tensão

Antes de se tornar disponível na rede elétrica, a energia gerada deve ser transformada em alta tensão, para facilitar o transporte pela rede. Isso é realizado em uma estação de transformação, que eleva a tensão até o valor previamente definido e contratado com a empresa distribuidora da rede de energia. A transmissão em tensões elevadas deve-se ao fato de que as perdas de energia nas linhas de transmissão estão diretamente ligadas à quantidade de energia transmitida, à distância e à tensão. Assim sendo, quanto maior for a quantidade de energia a ser transmitida, mais longa a distância, resultando em uma maior tensão de transmissão.

3.2.16 Rede elétrica

Elemento final do sistema, a rede de distribuição recebe a energia elétrica gerada pela instalação e a torna disponível para o mercado em geral ou para clientes específicos, com contratos previamente fechados. A energia elétrica é transportada através das linhas de transmissão existentes em todo o território nacional, chegando aos consumidores por redes de distribuição, que são o conjunto de postes, cabos e transformadores que levam a eletricidade até as residências, indústrias, hospitais, escolas e outros consumidores.

A geração de energia elétrica e, principalmente, sua injeção na rede de distribuição deve ser realizada de forma contínua e controlada, o que exige processamento contínuo da matéria-prima e controle sobre as oscilações de processo. Dessa forma, a condição de operação da unidade de energia elétrica passa a influenciar diretamente a operação da unidade de processamento de lixo, que deve garantir continuidade na alimentação da massa sólida.

3.3 Parâmetros do processo

Considerando uma instalação que possa atender uma cidade ou grupo de cidades com cerca de 750.000 a 1.000.000 de habitantes, entrando em operação à capacidade nominal e permitindo progressiva expansão ao longo dos anos, os parâmetros básicos de entrada fixados para a operação contínua da instalação no Brasil, a partir da definição do produto bruto na alimentação da usina, estão demonstrados na Tabela 4.

TABELA 4. Parâmetros básicos de entrada para operação contínua

Variável	Parâmetro
Capacidade nominal:	200.000 toneladas / ano de lixo
Regime:	Contínuo
Operação:	360 dias / ano
Modo de operação:	24 horas / dia
Turnos de operação:	4 turnos de 6 horas cada
Produto na entrada:	Lixo doméstico fresco sem entulho
Composição do produto:	Padrão médio (para fins de resultados nominais)

Fonte: Empresa

3.3.1 Parâmetros de composição

Segundo a composição do lixo bruto a ser processado, os resultados da instalação podem diferir bastante. É necessário definir qual o padrão médio de composição que pode representar da melhor maneira possível esse lixo a ser processado e isso pode ser feito através de análise prévia. Os resultados de avaliações iniciais, conforme ilustrados na Tabela 5, demonstraram que o padrão médio é satisfatório para essa finalidade.

TABELA 5. Parâmetros de composição padrão médio (% em peso)

Componente	De	Até
Materiais recicláveis	10	10
Água	30	40
Massa	60	50
Total	100	100

Fonte: Empresa

3.3.2 Capacidades nominais médias

As capacidades nominais médias envolvidas no processamento, sob as condições ilustradas nas Tabelas 4 e 5, são as demonstradas na Tabela 6. O volume nominal de 200.000 toneladas por ano representa, em operação de 360 dias ao ano e 24 horas por dia, 555,5 toneladas por dia de lixo bruto a ser processado pela usina.

TABELA 6. Capacidades nominais em t/dia (t/hora)

Componente	De		Até	
Materiais recicláveis	55,6	(2,3)	55,6	(2,3)
Água	166,6	(6,9)	222,2	(9,3)
Massa	333,3	(14,0)	277,7	(11,6)
Total	555,5	(23,2)	555,5	(23,2)

Fonte: Empresa

3.4 Requisitos de Controle

A condição básica de sobrevivência de toda empresa privada é a geração de lucros a partir de suas atividades, acumulando reservas que lhe permitam manter suas operações mesmo durante períodos em que apresente resultados financeiros negativos. Essa condição exige de toda empresa uma série de controles e isso também se aplica à empresa objeto deste trabalho.

Adicionalmente, devido à natureza do produto a ser processado, a instalação deve atender requisitos de controle ambientais, definidos pelos órgãos competentes segundo a legislação e os regulamentos aplicáveis. A não conformidade com esses requisitos pode resultar, conforme a gravidade do caso, em multas de pequeno a grande porte e até mesmo na paralisação da unidade até que o problema seja resolvido de forma satisfatória. Em ambos os casos, isso significa perdas para a empresa, que afetam diretamente seu desempenho econômico-financeiro e repercutem em seu balanço. Dessa forma, os principais requisitos a serem atendidos pela Empresa envolvem:

- controles de processo
- controles de emissões

3.4.1 Controles de processo

Os controles de processo dizem respeito aos controles definidos para as diversas etapas que exercem real influência no processo como um todo, buscando o melhor resultado do conjunto.

Segundo Deming (1990, p. xviii) “ *o comportamento de cada componente do sistema deverá ser avaliado em termos de sua contribuição para o sistema [...]. Alguns componentes podem ter que operar tendo perdas para si próprios, para a otimização do sistema como um todo. [...] O objetivo do administrador de um sistema é o de otimizar o sistema como um todo. Sem uma administração do sistema visto como um todo, subotimizações certamente irão ocorrer. Subotimizações geram perdas.*”

Fazem parte dos controles de processo os controles a seguir descritos.

3.4.1.1 Controles individuais de operação de cada equipamento

Incluem-se nesta modalidade todos os tipos e sistemas de controle destinados a verificar o funcionamento de cada equipamento, definidos e operando segundo cada tipo de equipamento. Exemplos típicos são controles de variáveis como: tensão, corrente e rotação (motores), temperatura (fluidos, locais, áreas), tempos (abertura, fechamento, deslocamento), pressão (fluidos, massa), cursos (deslocamento), velocidade e outros.

Conforme sua importância e necessidade dentro do sistema, os valores das variáveis de controle indicadas podem ser captados, informados ou registrados localmente ou, além disso, visualizados em tela e mesmo utilizados para cálculos em tempo real, através de sistema baseado em tecnologia da informação.

As formas mais comuns de registro para análise e controle são os gráficos de tendências e as cartas de controle por variáveis.

3.4.1.2 Controle de resultados de desempenho de equipamentos

Estes são os controles exercidos sobre os resultados de cada equipamento ou grupos de equipamentos, segundo os padrões definidos para seus respectivos desempenhos, através de gráficos de tendência e cartas de controle por variáveis.

Os pontos de controle necessários são:

1. Processamento de lixo

- pesagem do lixo na alimentação (3.2.1)
- abertura dos sacos plásticos (3.2.2)
- redução dimensional do lixo (3.2.4 e 3.2.7)
- secagem da massa (3.2.5)

2. Separação de materiais para reciclagem

- separação dos materiais (3.2.3)

3. Tratamento da água

- tratamento de água (3.2.6)

4. Geração de energia elétrica

- pesagem (3.2.10)
- dosagem de massa (3.2.11)
- caldeira (3.2.12)
- turbina (3.2.13)
- gerador (3.2.14)
- transformação de tensão (3.2.15)
- injeção de energia na rede (3.2.16)

3.4.1.3 Controle de resultados finais de cada instalação

Os controles de resultados finais de cada instalação são os controles dos parâmetros finais de saída de cada instalação. Estes parâmetros podem ser considerados como os mais representativos do desempenho da instalação como um todo e podem ser acompanhados através de cartas de controle, de forma simples e direta, ao longo do tempo, por meio de dados coletados e processados em relatórios informatizados.

Os parâmetros podem ser na forma de indicadores gerenciais, envolvendo, por exemplo:

1. Processamento do lixo

- pesagem na alimentação: tonelagem de lixo por hora (média)
- secagem da massa: tonelagem de massa por hora (média)
 - tonelagem de massa por tonelagem de lixo (média)
 - tonelagem de água por tonelagem de lixo (média)

2. Separação de materiais para reciclagem

- separação: tonelagem de cada material por tonelagem de lixo (média)

3. Tratamento da água

- tratamento: tonelagem de água por tonelagem de lixo (média)
 - tonelagem de água tratada por tonelagem de lixo (média)
 - tonelagem de água para caldeira por tonelagem de lixo (média)

4. Geração de energia elétrica

- caldeira: kg de vapor por kg de água (média)
 - kg de vapor por tonelagem de massa (média)
- gerador: energia por tonelagem de massa (média)
- injeção de energia na rede: energia por tonelagem de massa (média)

3.4.2 Controle de emissões

Considerando o enfoque ambiental da instalação, é indispensável o controle das emissões geradas pelo processo. Esse controle deve atender as especificações da regulamentação e da legislação ambiental do local de instalação. A coleta de dados e a emissão de relatórios deve ocorrer com a frequência que melhor atenda as necessidades de detecção e percepção de falhas, garantindo que providências possam ser tomadas de imediato para sanar os problemas surgidos. Atualmente a instrumentação disponível permite medições contínuas, detecções rápidas e reações imediatas, quando concebida e operacionalizada de forma sistêmica.

Os pontos críticos de controle ambiental estão concentrados em:

Tratamento da água

- qualidade final da água

Secagem da massa seca

- qualidade final do ar (toxicidade de vapores/gases)

Geração de energia elétrica

- caldeira: qualidade das emissões da combustão (toxicidade)

Além disso, todos os funcionários devem passar por controle médico periódico e trabalhar com ‘equipamento de proteção individual’ adequado.

A importância dos controles acima deve-se à necessidade de que, na resolução de um problema, não sejam criados outros, de igual ou até maior gravidade.

A água representa volume significativo de saída da instalação e não pode ser simplesmente despejada no lago ou rio mais próximo, sem qualquer consideração a respeito da condição em que isso é feito. Isso já fazem as próprias comunidades, sem qualquer consideração para com os efeitos desse procedimento. O controle da qualidade especificada para a água deve ser realizado

de forma constante, baseado em análises de laboratório devidamente registradas. A análise dos dados através de gráficos de tendência e cartas de controle permite decisões mais rápidas no caso de providências a tomar.

As emissões da combustão da caldeira devem ser controladas com bastante rigor, evitando qualquer deslize. Embora o próprio processo seja definido e esteja dimensionado para afastar essa possibilidade, a ocorrência de poluição de qualquer espécie deve ser evitada através de controle preventivo, efetuado por meio de análises de laboratório. As análises devem ser registradas e devidamente ‘plotadas’ em gráficos de tendência e cartas de controle, para que qualquer ocorrência considerada indesejável possa ser devidamente interpretada e o processo corrigido com a rapidez necessária.

Os tipos de controle são apresentados resumidamente no Quadro 6.

QUADRO 6. Tipos de controle associados às etapas do processo

Etapa	Operacional	Desempenho	Instalação	Ambiental
Alimentação	X	X	X	
Abertura de sacos plásticos	X	X		
Separação de recicláveis	X	X	X	
Redução dimensional 1	X	X		
Secagem	X	X	X	
Redução dimensional 2 e 3	X	X		
Tratamento de água	X	X	X	X
Alimentação	X			
Preparação	X	X		
Dosagem	X	X		
Caldeira	X	X	X	X
Turbina	X	X		
Gerador	X	X	X	
Transformação de tensão	X	X		
Rede de energia elétrica	X	X	X	

Fonte: Autor deste trabalho

Capítulo 4 Sistema da Qualidade

4.1 Fundamentos do Sistema da Qualidade

A conceituação da qualidade é tão antiga quanto a própria produção, pelo menos na ênfase de controle. As mais variadas abordagens surgiram paulatinamente ao longo da História e, de certa forma, em tempos mais recentes se espelham nos Estados Unidos da América, como assinala GARVIN (1992): inspeção, controle estatístico da qualidade, garantia da qualidade e a gestão estratégica da qualidade.

Na produção caracterizada como não industrial que prevaleceu até há dois séculos atrás, cabiam ao homem, artesão por excelência, as habilidades necessárias para aferir a qualidade em todo o ciclo de fabricação, incluindo as negociações comerciais. Nesse contexto, tal possibilidade se sustentava em razão de uma baixa demanda. Porém, com o advento da revolução industrial e o aumento dos volumes de produção, as condições de produção acima já não podiam dar conta dos resultados esperados. Surgia a preocupação de se inspecionar os componentes fabricados, como atividade essencial para assegurar a intercambiabilidade entre eles através de um sistema de padrões. A criação de dispositivos, com a possibilidade de assegurar especificações técnicas para produção de uma enormidade de itens, foi de relevante importância para a repetibilidade dos resultados permitindo, por exemplo, a montagem de partes de um conjunto obtidas a partir de um grande lote fabricado. Reconhecida sua contribuição, a ênfase na inspeção não se mostrou satisfatória, pois mesmo em 100% de peças inspecionadas não se tem a garantia da observação de todas estarem em conformidade com as especificações, e o problema de se assumir a responsabilidade da qualidade entre operadores e inspetores promove um clima de relacionamento desfavorável no ambiente de trabalho. Essa forma tradicional de abordar a qualidade tem ocorrido há tempos em diversas empresas, principalmente as de pequeno porte.

Somente após 1920 uma nova conceituação surgiu: o controle estatístico de qualidade que dava, pela primeira vez, subsídios necessários para ações preventivas e não simplesmente a separação de bons e maus produtos. LOURENÇO FILHO (1989) aponta o problema que já ocorria na década de 20, época em que Shewart dirigia as aplicações pioneiras de estatística nos laboratórios da Bell Telephone, onde se inspecionavam milhares de itens de variados tipos e que deviam ser montados em um só equipamento. Imagine-se o dispêndio de tempo que isso acarretava, sem contar as inspeções de caráter destrutivo. Para solucionar essa questão, foram atribuídas duas técnicas de racionalização de controle: uma primeira em que o processo produtivo pudesse ser guarnecido de cartas de controle, permitindo reduzir ao mínimo o número de peças defeituosas ou fora dos limites de especificação. Uma segunda técnica seria a redução da quantidade de peças inspecionadas, conforme cada situação de inspeção, dando origem à inspeção por amostragem.

Décadas mais tarde, um novo conceito fundamentado inicialmente em suprir as necessidades do setor nuclear, aprimorou seu antecedente e designou-se por garantia da qualidade. CAMPOS (1990) salienta que a garantia da qualidade deve ser encarada como um processo de verificação sistêmica das atividades de controle da qualidade, além de os setores de projeto, produção e vendas estarem de acordo em oferecer a qualidade objetivada. Para JURAN (1979), "as atividades da garantia da qualidade devem prover às partes interessadas evidências necessárias para estabelecer a confiança de que a função qualidade está sendo conduzida adequadamente". Essas funções seriam a de verificação, através da inspeção, e a de prevenção pelo controle estatístico de qualidade. BITTENCOURT (1988) lembra que os princípios e objetivos da garantia da qualidade guarneceram, na década de 70, o setor nuclear com estruturas, sistemas eletro-mecânicos e componentes, com "18 critérios" conforme a IAEA (Comissão de Energia Atômica dos EUA). Em 1978, um segundo passo consolidou esses princípios e objetivos em 13 critérios dados pela IAEA, resumidamente: introdução ao programa de garantia da qualidade, organização da empresa, controle de documentos, controle de projetos, controle de material, controle de processo, controle de inspeção e testes, controle de não conformidades, ações corretivas, registros e auditorias. Assim, três níveis distintos podem conceituar a garantia da qualidade conforme BITTENCOURT (1988):

Primeiro, em nível de filosofia, envolvendo a alta administração, para gerar uma política empresarial referente à qualidade de produtos e serviços e o relacionamento com o cliente.

Segundo, em nível programático, onde o programa de garantia da qualidade possa instrumentalizar esse sistema pelas etapas de projeto, produção e distribuição.

Terceiro, em nível operacional, através de manuais da garantia da qualidade, abrangendo procedimentos, métodos, critérios e controles para auferir domínio tecnológico e assegurar a qualidade de produtos e serviços.

Como último conceito, GARVIN (1992) coloca a gestão estratégica da qualidade mais como uma extensão e aperfeiçoamento das abordagens anteriores. Aspectos de inspeção, controle estatístico e garantia da qualidade podem ser vistos concomitantemente na mesma empresa. O autor sugere a distinção entre essas conceituações e eleva as considerações da gestão estratégica da qualidade por relacionar a lucratividade aos objetivos gerenciais básicos, a sensibilidade às necessidades da concorrência paralelamente à satisfação do cliente e, por último, associar a idéia de melhoramento contínuo. Esse perfil evidencia um caráter pró-ativo das empresas e não como muitas, que desejam se incluir nessa abordagem somente com programas de garantia e controle da qualidade, num enfoque defensivo. A gestão estratégica da qualidade revela a qualidade como um alto nível de amadurecimento, expandindo as responsabilidades de departamentos para a alta direção da empresa, requerendo formulação de estratégias, estabelecendo metas e objetivos, elaboração de planos e suas implantações, e acompanhamento do processo para obter "feedback" (retro-alimentação), fazendo uso de ações corretivas se necessário.

Os diversos sistemas da qualidade estão freqüentemente relacionados ao nome do especialista que o desenvolveu e às características fundamentais que o compõem. Consultores da área enfatizam a preocupação de tentar convergir as diversas abordagens para uma única linha de atuação, de interesse para cada diferente realidade. De forma simplificada, as visões dos principais especialistas podem ser apresentadas como segue.

DEMING (1990) aponta para a busca contínua das necessidades dos clientes e a repetibilidade dos resultados do processo. Aborda o sistema focando principalmente a melhoria do gerenciamento da qualidade, chegando a afirmar que cerca de 85% dos problemas advêm da responsabilidade gerencial e não podem ser resolvidos pelos funcionários.

Influenciado tanto por sua formação matemática, como também pelo acompanhamento a Shewhart, Deming destaca como ferramenta de trabalho, em sua abordagem, o controle estatístico da qualidade, onde especificamente são mais conhecidos os gráficos de controle através do controle estatístico de processo (CEP). Seu conteúdo humanístico revela a valorização dos operários, os funcionários de "chão de fábrica", e a procura do comprometimento e conscientização por parte destes.

Sua proposta para melhoria contínua se dirige à gerência, aos administradores, sendo dada pelos 14 pontos ou princípios operacionais por ele descritos (Deming, 1990, p. 18):

1. Estabeleça constância de propósitos para a melhora do produto e do serviço., objetivando tornar-se competitivo e manter-se em atividade, bem como criar emprego.
2. Adote a nova filosofia. Estamos numa nova era econômica. A administração ocidental deve acordar para o desafio, conscientizar-se de suas responsabilidades e assumir a liderança no processo de transformação.
3. Deixar de depender da inspeção para atingir a qualidade. Elimine a necessidade de inspeção em massa, introduzindo a qualidade no produto desde seu primeiro estágio.
4. Cesse a prática de aprovar orçamentos com base no preço. Ao invés disto, minimize o custo total. Desenvolva um único fornecedor para cada item, num relacionamento de longo prazo fundamentado na lealdade e na confiança.
5. Melhore constantemente o sistema de produção e de prestação de serviços, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir de forma sistemática os custos..
6. Institua treinamento no local de trabalho.

7. Institua liderança. O objetivo da chefia deve ser o de ajudar as pessoas e as máquinas e dispositivos a executarem um trabalho melhor. A chefia administrativa está necessitando de uma revisão geral, tanto quanto a chefia dos trabalhadores de produção.
8. Elimine o medo, de tal forma que todos trabalhem de modo eficaz para a empresa.
9. Elimine as barreiras entre os departamentos. As pessoas engajadas em pesquisas, projetos, vendas e produção devem trabalhar em equipe, de modo a preverem problemas de produção e de utilização do produto ou serviço.
10. Elimine lemas, exortações e metas para a mão-de-obra que exijam nível zero de falhas e estabeleçam novos níveis de produtividade. Tais exortações apenas geram inimizades, visto que o grosso das causas da baixa qualidade e da baixa produtividade encontra-se no sistema estando, portanto, fora do alcance dos trabalhadores.
11. Elimine padrões de trabalho (quotas) na linha de produção. Substitua-os pela liderança. Elimine o processo de administração por objetivos. Elimine o processo de administração por cifras, por objetivos numéricos. Substitua-os pela administração por processos através do exemplo de líderes.
12. Remova as barreiras que privam o operário horista de seu direito de orgulhar-se de seu desempenho. A responsabilidade dos chefes deve ser mudada de números absolutos para a qualidade. Remova as barreiras que privam as pessoas da administração e da engenharia de seu direito de se orgulharem de seu desempenho. Isto significa, *inter alia*, a abolição da avaliação anual de desempenho ou de mérito, bem como da administração por objetivos.
13. Institua um forte programa de educação e de auto-aprimoramento.
14. Engaje todos da empresa no processo de realizar a transformação. A transformação é de competência de todos.

CROSBY (1984) vê a qualidade como cumprimento das especificações estabelecidas e necessárias para satisfação do cliente. Ressalta a importância da educação para todos os indivíduos da empresa como meio de conseguir a melhoria da qualidade.

Seu programa também focaliza 14 pontos, resumidamente listados a seguir:

1. A dedicação da alta administração e o comprometimento através da elaboração documentada da política e objetivos da empresa.
2. Formação de equipes de melhorias, coordenadas por gerentes.
3. Medição dos resultados.
4. Avaliação dos custos da qualidade.
5. Comunicação dos resultados aos supervisores e operários.
6. Reuniões para identificação de problemas.
7. Estabelecimento de um comitê informal para a divulgação do programa.
8. Treinamento de gerência e supervisão.
9. Instauração do dia "zero defeitos", em que se divulgam os resultados do ano e se efetuam os reconhecimentos a todos os participantes do programa.
10. Estabelecimento dos objetivos a serem seguidos.
11. Consulta aos operários sobre a origem dos problemas.
12. Recompensa aos que atingiram seus objetivos.
13. Formação de conselhos da qualidade.
14. Reciclar todos os pontos.

O reconhecimento desta abordagem é dado mais pela ênfase comportamental, e nem tanto pela técnica.

JURAN (1984) retrata a qualidade através de características de produtos e serviços que garantem a satisfação do cliente e aprimoramento a cada projeto, a partir de patamares já alcançados. Aborda as técnicas de resolução de problemas com a formação de equipes multifuncionais, comprometendo e envolvendo todos os níveis da organização com a qualidade, dando a visão de que cada etapa do processo é cliente da fase anterior e assim sucessivamente. Essas considerações são baseadas no que Juran denomina de trilogia analítica:

- Planejamento da qualidade.
- Controle da qualidade.
- Melhoria da qualidade.

São apresentados, a seguir, os 10 passos de Juran para a implementação de um sistema de qualidade:

1. Construir uma consciência da necessidade e oportunidade de aprimoramento.
2. Estabelecer metas para o aprimoramento.
3. Organizar, para atingir as metas.
4. Proporcionar treinamento.
5. Desenvolver projetos para solucionar problemas.
6. Relatar os avanços obtidos.
7. Demonstrar reconhecimento.
8. Comunicar os resultados.
9. Manter um sistema de registro dos resultados.
10. Manter o ímpeto, tornar o aprimoramento parte dos sistemas e processos da organização.

FEIGENBAUM (1992) relaciona a qualidade requerida pelos clientes, retratada por especificações em cada etapa do processo. O sistema da qualidade deve integrar os esforços de vários grupos da organização no desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade de forma globalizada. Prevê a contribuição das áreas de marketing, engenharia, produção e distribuição como elementos indispensáveis na integração em torno da função qualidade, guiados por especialistas da área de controle de qualidade. Por esse enfoque, essa abordagem é denominada de acordo com SULLIVAN (1986), como americanizada (ou ocidentalizada) para um sistema de controle da qualidade total (TQC, Total Quality Control). Seu programa desdobra-se em 10 subsistemas, como apresentados a seguir:

1. Avaliação da qualidade na pré-produção.
- 2... Planejamento da qualidade de produto e de processo.
- 3... Planejamento, avaliação e controle dos materiais adquiridos.
- 4... Avaliação e controle da qualidade de produto e de processo.
- 5... Informação da qualidade.
- 6... Equipamento de informação da qualidade.

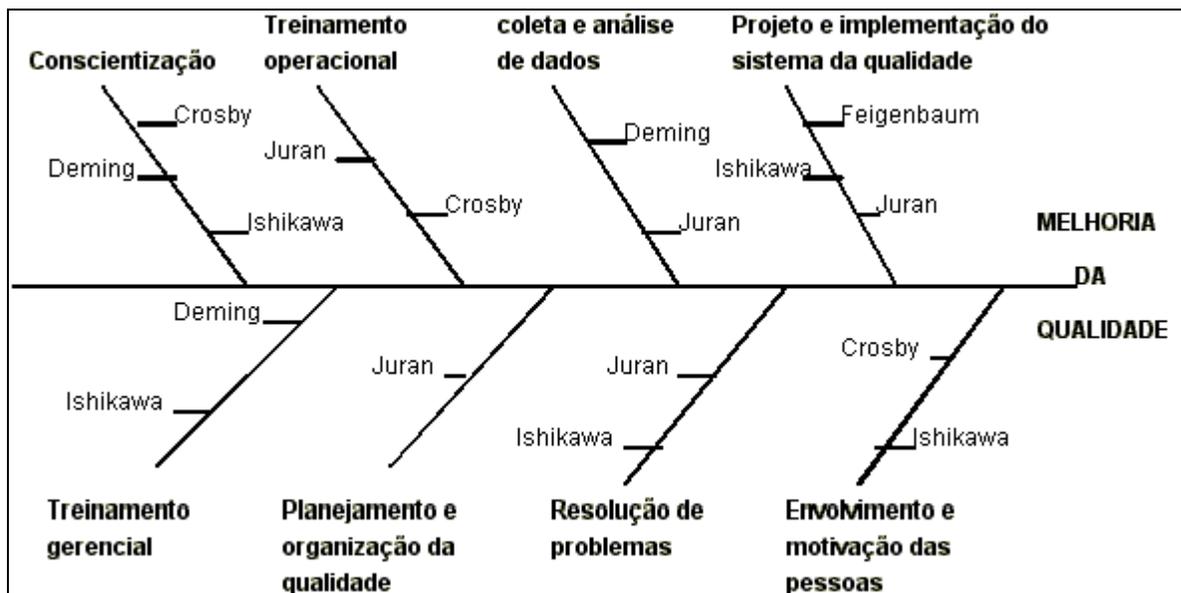
- 7... Orientação, treinamento e desenvolvimento do pessoal da qualidade.
- 8... Serviço de assistência técnica.
- 9... Gerenciamento da qualidade.
10. Estudos especiais da qualidade.

ISHIKAWA (1986) aborda a qualidade, influenciado por especialistas como Deming e Juran em seus trabalhos no Japão, como a percepção rápida e satisfação das necessidades do mercado, adequação ao uso e baixa variabilidade dos resultados do processo. SULLIVAN (1986) ressalta que a abordagem de Ishikawa é conhecida, em contrapartida a Feigenbaum, como a abordagem japonesa para o controle da qualidade total, com enfoque mais amplo que a anterior e, para se diferenciar do TQC americanizado, o sistema é denominado de controle da qualidade por toda a empresa (CWQC, Company Wide Quality Control). Engloba as atividades de controle e garantia da qualidade, das quais participam todos os funcionários da empresa, dos menores aos maiores escalões, além de estender essas práticas a todo grupo envolvido no processo.

TURRIONI (1991) analisa as similaridades entre esses autores e propõe uma estruturação básica para um sistema de qualidade. Quanto às similaridades, destacam-se os seguintes pontos:

- I. A qualidade é a chave para a melhoria da produtividade, lucratividade e competitividade da organização.
- II. O objetivo da função qualidade deve ser a obtenção de produtos e serviços que proporcionem a satisfação dos clientes.
- III. A garantia da qualidade é uma estratégia essencial para a obtenção da liderança de mercado por produto ou serviço.
- IV. A melhoria da qualidade é uma responsabilidade pessoal.
- V. O compromisso com a qualidade é uma atitude formulada em salas de diretoria, nos "chãos de fabricas", nas escolas e até mesmo em nossos lares.
- VI. A educação é a base para o processo de melhoria da qualidade.

Para descrever essa estruturação básica, sem seqüenciar as etapas, mas associando-as aos pontos principais dos autores citados, TURRIONI faz uso da Figura 24.



Fonte: TURRIONI, 1991

FIGURA 24. Estruturação básica para um sistema da qualidade

Observa-se, portanto, o bom senso da inclusão de diferentes abordagens, referentes a estes especialistas, em cada etapa de um sistema da qualidade e não, como se poderia desejar, a fixação em uma única linha de um determinado autor. A complexidade dos aspectos referentes à Qualidade e à diversidade de ambientes em que podem ser aplicados reforçam esse conceito integrador para a conceituação de um Sistema da Qualidade.

4.2 Norma ISO 14000

A ISO - International Organization for Standardization - foi criada em 1947, para estabelecer recomendações técnicas internacionais e facilitar a coordenação internacional e a unificação das normas industriais, sendo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) uma de suas fundadoras.

Na década de 60 a normalização internacional realmente tomou vulto, contribuindo para um explosivo crescimento do comércio, influenciando também:

- o desenvolvimento das empresas multinacionais, que encontraram suas atividades comerciais obstruídas pelo conflito entre diferentes normas nacionais;
- o crescente interesse de autoridades governamentais em uma plataforma técnica internacional para o desenvolvimento de regulamentos técnicos não conflitantes;
- a criação de organizações de normalização em muitos países em desenvolvimento, que compreenderam a necessidade de bases internacionais sadias para o trabalho nacional;
- o amplo objetivo da ISO, que tem congregado cada vez mais colaboradores interessados de diferentes grupos, e o não menos importante movimento dos consumidores;
- o reconhecimento, por parte de outras organizações internacionais, da necessidade de regras únicas em questões técnicas.

No Brasil, a ISO é representada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – que possui o CB-38, Comitê de Estudo que representa a entidade nas questões ambientais, difunde a ISO 14000 no país, apóia as empresas na implantação da norma e faz seu acompanhamento internacional.

A base da ISO 14000 foi a norma inglesa BS 7750, uma norma sobre sistemas ambientais elaborada pela *British Standard Institution* e que, como a ISO 9000, dividiu-se em áreas distintas. Alguns países possuíam normas próprias, outros utilizavam a BS 7750 como base para comercialização de seus produtos. No início dos anos 80, com as pressões ambientais de governos e das ONGs, algumas empresas, para não receberem multas, começaram a realizar trabalhos direcionados ao meio ambiente, como o gerenciamento do lixo.

Como as normas internacionais estavam se transformando em barreiras técnicas, pois não existia uma única redação do documento que servisse a todos os países, após a ECO'92 e a criação da AGENDA 21 sentiu-se a necessidade de estabelecer uma norma mundial para o meio ambiente. Assim, em outubro de 1996, já criado o TC207, comitê da ISO que trata do desenvolvimento de normas de gestão ambiental, foi elaborada a série ISO 14000, com base na antiga BS 7750.

A ISO 14000 é uma família de normas definidas pela *International Organization for Standardization – ISO* – que trata da gestão ambiental. Esta família nasceu com o intuito de dar suporte ao chamado "desenvolvimento sustentável", discutido na Eco'92 – *United Nations Conference on Environment and Development*, no Rio de Janeiro. A ISO 14000 é uma ferramenta para sistemas de gestão ambiental, capaz de ser aplicada em empresas de qualquer porte ou finalidade, de modo a permitir o controle do impacto de suas atividades, produtos e serviços ao meio ambiente.

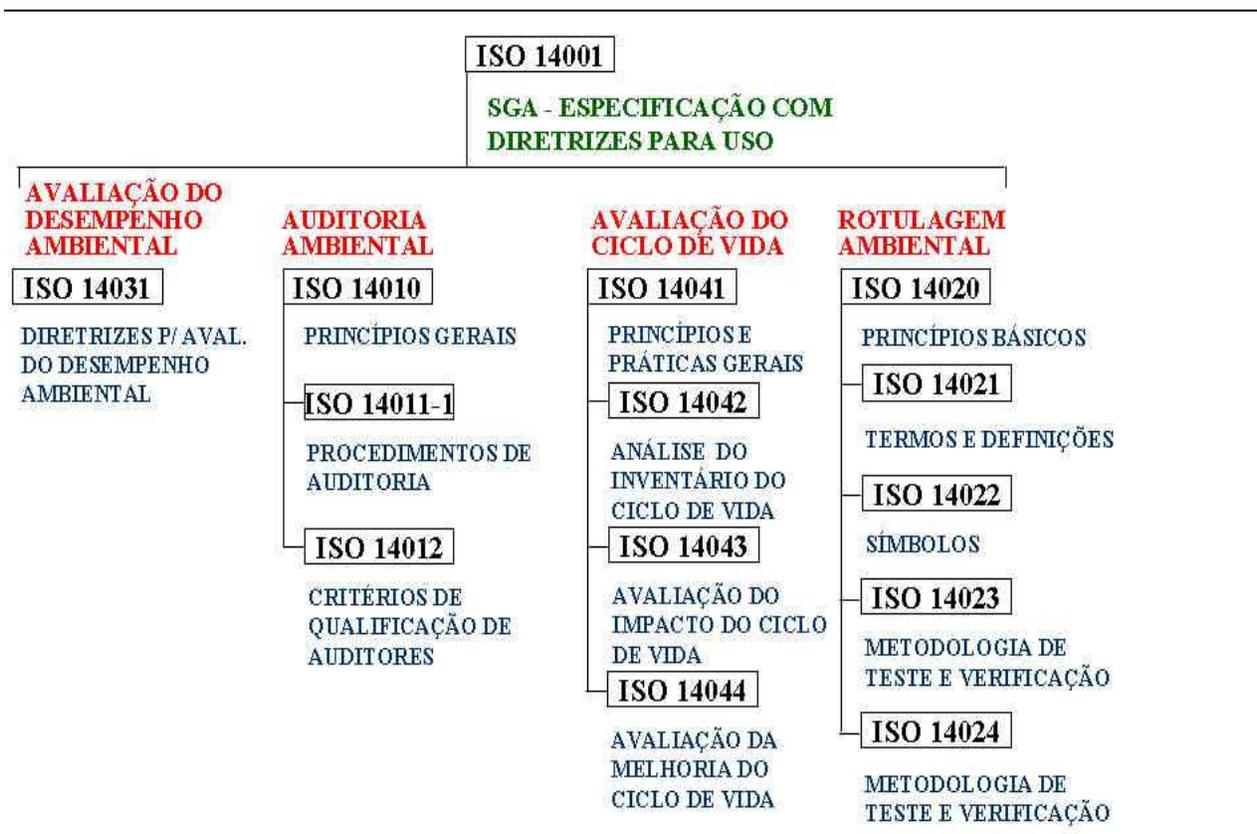
Nos dias de hoje o meio ambiente faz parte da agenda de todos. Na medida em que a população mundial cresce, o mundo fica menor, os recursos escasseiam e a maneira pela qual usamos o meio ambiente continuará a ser sempre uma questão prioritária. A ISO 14000 é um sistema desenvolvido para ajudar as empresas a protegerem o meio ambiente, reduzirem seus custos de operação, eliminarem riscos de violação da já extensa legislação ambiental e adquirirem vantagens no mercado. Desde o seu lançamento em setembro de 1996, a ISO 14000 tem recebido muita atenção e está se tornando rapidamente reconhecida como um fundamento básico para um Sistema de Gerenciamento Ambiental. Muitas empresas líderes em seus setores de atuação estão sendo certificadas por esta norma. De maneira semelhante aos padrões ISO 9000, é apenas uma questão de tempo para que estas empresas comecem a exigir que seus fornecedores sejam certificados pela ISO 14000. Agora é o momento ideal para que as empresas consigam a certificação e obtenham os benefícios de mercado que o Sistema de Gestão Ambiental possibilita.

A Norma ISO 14000 pode ser implantada como um sistema independente ou um sistema integrado à ISO 9000. As empresas, em geral, desenvolvem um sistema único para a integração do Sistema de Gestão Ambiental com outros sistemas que a empresa tenha implantado ou venha a implantar.

Segundo a ISO, esta família de normas pretende cobrir desde sistemas de gestão ambiental, auditorias, selos ambientais, avaliação de ciclo de vida, manejo de florestas e reservas, a termos e definições, sendo que a aplicação de tais normas resulta em redução de custo no gerenciamento de resíduos, economias no consumo de energia e materiais, redução nos custos de distribuição,

melhoria da imagem corporativa perante consumidores e órgãos reguladores, além de estabelecer diretrizes para uma melhoria contínua do desempenho ambiental.

As normas são numeradas uma a uma (ex.: 14001, 14002), sendo agrupadas por temáticas de dez em dez. Devido à complexidade do tema, apenas cerca de uma dezena de normas já foi publicada, estando as demais freqüentemente sujeitas a prorrogações em seus cronogramas. A sua numeração possui uma correlação numérica e temática com a família ISO 9000, de modo a facilitar os trabalhos nos casos em que ambas tenham sido implantadas, estejam em implantação ou venham a ser implantadas em uma determinada organização ou empresa. A Figura 25 representa a família de normas ISO 14000 e suas diversas linhas de atuação.



Fonte: ISO

FIGURA 25. Família de normas ISO 14000

Quanto à certificação, a família ISO 14000 divide-se em dois tipos, como ilustrado pelo Quadro 7: as normas passíveis de certificação e as normas auxiliares. Para se tornar certificada, a empresa deve se submeter a uma extensa inspeção, realizada por auditores qualificados e

externos ao quadro funcional da organização. A equipe de auditoria avalia a conformidade do SGA da organização com os princípios das normas pelas quais a empresa queira a certificação. A certificação pode ser obtida nas seis categorias de normas ISO 14000, sendo o objetivo maior a obtenção da certificação pela norma ISO 14001, pois ela abrange todo o SGA (Rezaee, 1996).

A obtenção de um certificado ISO 14001 não é uma garantia de competitividade em si. Para manter ou elevar sua competitividade, as empresas necessitam buscar continuamente novas formas de realizar e gerir a problemática ambiental, utilizando-se dos instrumentos disponíveis para isso e, entre eles, a ISO14000.

QUADRO 7. Normas ISO 14000 e suas certificações

NORMAS PASSÍVEIS DE CERTIFICAÇÃO

ISO 14.001: Sistema de Gestão Ambiental (SGA) - Especificações para Implantação e Guia

ISO 14.040: Análise do Ciclo de Vida - Princípios Gerais

NORMAS AUXILIARES

ISO 14.004: Sistema de Gestão Ambiental (SGA) - Diretrizes Gerais

ISO 14.010: Guias para Auditoria Ambiental - Diretrizes Gerais

ISO 14.011: Diretrizes para Auditoria Ambiental e Procedimentos para Auditorias

ISO 14.012: Diretrizes para Auditoria Ambiental - Critérios de Qualificação de Auditores

ISO 14.020: Rotulagem Ambiental - Princípios Básicos

ISO 14.021: Rotulagem Ambiental - Termos e Definições

ISO 14.022: Rotulagem Ambiental - Simbologia para Rótulos

ISO 14.023: Rotulagem Ambiental - Testes e Metodologias de Verificação

ISO 14.031: Avaliação da Performance Ambiental

ISO 14.032: Avaliação da Performance Ambiental dos Sistemas de Operadores

ISO 14.041: Análise do Ciclo de Vida - Inventário

ISO 14.042: Análise do Ciclo de Vida - Análise dos Impactos

ISO 14.043: Análise do Ciclo de Vida - Migração dos Impactos

Segundo a ISO, a norma ISO 14001 estabelece o sistema de gestão ambiental da organização e, assim:

1. avalia as conseqüências ambientais das atividades, produtos e serviços da organização;
2. atende a demanda da sociedade;
3. define políticas e objetivos baseados em indicadores ambientais definidos pela organização que podem retratar necessidades desde a redução de emissões de poluentes até a utilização racional dos recursos naturais;
4. implica na redução de custos, na prestação de serviços e em prevenção;
5. é aplicável às atividades com potencial de efeito no meio ambiente;
6. é aplicável à organização como um todo.

A ISO 14001 - Sistemas de Gestão Ambiental, Especificações com Guia para Uso, foi formulada de maneira que possa ser aplicada a qualquer organização, independente de seu tipo, tamanho ou localização. Nela não são descritos padrões de desempenho, mas ela requer que a organização defina uma política ambiental e estabeleça objetivos que levem em conta a legislação existente e os impactos ambientais relevantes (Reis, 1996; Begley, 1996). Como a ISO 14001 não descreve critérios absolutos de desempenho ambiental além daqueles estabelecidos na política da organização, é possível que duas empresas com atividades semelhantes, mas com desempenhos ambientais diferenciados, atendam às exigências contidas na norma.

A ISO 14001 pode ser implantada em qualquer empresa que pretenda atender a um ou mais dos seguintes itens:

- desenvolver um SGA;
- cumprir sua política ambiental;
- demonstrar o grau de conformidade apresentado em relação à norma;
- obter certificação de seu SGA;
- realizar auto-avaliação e emitir declaração de conformidade com a norma.

Ressalta-se, contudo, que nem as normas ISO 14000 nem as relativas à ISO 9000 são padrões de produto. O padrão de manejo do sistema nessas famílias de normas estabelece requerimentos para direcionar a organização para o que ela deva fazer para manejar processos

que influenciam o impacto das atividades da organização no meio ambiente (ISO 14000) ou processos que influenciam a qualidade (ISO 9000).

A ISO 14000 é a ISO "Verde". Baseada no ideal de aperfeiçoamento constante, a ISO 14000 exige que as empresas criem um Sistema de Gestão Ambiental que constantemente avalie e reduza o dano provocado potencialmente ao meio ambiente pelas atividades da empresa. Isto pode incluir a definição de matérias primas, todos os processos de fabricação e/ou serviços, o uso dos produtos e o descarte dos mesmos.

As ISO 9000 e 14000 foram as primeiras certificações genéricas — uma grande inovação no histórico da certificação — a ser concedidas a qualquer tipo de organização — empresa privada, pública, departamento governamental, entre outras —, de qualquer dimensão e pertencente a qualquer setor da economia. Elas vieram chamar a atenção de uma comunidade empresarial mais vasta, na medida em que todas as certificações anteriores eram demasiado específicas, destinadas apenas a materiais, produtos, processos e serviços.

Em linguagem corrente, enquanto a ISO 9000 está relacionada com o que a empresa faz para assegurar que os seus produtos e serviços satisfaçam as exigências de qualidade dos consumidores, a ISO 14000 a complementa, direcionando-se para a envolvente externa da empresa, estabelecendo padrões de desempenho que permitam minimizar os efeitos adversos que a sua atividade tem no ambiente. Os sistemas de gestão desenvolvidos para aplicar cada uma das normas partilham princípios comuns, o que facilita à entidade, que já trabalha de acordo com uma norma de garantia da qualidade, a ampliação do seu sistema de gestão à área ambiental.

Mais concretamente, a ISO 14000 apresenta um vasto conjunto de métodos analíticos de amostragem e teste, destinados a lidar com desafios ambientais específicos. Ela desenvolveu mais de 350 padrões internacionais para a monitorização de aspectos ambientais, tais como a qualidade do ar, da água e do solo, destinados a fornecer às organizações dados cientificamente válidos acerca dos efeitos ambientais de sua atividade econômica. Para almejar a certificação conforme ISO 14000, as organizações devem implementar um sistema de gestão ambiental, um processo

cíclico através do qual a entidade revê e avalia periodicamente a sua atividade em termos de impacto ambiental, permitindo-lhe:

- Estabelecer uma política ambiental adequada à sua realidade;
- Identificar os aspectos ambientais significativos, os requisitos legais relevantes e as prioridades, para estabelecer objetivos ambientais adequados;
- Estabelecer uma estrutura e um programa para implementar a política ambiental e atingir os objetivos definidos;
- Facilitar o planejamento, o controle, as ações preventivas e corretivas e as atividades de auditoria e revisão, para assegurar que a política ambiental é cumprida e adequada;
- Ter capacidade para se adaptar à mudança que o mercado exige

Após a obtenção da certificação, as atividades da gestão ambiental não terminam. Anualmente, realizam-se auditorias de acompanhamento, para efeitos de manutenção da certificação, e auditorias de renovação, feitas de três em três anos. É do interesse da entidade certificada garantir a conformidade com determinados padrões de gestão dos sistemas ambientais, que as ajudam a criar práticas mais sólidas de proteção ambiental e a garantir a sua continuidade. Se, por um lado, é maior a sensibilidade dos consumidores em relação à proteção ambiental e ao impacto do funcionamento das organizações no ambiente, prevendo-se que, em pouco tempo, eles se recusem a comprar de empresas potencialmente poluentes, por outro lado, a própria entidade certificada pode otimizar seus processos, reduzindo os custos de desperdício, de distribuição, de consumo de energia e materiais, ao mesmo tempo em que melhora a sua imagem junto a clientes, investidores, fornecedores e entidades reguladoras.

Portanto, o desenvolvimento de programas de gestão ambiental e a certificação para a qualidade ambiental de produtos, processos e serviços refletem as ações que podem ser desenvolvidas na empresa para aliar proteção ambiental com lucratividade. Segundo Haklik (1999), cinco categorias de benefícios decorrem de um SGA e da ISO 14000:

- **ganhos indiretos:** há muitas leis e regulamentos ambientais que implicam em penas financeiras ou criminais no caso de não cumprimento. A ISO 14000 exige evidências de

processos ativos para manter o atendimento da legislação vigente. Esses processos podem ajudar as empresas a detectar onde o atendimento não ocorre e agir. Melhorar o atendimento a legislação e regulamentos poderia reduzir custos de multas e indenizações. Empresas com SGA e base em ISO 14000 podem ser até favorecidas.

- **aumento dos lucros:** redução nas quantidades de materiais e energia, mudanças no *design* e formulação de produtos, alterações em manufatura e embalagens que podem reduzir o uso de materiais, a formação de subprodutos e de resíduos, reduzindo assim os custos;
- **operações:** a terminologia comum requerida pela ISO 14000 melhora a comunicação de metas, procedimentos, impactos ambientais e soluções, tornando o processo decisório mais eficiente;
- **cumprimento da regulamentação:** o respeito às leis e normas pode resultar no estabelecimento de uma forte imagem ambiental, que pode atrair clientes e fornecer uma vantagem competitiva;
- **social:** a redução da poluição, decorrente da aplicação da ISO 14000, beneficia toda a sociedade.

No entanto, cada empresa é diferente, com produtos, clientes e mercados únicos. Logo, os benefícios também podem ser distintos. Um dos pontos chave do sucesso da ISO 14000 é identificar e obter tantos benefícios quanto possíveis decorrentes dos atributos da organização, desenvolvendo atividades condizentes com sua condição.

4.3 Norma ISO 9000:2000

A ISO 9000:2000 é uma da série de normas publicadas pela ISO International Organization for Standardization. As publicações ISO são feitas em Inglês e Francês, e essa é mais uma razão porque não se usou uma abreviatura derivada de uma língua. A organização foi fundada em 1947 para desenvolver um conjunto de normas para manufatura, comércio e comunicação. Está baseada em Genebra, Suíça, com mais de 130 países membros. Cada país tem um representante junto à ISO e o Brasil é representado pela ABNT.

A ISO 9000 especifica em termos amplos os componentes necessários a um Sistema de Gestão da Qualidade. Esta série de Normas foi originalmente publicada em 1987 e sua revisão foi publicada em 2000.

O que distingue a série ISO 9000 de outros programas da qualidade é que essas Normas não estão voltadas para a qualidade do produto ou serviço. As Normas ISO 9000 estão voltadas para o sistema da empresa. Essa situação única permite que toda empresa, ou organização, independente de seu produto ou serviço, seja abrangida por uma normatização comum. Isso difere de outros sistemas da qualidade e prêmios, os quais estão preocupados unicamente com o produto ou serviço e não com a forma com que as empresas atingem esta qualidade. Se for possível dizer que existe um sistema perfeito, o resultado será um produto perfeito. O sistema que a empresa desenvolve em geral investiga os processos para defini-los e refiná-los, de modo a criar a qualidade do produto ou serviço.

Segundo Deming, a grande maioria dos problemas que ocorrem nas empresas é causada pelas gerências e somente elas podem corrigi-la. É por isso que as Normas ISO da Qualidade estão voltadas para o sistema. A Qualidade boa ou pobre de um produto ou serviço não é o resultado provocado pelas pessoas que fazem o produto ou serviço e, sim, é o resultado do sistema dentro do qual elas trabalham.

A proposta do Sistema ISO 9000:2000 é direcionar as empresas para a gestão por processos. Mas, para que a empresa identifique as melhorias que geram a criação de valor aos clientes, é preciso que certos processos estejam identificados e medidos além dos que produzem as melhorias da qualidade interna. A empresa deve elaborar o seu sistema de gestão construindo a capacidade para que as informações apropriadas sejam disponibilizadas e os indicadores dos processos sejam orientados para a criação de valor ao cliente.

Identificar os processos que direcionam a empresa para a criação de valor ao cliente e construir no sistema os indicadores é um processo-chave para se assegurar uma vantagem competitiva no mercado. Se o sistema de gestão está orientado apenas para a qualidade interna, a empresa pode remodelá-lo e direcioná-lo para produzir os resultados requeridos por sua estratégia

de negócios. Torna-se necessário reestruturar o sistema de gestão, criando os procedimentos em um formato fácil de se ler e trabalhar, reduzindo o volume de sua documentação e treinando os funcionários para a identificação e melhoria dos processos-chave. Uma empresa bem documentada, baseada em fluxogramas, tem a melhor das ferramentas disponíveis para permitir inovações nos processos e na arquitetura do sistema.

Como forma de obter resultados constantes e consistentes, os requisitos básicos de sistema para a empresa, em termos documentais, podem ser ilustrados pelo Quadro 8.

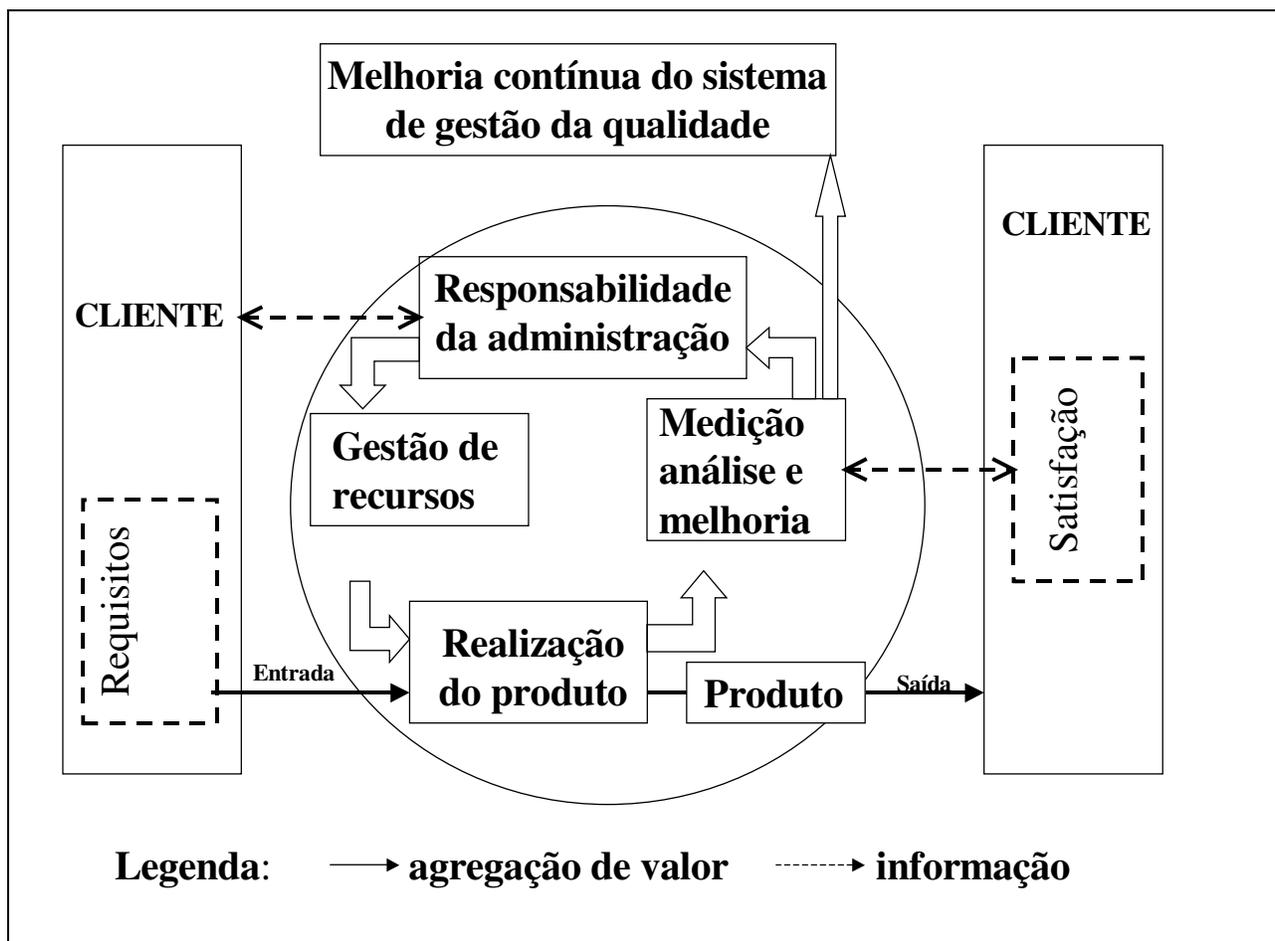
QUADRO 8. Requisitos documentais segundo ISO 9000

Nível	Denominação	Requisito	Atendimento (exemplo)
1	Declarações da Política da Qualidade e dos Objetivos da Qualidade	Para quem e para que funciona a empresa? Com que qualidade?	Declaração das políticas e estratégias da empresa.
2	Manual da Qualidade	Como e porque funciona a empresa?	Elaboração do Manual da Qualidade alinhado com as estratégias da empresa
3	Procedimentos	Documentação de procedimentos rastreados ao nível 2 e que afetam a Qualidade	Documentação clara e concisa, baseada em fluxogramas tanto quanto possível
4	Instruções de trabalho	Tarefas documentadas rastreadas ao nível 3 e mantidas como Registros da Qualidade	Elaboração de documentação em formulários especiais, para se obter repetibilidade
5	Registros da Qualidade	Registros mantidos para demonstrar cumprimento dos documentos dos níveis 3 e 4	Identificação e controle de documentos de forma simples e com mínimo dispêndio de tempo

Fonte: ISO

Segundo a ABNT (2000, p.2), a Norma ISO 9001:2000 incentiva a abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente. Para isso, deve identificar e gerir numerosas atividades interligadas, formando um processo, em que se possibilita a transformação de entradas em saídas e a saída de um processo pode ser a entrada para o próximo. Isso está também de acordo com os princípios 5 e 14 de Deming (1990).

A Figura 26 ilustra o conceito das ligações dos processos que rege a Norma, demonstrando que os clientes desempenham papel significativo na definição dos requisitos, como entradas, e na percepção de como a empresa atende esses requisitos, como saídas. A avaliação das informações referentes a essa percepção é a base da monitorização da satisfação dos clientes.



Fonte: ABNT

FIGURA 26. Modelo de um sistema de gestão de qualidade baseado em processo

Traçando-se um comparativo entre as Normas ISO 9000:2000 e ISO 14000, destacam-se os diversos alinhamentos entre elas, o que facilita sobremaneira a implantação da estrutura requerida para o atendimento aos itens ambientais quando a estrutura para os itens de Qualidade já se encontram implantados.

Alguns autores consideram que a implantação do sistema formal de gerenciamento ambiental pode ser facilitada se a organização possuir um sistema da qualidade também formal. Muitos elementos são comuns nos dois sistemas de gerenciamento. Verificada esta estreita ligação entre os dois Sistemas de Gerenciamento (da Qualidade e Ambiental), a integração entre estes facilita a implantação da Gestão Ambiental, visto que as normas da série ISO 14000 apresentam formato bastante semelhante às normas da série ISO 9000.

No Anexo A da norma NBR ISO 9000:2000, Tabela A.1, página 27, há uma comparação entre ambas, com o objetivo de demonstrar a compatibilidade entre ambos os sistemas. Verifica-se a similaridade existente quanto aos aspectos indicados nas seções de Ações Corretivas e Preventivas, Controle de Documentos, Auditorias Internas, Inspeção e Teste e outros. Adicionalmente, as organizações que possuem os requisitos da ISO 9000 implantados têm mais vantagem em formalizar o sistema de gestão ambiental, devido à fundamentação de requisitos como comprometimento da alta administração, melhoria contínua (princípios de qualidade) e necessidade de formalização de procedimentos e registros (Oliver, 1996).

Apesar de a ISO 9000 ser uma série de normas para o sistema de gerenciamento da qualidade, cuja aplicação é voluntária, ela tem se tornado uma condição para a entrada no mercado internacional. Alguns países a utilizam como requisito de negociação (Barnes, 1996) e os requisitos de não agressão ambiental já fazem parte de pautas de negociação internacional. A ISO 14000 vem seguindo esta tendência de barreira não tarifária para produtos a serem importados dos países desenvolvidos, principalmente Europa e Estados Unidos.

Os custos para manter a certificação são altos, especialmente quando se considera o período de tempo necessário para adequação do sistema e o custo de certificação de pré-auditorias, de auditorias semestrais e a re-certificação trianual (Culley, 1996). É recomendada a integração dos programas (Qualidade e Ambiental), por possuírem uma estrutura semelhante.

Kirkpatrick & Pouliot (1996) lembram que a estrutura desenvolvida para o sistema de qualidade auxilia no atendimento dos requisitos das normas ISO série 14000. Conforme Gearhart (1997), componentes chaves de ambos sistemas (qualidade e ambiental) podem ser partilhados.

Os mecanismos de informação, procedimentos e instruções que suportam o sistema da qualidade devem ser utilizados como ferramentas para o atendimento dos critérios necessários ao sistema de gerenciamento ambiental formal. Da mesma forma, os procedimentos para efetivação das ações corretivas, alterações de procedimentos, controle e registro dos documentos e procedimentos para manutenção preventiva já estabelecidos no sistema da qualidade também serão seguidos no sistema de gerenciamento ambiental (Ávila Filho, 1996). A estrutura do sistema de gerenciamento da organização deve contemplar mais uma disciplina, a questão ambiental.

Considerando os principais requisitos das normas ISO 9000 e ISO 14000, tem-se:

- *Controle de documentos*: a sistemática de controle de documentos exigida é a mesma para ambas as normas (ISO 9000 e ISO 14000). Neste ponto refere-se a distribuição de documentos (procedimentos operacionais, especificações, registros, etc.), a emissão, a revisão e a atualização de documentos. Kirkpatrick & Pouliot (1996) salientam que no sistema de gerenciamento ambiental, a organização é responsável pelo conhecimento das leis federais, estaduais e municipais a que deva se submeter. Assim, a organização deve prever um procedimento que a mantenha informada sobre eventuais alterações e/ou revisões que venham a ocorrer nas regulamentações ambientais existentes. Culley (1996) estabelece que programas separados para atender a ambas as normas podem gerar uma quantidade exagerada de documentos o que, na prática, realmente acontece.
- *Ações corretivas e preventivas*: a norma define que a ação corretiva é executada como resultado de não conformidades encontradas durante a auditoria de cliente ou de terceira parte, segundo a ISO 9000 ou ISO 14000 (Culley, 1996). Em ambos os sistemas de gerenciamento, o procedimento de melhoria evidencia as ações necessárias para a eliminação do problema. A seqüência de estabelecimento da ação de contenção, da ação corretiva e da verificação da eficácia para assegurar que a não conformidade ou o problema de qualidade não se repita pode (e deve) ser aplicada também às questões do gerenciamento ambiental.

- *Controle de processo*: a estrutura de controle de processo desenvolvida sobre as exigências das normas ISO série 9000 auxilia no estabelecimento de um sistema de gerenciamento ambiental certificado, pois a norma ISO 14001 estabelece que atividades associadas a aspectos ambientais significativos devem ser identificadas e tais atividades devem ser planejadas de forma a assegurar que sejam executadas sob condições específicas. Kirkpatrick & Pouliot (1996) sugerem um esforço combinado para integrar os sistemas ambiental e de qualidade na definição dos procedimentos operacionais

- *Auditorias internas*: da mesma forma que para o controle de processos, a estrutura que realiza auditorias no sistema da qualidade, já existente, pode ser utilizada para auditar o sistema de gerenciamento ambiental. A equipe auditora reporta o *status* do sistema às partes envolvidas dentro da organização (Culley, 1996).

- *Documentação*: a ISO 14000 possui os mesmos níveis de documentação que a ISO 9000: Política Ambiental, Manual Gerencial, Normas e Procedimentos Operacionais. Se a organização já possui um sistema de gerenciamento da qualidade formal, esta documentação deve ser revisada a fim de incorporar os aspectos ambientais formalizando, desse modo, procedimentos existentes no sistema de gerenciamento ambiental. Os procedimentos especificamente relacionados às atividades associadas aos aspectos ambientais significativos são emitidos para atender aos requisitos da norma.

- *Responsabilidade e autoridade*: ambas as normas possuem, como requisito, a definição de responsabilidade e autoridade para as atividades da organização; entretanto, para a certificação pela ISO 14001, é necessária a definição do representante para assegurar que os requisitos exigidos pelo sistema de gestão ambiental sejam estabelecidos, implementados e mantidos. Também deve ser definida a autoridade competente para avaliar o desempenho do sistema de gestão ambiental, o atendimento às regulamentações existentes e a prevenção à poluição ambiental (Culley, 1996).

O processo de integração da ISO 9000 com a ISO 14000 pode minimizar o impacto para a certificação no que se refere a controle de documentos, tempo necessário para revisão e emissão de documentos e quanto aos custos da auditoria externa. Com a integração de ambos os sistemas

verifica-se, como resultado, um gerenciamento da organização mais robusto e mais abrangente. Isto pode ser exemplificado pela citação de Reis (1996): “Só existe qualidade total com qualidade ambiental”.

4.4 TQM Gestão da Qualidade Total

O fato de o Controle da Qualidade Total ocasionar um impacto acentuado sobre os processos gerenciais e técnicos estabeleceu o fundamento para a evolução, na década de 80, para o Gerenciamento da Qualidade Total.

Pode-se definir, de acordo com Feigenbaum (1992), o Gerenciamento da Qualidade Total (TQM - *Total Quality Management*) como: "sistema efetivo para integrar esforços relativos ao desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade a todos os grupos da organização, de forma a habilitar áreas essenciais da empresa - como marketing, engenharia, produção e serviços - a desenvolverem suas atividades a um nível mais econômico possível, com a finalidade primeira de atender, plenamente, às necessidades do consumidor".

Total Quality Management, ou Gestão da Qualidade Total – TQM, é um conjunto de princípios, políticas, métodos e ferramentas que propiciam um incremento na produtividade, e competitividade, de uma organização. Segundo Falconi (1992), o TQM é um sistema gerencial que parte do reconhecimento das necessidades das partes interessadas e estabelece padrões para o atendimento destas necessidades. TQM não só visa manter os padrões que atendem a estas necessidades, mas também visa melhorar continuamente estes padrões a partir de uma visão estratégica. Os princípios do *Total Quality Management* são:

- *Foco no cliente*: produzir e fornecer produtos e serviços que atendam às necessidades do cliente garantindo, assim, a sobrevivência da organização.
- *Comprometimento da alta administração e mudança da cultura da empresa*: o envolvimento e o comprometimento da alta administração com TQM garante o direcionamento da prática do controle da qualidade por todas as pessoas segundo a

visão estratégica. Este direcionamento assegura a implantação e manutenção dos princípios TQM para a sobrevivência da empresa a longo prazo.

- *Fatos e dados para a tomada de decisão:* importante para o TQM é a utilização de ferramentas da qualidade que permitam o entendimento do problema considerando dados reais, a identificação das causas deste problema e a definição de ações para conter e corrigir o problema. Ferramentas largamente conhecidas e utilizadas são: *brainstorming*, gráfico de causa-e-efeito, fluxograma, gráfico de Pareto e gráfico de tendência.
- *Melhoria contínua: Kaizen:* a filosofia *Kaizen* afirma que os conceitos e processos adotados no gerenciamento de uma organização, desenvolvimento e produção de produtos, atendimento ao cliente e estabelecimento de parcerias podem ser continuamente melhorados.
- *Envolvimento de fornecedores:* desenvolver parceiros que tenham capacidade de acompanhar as estratégias da organização e que sejam competitivos em sua atividade principal. Considerar aspectos de qualidade de produtos e serviços e de logística (quanto a entrega de materiais), bem como evolução tecnológica e redução constante de custos.
- *Gerenciamento das pessoas:* manter um contínuo desenvolvimento na educação e capacitação das pessoas para a qualidade de forma global e em todos os níveis da empresa; estimular o desenvolvimento e a implementação de métodos estatísticos para alcançar a melhoria de qualidade e de produtividade e de métodos administrativos para o gerenciamento da organização.

Para a melhoria contínua dos processos, ou para sustentar uma melhoria alcançada, o principal método utilizado é o ciclo PDCA - *Plan - Do - Check - Action*. Esse método é adotado para o gerenciamento de rotinas e para proposição e acompanhamento de melhorias. A obtenção de melhorias é possível conjugando as duas formas de gerenciamento (manutenção e melhoria),

assim, melhorando e incrementando continuamente os padrões. Cada melhoria corresponde ao estabelecimento de um novo nível de controle, que sempre pode ser melhorado. O Quadro 9 apresenta o ciclo PDCA.

QUADRO 9. Ciclo PDCA: melhoria dos processos

P	<i>Plan</i>	<ul style="list-style-type: none"> • definir metas • observação • plano de ação para atingir as metas
D	<i>Do</i>	<ul style="list-style-type: none"> • educar e treinar • executar a tarefa
C	<i>Check</i>	<ul style="list-style-type: none"> • verificar os resultados
A	<i>Action</i>	<ul style="list-style-type: none"> • atuar corretivamente • padronização

Para o gerenciamento da qualidade de uma organização, alguns fatores, como os relacionados abaixo, devem ser analisados:

- Ambiente externo: mercado (ameaças de concorrentes e oportunidades de novos mercados)
- Ambiente Interno: empresa e pessoas
- Produtos e serviços: pontos fortes/pontos fracos
- Fatores de competitividade e estratégia de negócio: necessidades de clientes
- Estratégia interna de produção

Analisando a norma ISO 14001, verificamos que a seção 4 também está estruturada segundo o ciclo PDCA. O mesmo ocorre na análise da norma ISO 9000:2000, cujas seções 8.1 e 8.5 também prevêem a utilização da melhoria contínua.

A noção de melhoria contínua associada ao TQM pode ser observada na definição encontrada em Brocka (1994, pg. 3): "gerenciamento da qualidade ou gerenciamento da qualidade total (TQM) é uma filosofia que tem por finalidade melhorar continuamente a

produtividade em cada nível de operação e em cada área funcional de uma organização, utilizando todos os recursos financeiros e humanos disponíveis. A melhoria direcionada para satisfazer objetivos amplos, tais como custo, qualidade, visão de mercado, planejamento e crescimento da empresa [...]"

O TQM é baseado em várias fontes: emprega o método cartesiano, aproveita muito do trabalho de administração científica de Taylor, utiliza o controle estatístico de processos, cujos fundamentos foram lançados por Shewhart, adota os conceitos sobre o comportamento humano lançados por Maslow e aproveita o conhecimento ocidental sobre qualidade, principalmente os trabalhos de Deming e Juran (Barbosa et al., 1993). Brocka (1994, pg. 3) acrescenta: "o gerenciamento da qualidade combina técnicas fundamentais de administração, esforços de melhorias existentes e inovadoras e técnicas especiais para aperfeiçoar continuamente todos os processos [...]"

Ishikawa (1993) coloca a qualidade total como uma "revolução no pensamento administrativo" e justifica dizendo que muitas empresas transformaram a si próprias após a aplicação do controle da qualidade. Estas transformações se deram em termos de mudanças de orientação, por exemplo, a orientação para o consumidor, o respeito pela humanidade como filosofia de administração, entre outras.

Pode-se dizer que o TQM cria uma ação estratégica da qualidade, que envolve o desdobramento dos objetivos gerais da companhia para incluir qualidade; a definição clara de responsabilidades pela qualidade em vários níveis; a criação de recursos exclusivos para qualidade e, em resumo, o posicionamento do esforço pela qualidade entre as grandes metas da empresa.

Com a constatação dos resultados alcançados pelos japoneses com a adoção da filosofia, o TQM ganhou aceitação como ferramenta para melhorar o desempenho das empresas em todos os aspectos de suas atividades, inclusive na gestão ambiental (Hanna e Newman, 1995). Atualmente, muitas empresas estão aprendendo que o TQM pode ser uma estratégia eficaz para a melhoria contínua de seu desempenho ambiental.

Algumas idéias do TQM foram incorporadas durante o próprio processo evolutivo da qualidade e outras, mais recentes, surgiram em função da necessidade das empresas manterem uma vantagem competitiva sustentável devido ao fenômeno da globalização.

A globalização está trazendo às organizações exigências cada vez maiores sobre a qualidade dos produtos e dos processos, inclusive na questão ambiental. Torna-se mais forte a noção de ética da qualidade.

A ética da qualidade de acordo com Rosati (1988) é se ter a coragem de fazer o que é certo para o cliente. Feigenbaum e muitos outros autores têm discutido a relação entre a continuação do processo de TQM e a melhoria dos produtos direcionada para a completa satisfação das necessidades dos clientes (a ética da qualidade) e os ganhos de produtividade associados com estas melhorias.

O diretor de qualidade de uma grande multinacional define qualidade como "esforços de melhoria contínua por parte de todos em uma organização para entender, satisfazer e exceder as expectativas dos clientes" (Hanna e Newman, 1995). Tomando o meio ambiente como um cliente e pela redefinição de limites nas necessidades dos clientes para incluir produtos manufaturados ambientalmente saudáveis com processos ambientalmente saudáveis, o TQM tem o potencial de prover soluções sustentáveis que são "corretas" com o meio ambiente.

4.5 SGA Sistema de Gestão Ambiental

O Sistema de Gestão Ambiental consiste em um conjunto de atividades planejadas, formalmente, que a empresa realiza para gerir ou administrar sua relação com o meio ambiente. É a forma pela qual a empresa se mobiliza, interna e externamente, para atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, controlando os impactos de suas atividades, produtos e serviços no meio ambiente.

A ISO 14000 é uma série de padrões internacionais e diretrizes que especificam as exigências de um Sistema de Gestão Ambiental efetivo (SGA). Eles são escritos para serem aplicáveis a todos os tipos e tamanhos de organizações. Um efetivo Sistema de Gestão Ambiental permite a uma organização estabelecer e avaliar a efetividade de processos e procedimentos estabelecidos para aplicação da Política Ambiental e seus objetivos.

Há cinco princípios básicos que uma Organização deve adotar na implantação de um Sistema de Gestão Ambiental:

Princípio 1 - Compromisso e Política: uma organização deve definir sua política ambiental e deve assegurar compromisso para seu Sistema de Gestão Ambiental.

Princípio 2 – Planejamento: uma organização deve formular um plano para cumprir sua política ambiental. Planejar inclui:

- Identificação de aspectos ambientais e de impactos associados.
- Estabelecimento de objetivos ambientais.
- Desenvolvimento do programa de Gestão Ambiental e associado aos planos de ação.

Princípio 3 – Implementação: para uma implementação efetiva, deve se desenvolver capacidades e mecanismos de apoio necessários para alcançar a sua política e seus objetivos ambientais.

Princípio 4 - Medida e Avaliação: uma organização deve medir, monitorar e avaliar o seu desempenho ambiental.

Princípio 5 - Análise e Melhoria: uma organização deve analisar, numa base contínua, o seu Sistema de Gestão Ambiental, com o objetivo de melhorar o seu desempenho global (Empresa ambientalmente responsável).

Se a empresa já implantou ou está implantando a ISO 9000, as vantagens são ainda maiores quando da implantação do SGA.

Com base na ISO 14040 os produtos recebem a certificação conhecida como SELO VERDE, atestando que os produtos não causam impactos negativos ao meio-ambiente.

O Sistema de Gestão Ambiental de acordo com as normas ISO 14000 introduz na empresa uma postura de prevenção de ocorrências de impactos adversos ao meio ambiente.

A ISO 14.001 apresenta os requisitos de um sistema, ou seja, **O QUE** a empresa deve fazer para garantir que estará protegendo o meio ambiente. Porém, a forma de implementar esses requisitos, ou seja, o **COMO**, é uma escolha da empresa. Dentre os requisitos da norma ISO 14.001, há muitos que são comuns com a norma ISO 9001, principalmente aqueles relativos à organização e administração interna da empresa.

É importante ressaltar que a complexidade de um SGA, ou seja, a quantidade de documentos e recursos utilizados, depende do porte da empresa e do seu tipo de atividade, sendo simplificado para o caso de micro e pequenas empresas.

Um fator importante em um SGA é a legislação ambiental, pois para uma empresa receber certificação, além de implantar um SGA, é necessário o atendimento das exigências contidas na legislação ambiental em vigor, à qual a empresa deve se submeter quando da licença do projeto, da instalação ou da expansão da capacidade.

O empresário, ao iniciar o processo de instalação de sua empresa, deve verificar se a atividade a ser desenvolvida necessita de licenciamento ambiental e para isso deve se dirigir ao:

- OMMA - Órgão Municipal de Meio Ambiente. Muitas prefeituras já dispõem de uma entidade para orientar o empresário sobre questões ambientais;
- OEMA – Órgão Estadual de Meio Ambiente, responsável pela emissão de licenças ambientais para instalação e operação de empresas;

- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, nos casos de licenciamento federal. O IBAMA possui superintendências em todos os Estados da Federação e no Distrito Federal.

No caso de atividades que exigem desmatamento, é preciso obter uma autorização do órgão estadual de florestas. Para atividades de extração mineral, é necessário que o DNPM aprove o Plano de Aproveitamento Econômico apresentado pela empresa e que o empresário ainda cumpra outras etapas, especificadas caso a caso.

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos exigidos para a implantação de atividades empresariais. Trata-se de um instrumento prévio de controle ambiental, para o exercício legal de atividades modificadoras do meio ambiente, constantes nas resoluções CONAMA 001/86, 011/86, 006/87, 006/88, 009/90 e 010/90, entre outras. As licenças são fornecidas pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMA) ou pelo IBAMA, em caráter supletivo ou para aquelas atividades que, por lei, são de competência federal. Consideram-se os seguintes tipos de licenças ambientais:

- **Licença Prévia (LP)** – Autoriza o empresário a desenvolver o projeto do empreendimento de acordo com as exigências ambientais, determinadas a partir das características das atividades pretendidas;
- **Licença de Instalação (LI)** – Permissão requerida após aprovação do projeto, para a construção e instalação de um empreendimento;
- **Licença de Operação (LO)** – Expedida após a LI, se o empreendimento foi implantado, e opera de acordo com o projeto aprovado, autorizando o empresário a iniciar as suas atividades.

4.5.1 Etapas do Sistema de Gestão Ambiental

Para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, em primeiro lugar a empresa deve realizar uma **AVALIAÇÃO AMBIENTAL** para responder a seguinte pergunta, referente à sua relação com o meio ambiente: **ONDE ESTAMOS?**

Na avaliação ambiental, compara-se o desempenho ambiental da empresa com padrões, normas, códigos e princípios externos, estabelecidos pelas legislações ambientais de âmbito federal, estadual e municipal.

O SGA, apresentado pela ISO 14001, pode ser desdobrado em cinco etapas sucessivas e contínuas:

1. Política ambiental da organização

A política ambiental é uma declaração da empresa e o seu "termo de compromisso ambiental". O compromisso ambiental da empresa deve ser adequado ao seu porte, à natureza de suas atividades, às tendências ambientais do mercado em que atua, além de levar em conta as características específicas de sua região.

A Política Ambiental deverá atender às seguintes exigências:

- ter compromisso com a melhoria contínua;
- explicitar compromisso com o atendimento aos requisitos legais;
- ser documentada e comunicada a todos;
- ser compatível com outras políticas e normas internas (qualidade, saúde do trabalhador e segurança);
- incluir um compromisso com a prevenção da poluição;
- revista ao final de cada ciclo;
- imutável dentro do ciclo.

2. Planejamento

O planejamento é um conjunto de etapas importantes para a implementação, operação e manutenção do SGA na empresa, que visa atingir os objetivos e as metas definidas na política ambiental. Deve conter, no mínimo, os seguintes itens:

- identificação dos aspectos ambientais da empresa;
- identificação dos requisitos legais corporativos;
- estabelecimento de indicadores internos de desempenho ambiental;
- estabelecimento de objetivos e metas alinhados com o compromisso ambiental;
- elaboração de planos e programas de gestão para o cumprimento dos objetivos e metas estabelecidos.

Para identificação dos aspectos ambientais, levam-se em consideração todas as atividades e tarefas do processo produtivo, incluindo todas as entradas e saídas do processo produtivo.

Logo a seguir, deve-se identificar aspectos ambientais associados às atividades:

- emissões atmosféricas;
- efluentes líquidos;
- resíduos;
- contaminação da terra;
- impacto nas comunidades;
- uso de matéria-prima e de recursos naturais;
- outras emissões ambientais.

3. Implementação e operação

É a implementação do programa de gestão ambiental e de todas as atividades necessárias para garantir que os objetivos ambientais da empresa sejam atingidos, devendo garantir principalmente:

- **Estrutura e Responsabilidades** - A definição das pessoas sejam responsáveis pelos objetivos ambientais (**QUEM** do item planejamento), que tenham a autoridade e os recursos necessários para a realização das suas atividades (**O QUE É PRECISO** do item planejamento);

- **Treinamento, Conscientização e Competências** - Que todas as pessoas que executam tarefas que podem criar impactos ambientais sejam treinadas sobre a importância e operação do SGA, sobre os impactos ambientais que suas tarefas podem causar, ao meio ambiente e como agir em situações de emergências, evitando prejuízos ao meio ambiente;

- **Comunicação** - Uma boa comunicação dentro da empresa sobre o SGA;

- **Documentação** - Que todas as informações sobre o SGA estejam documentadas;

- **Controle de Documentos** - Que os documentos sejam elaborados, aprovados e alterados por pessoas com conhecimento e autoridade, não podendo existir documentos desatualizados na empresa e todas as pessoas devem ter acesso aos documentos necessários para a execução de suas tarefas;

- **Controle Operacional** - Que todas as atividades, operações e processos que possam causar impactos ambientais, estejam identificados junto com os parâmetros (valores) aceitáveis de trabalho, devendo ser constantemente controlados, ou seja, supervisionados;

- **Preparação e atendimento a emergências** - Que todas as ações para atender a acidentes e emergências, com impactos no meio ambiente já estejam planejadas, padronizadas e documentadas em procedimentos.

4. Monitoramento e ações corretivas

- **Monitoramento e Medição** - A empresa deve monitorar e medir, com instrumentos calibrados, todas as características das operações e atividades que possam causar impactos ambientais, devendo sempre, as medições serem registradas e, constantemente, comparadas com a legislação ambiental.

- **Não conformidade e ações corretivas e preventivas** - Toda vez que se identificar um problema nas atividades que podem causar impactos ambientais, deve-se:

- adotar medidas para amenizar qualquer prejuízo ao meio ambiente;
- tomar ações corretivas para eliminar as causas do problema;
- ações preventivas para evitar que o mesmo problema se repita.

• Auditoria Ambiental - Periodicamente, a empresa deve realizar auditorias internas do SGA para verificar se o que foi planejado e implementado está de acordo com os requisitos da norma ISO 14.001 e se realmente está sendo cumprido. Os resultados das auditorias ambientais são informações importantes, para que a administração da empresa possa realizar a análise crítica do SGA.

5. Revisões gerenciais

Periodicamente, a administração da empresa deve realizar uma análise crítica do SGA para verificar se ele está adequado às características da empresa e se está tudo funcionando como foi planejado. É através das análises críticas que a administração garante que o SGA estará sempre sendo melhorado.

Como resultado destas etapas, forma-se o ciclo da MELHORIA CONTÍNUA, pelo qual a empresa deve estar sempre melhorando seu desempenho ambiental, ou seja, diminuindo os impactos negativos que causa ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade.

4.5.2 O Selo Verde (Rotulagem ambiental)

Em uma nova sociedade de consumo, onde as pessoas consomem produtos de uma forma mais consciente, produtores e seus produtos estão cada vez mais sendo julgados não apenas pela qualidade, durabilidade, performance, preço e assistência técnica, mas também, por critérios éticos, ecológicos e de justiça. Organizações de consumo, no mundo todo, estão cada vez mais armando os consumidores com a informação necessária para auxiliá-los nesse julgamento.

Os rótulos ecológicos, a forma mais disseminada de rotulagem ambiental, são regulados pela norma ISO 14024 - Rotulagem Ambiental - Guia para certificação com base em análise multicritério. A norma ISO 14024 estabelece quinze princípios e práticas para a rotulagem ecológica:

1. Voluntariedade: os programas de rótulos ecológicos deverão ser voluntários na sua natureza e implementação.

2. Regulamentações: somente serão considerados produtos que atendam às regulamentações ambientais aplicáveis.

3. Ciclo de Vida: como o objetivo é a redução de impactos ambientais e não sua transferência para outro estágio da vida do produto, a avaliação do ciclo de vida do produto deverá ser considerada no estabelecimento de requerimentos para o rótulo.

4. Seletividade: os critérios ambientais para o produto, deverão ser estabelecidos de forma a diferenciá-lo de outros em sua categoria, quando as diferenças forem significativas.

5. Critérios ambientais do produto

Ciclo de Vida - Os critérios para o rótulo devem ter parâmetros originados da avaliação do ciclo de vida do produto;

Bases para Critérios - Deverão ser fixados de forma a serem atingíveis, considerando os impactos ambientais relativos;

Validade - Os critérios deverão ser fixados para um período pré-definido;

Revisão - Os critérios deverão ser revisados num período pré-definido, considerando novas tecnologias, novos produtos, novas informações ambientais e mudanças de mercado, porém, revisões não significarão, necessariamente, mudança de critérios.

6. Características Funcionais: no desenvolvimento do programa de rotulagem, as características funcionais do produto deverão ser consideradas.

7. Participação: o processo de seleção de categorias de produtos, de critérios ambientais de produtos e características funcionais de produtos, deverá ser aberto à participação dos diferentes grupos de interesse.

8. Transparência: os programas de rotulagem devem poder demonstrar transparência, em todos os estágios de desenvolvimento e operação, incluindo informações que, sem ferirem o disposto no item 15, devem incluir:

- categorias de produto;
- critérios ambientais e características funcionais;
- procedimentos de certificação e concessão;
- requerimentos de revisão periódica;
- fontes de recursos do programa;
- métodos de testes e verificações;
- verificação de concordância.

9. Aspectos Comerciais: os programas de rotulagem não deverão criar barreiras comerciais desnecessárias.

10. Concordância: todos os elementos de critérios ambientais e características funcionais do produto devem ser verificados pelo órgão responsável pelo programa de rotulagem, devendo os métodos de verificação recorrer, preferencialmente, a:

- normas ISO e IEC;
- outras normas internacionalmente reconhecidas;
- métodos reproduzíveis que sigam princípios de boa prática laboratorial.

11. Acesso, Submissão e Participação: os programas de rotulagem ambiental devem estar abertos a todos os potenciais participantes, devendo todos os requerentes, que atendam os critérios para uma dada categoria de produtos, estar aptos a receber o selo.

12. Base Científica: os critérios ambientais do produto devem ser capazes de demonstrar que o seu cumprimento atinge o objetivo de redução de impacto ambiental.

13. Conflitos: programas de rotulagem devem estar aptos a demonstrar que suas fontes de recursos não criam conflito de interesses.

14. Custos e Taxas: devem ser mínimos e relativos a todos os custos do programa, de forma a facilitar o acesso aos solicitantes (empresas fabricantes).

15. Sigilo: o sigilo de todas as informações recebidas de solicitantes da rotulagem deve estar garantido.

4.5.3 Vantagens do Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

As vantagens e os benefícios auferidos pelas empresas que adotam um Sistema de Gestão Ambiental podem ser resumidos em:

•Econômicos

- Economia de custos
- Economias devido à redução de consumo de água, energia e outros insumos.
- Economias devido a reciclagem, venda e aproveitamento de resíduos e à diminuição de efluentes.
- Redução de multas e penalidades por poluição.
- Redução de taxas de seguro.
- Incremento de receitas
- Aumento da contribuição marginal de "produtos verdes", que podem ser vendidos a preços mais altos.
- Novas linhas de produtos para novos mercados.
- Aumento da demanda para produtos que contribuam com a diminuição da poluição.

•Estratégicos

- Melhoria da imagem institucional.
 - Renovação do "portfólio" de produtos.
 - Aumento da produtividade.
 - Alto comprometimento do pessoal.
 - Melhoria nas relações de trabalho.
 - Melhoria e criatividade para novos desafios.
 - Melhoria nas relações com órgãos governamentais, comunidade e grupos ambientalistas.
-
- Acesso assegurado ao mercado externo.
 - Melhor adequação aos padrões ambientais.
 - Redução do risco de acidentes e incidentes ambientais.

4.5.4 Enfoque sistêmico

Considerando cada organização como um todo inserido em um conjunto maior de organizações, o enfoque sistêmico relativo ao Sistema de Gestão Ambiental pode ser dado conforme indicação da Câmara de Comércio Internacional, visando uma linguagem comum a todos:

1. Prioridade organizacional

Reconhecer que a questão ambiental está entre as principais prioridades da empresa e que ela é uma questão-chave para o Desenvolvimento Sustentável.

Estabelecer políticas, programas e práticas no desenvolvimento das operações que sejam adequadas ao meio ambiente.

2. Gestão integrada

Integrar as políticas, programas e práticas ambientais intensamente em todos os negócios como elementos indispensáveis de administração em todas suas funções.

3. Processo de melhoria

Continuar melhorando as políticas corporativas, os programas e a performance ambiental tanto no mercado interno quanto externo, levando em conta o desenvolvimento tecnológico, o conhecimento científico, as necessidades dos consumidores e os anseios da comunidade, tendo como ponto de partida as regulamentações ambientais.

4. Educação do pessoal

Educar, treinar e motivar o pessoal, no sentido de que possam desempenhar suas tarefas de forma responsável em relação ao ambiente.

5. Prioridade de enfoque

Considerar as repercussões ambientais antes de iniciar nova atividade ou projeto e antes de instalar novos equipamentos e instalações ou de abandonar alguma unidade produtiva.

6. Produtos e serviços

Desenvolver e produzir produtos e serviços que não sejam agressivos ao ambiente e que sejam seguros em sua utilização e consumo, que sejam eficientes no consumo de energia e de recursos naturais e que possam ser reciclados, reutilizados ou armazenados de forma segura.

7. Orientação ao consumidor

Orientar, e se necessário, educar consumidores, distribuidores e o público em geral sobre o correto e seguro uso, transporte, armazenagem e descarte dos produtos produzidos.

8. Equipamentos e operacionalização

Desenvolver, desenhar e operar máquinas e equipamentos levando em conta o eficiente uso de água, energia e matérias-primas, o uso sustentável dos recursos renováveis, a minimização dos impactos negativos ao ambiente e a geração de poluição e o uso responsável e seguro dos resíduos existentes.

9. Pesquisa

Conduzir ou apoiar projetos de pesquisas que estudem os impactos ambientais das matérias-primas, produtos, processos, emissões e resíduos associados ao processo produtivo da empresa, visando à minimização de seus efeitos.

10. Enfoque preventivo

Modificar a manufatura e o uso de produtos ou serviços e mesmo os processos produtivos, de forma consistente com os mais modernos conhecimentos técnicos e científicos, no sentido de prevenir as sérias e irreversíveis degradações do meio ambiente.

11. Fornecedores e sub-contratados

Promover a adoção dos princípios ambientais da empresa junto dos sub-contratados e fornecedores encorajando e assegurando, sempre que possível, melhorando em suas atividades, de modo que elas sejam uma extensão das normas utilizadas pela empresa.

12. Planos de emergência

Desenvolver e manter, nas áreas de rico potencial, planos de emergência idealizados em conjunto entre os setores da empresa envolvidos, os órgãos governamentais e a comunidade local, reconhecendo a repercussão de eventuais acidentes.

13. Transferência de tecnologia

Contribuir na disseminação e transferência das tecnologias e métodos de gestão que sejam amigáveis ao meio ambiente junto aos setores privado e público.

14. Contribuição ao esforço comum

Contribuir no desenvolvimento de políticas públicas e privadas, de programas governamentais e iniciativas educacionais que visem a preservação do meio ambiente.

15. Transparência de atitudes

Propiciar transparência e diálogo com a comunidade interna e externa, antecipando e respondendo a suas preocupações em relação aos riscos potenciais e impacto das operações, produtos e resíduos.

16. Atendimento e divulgação

Medir a performance ambiental. Conduzir auditorias ambientais regulares e averiguar se os padrões da empresa cumprem os valores estabelecidos na legislação.

Prover periodicamente informações apropriadas para a alta administração, acionistas, empregados, autoridades e o público em geral.

A compreensão de que as atividades produtivas e as questões ambientais estão inter-relacionadas encontrou apoio na visão da empresa como um sistema aberto. Tratando-se de meio ambiente, Callenbach et al (1993) diz que a empresa deixou de ser vista como uma entidade isolada e passou a ser compreendida em relação a vários interessados: funcionários, acionistas, concorrentes, fornecedores, clientes, governo e outros.

No entanto, a simples compreensão da inter-relação empresa-meio ambiente-sociedade não é suficiente para tornar uma empresa ambientalmente responsável. As decisões e ações empresariais precisam integrar a busca da qualidade ambiental às atividades de rotina da empresa, passando a tratar as questões ambientais por meio de um sistema organizado, um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Um SGA requer a avaliação dos impactos ambientais provocados pelo processo produtivo da empresa e a definição e implementação de estratégias e ações para a eliminação ou redução destes impactos, elevando a qualidade ambiental da empresa, ao mesmo tempo em que são buscadas a maior eficiência do processo, com redução de custos, e melhoria da imagem da empresa junto aos interessados.

Os procedimentos de gestão ambiental com uma consciência realmente ecológica, segundo Dyllik (apud Callenbach et al, 1993), apresentam três elementos-chave:

- **inovação:** as estratégias ecológicas requerem inovações que reduzem o impacto ambiental das operações e que tragam vantagens ecológicas ao consumidor;
- **cooperação:** a excelência ecológica só é conseguida pela cooperação entre os agentes que atuam durante o ciclo de vida do produto e não com base na competição, o mecanismo usual;
- **comunicação:** a troca de informações deve apoiar-se na confiança entre os interessados e não corresponder a simples publicidade, como tradicionalmente acontece.

No entanto, a lógica ecológica não comanda os processos produtivos e econômicos. Layrargues (2000) considera que o interesse pela qualidade ambiental entre as empresas se deve à globalização da economia, gerando um acirramento da competitividade e à busca mais intensa pelo domínio de inovações tecnológicas como fontes de vantagens competitivas. Entre as inovações, encontram-se as tecnologias limpas que permitem poupar recursos econômicos, energéticos e de mão-de-obra. As tecnologias limpas encaixaram-se nas necessidades empresariais, imprimindo maior eficiência econômica às atividades produtivas.

Para Callenbach et al (1993), as motivações que tornam a proteção ambiental uma oportunidade de negócio são senso de responsabilidade ecológica; requerimentos legais; salvaguarda da empresa; imagem; proteção do pessoal; pressões de mercado; qualidade de vida; lucro. Entre as oportunidades de negócio, o SEBRAE (1998) apresenta:

- **produtos de consumo:** plásticos biodegradáveis, detergentes, produtos sem metais pesados e sem CFC e outros;
- **investimentos industriais:** indústrias de reciclagem e limpeza, engenharia de tecnologias limpas, indústria de medição e controle;
- **serviços:** medida, diagnóstico e controle; avaliação de incidentes e sistemas especializados; elaboração de *softwares*; supervisão humana, financiamento e seguros; sensibilização, educação e formação.

Como visto, a empresa pode organizar-se em torno de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para coordenar seus esforços ambientais, a fim de conseguir a minimização de impactos sobre o meio ambiente decorrentes de produtos, processos e serviços. O SGA pode ser guiado por uma filosofia de Gestão da Qualidade Total Ambiental, descrita a seguir.

4.6 TQEM Gestão Ambiental da Qualidade Total

A literatura sobre gestão ambiental cresceu vertiginosamente durante toda a década de 90. A maioria dos trabalhos nessa área propõe ensinar como gestores podem adotar medidas para que suas empresas se tornem "verdes" (Rocha, 1998). São conselhos bem pragmáticos, reconhecendo que a preocupação social com a qualidade do meio-ambiente é crescente e tem conseqüências concretas na maneira como as empresas são administradas.

Muitos dos trabalhos nessa área explicam como empresas em diversos setores desenvolvem Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) para monitorar suas questões ambientais. Um SGA pode ser definido como a organização racional e sistemática de tudo que uma empresa faz para gerenciar suas questões ambientais e monitorar seus efeitos no meio ambiente (Ibbotson e Phyper, 1996).

Quando uma grande empresa desenvolve um SGA que é bem sucedido, esse é freqüentemente citado como exemplo a ser seguido por outras empresas. Casos como os de empresas líderes em seus segmentos de atuação são exemplos largamente citados na literatura (McInemey e White, 1995). Mais recentemente, associações industriais têm desenvolvido e recomendado Sistemas de Gestão Ambiental específicos para seus membros, através de acordos voluntários. Um caso pioneiro nessa área é o da indústria química que desenvolveu o programa "Responsible Care", como base para o SGA de suas empresas.

Em geral, podemos classificar as empresas em três grupos, de acordo com as fases em que se encontram para enfrentarem os seus problemas ambientais:

1. *Fase Defensiva/Reativa*, cuja estratégia principal é a remediação e o cumprimento da legislação ambiental (a maioria situa-se neste grupo);
2. *Fase de Gestão de Risco Ambiental*, cuja estratégia é a prevenção e, como isso acabam reduzindo seus custos ambientais (a minoria enquadra-se neste grupo).
3. *Fase Pró-Ativa*, cuja estratégia é a incorporação dos princípios do desenvolvimento sustentável e da Agenda 21 em suas decisões administrativas e gerenciais. As empresas ambientalmente mais avançadas situam-se neste grupo e, além de provocarem reduções dos seus custos ambientais, promovem uma boa imagem pública, participação em decisões governamentais e novas oportunidades de mercado.

Existe, portanto, um leque de possibilidades em termos de Sistemas de Gestão Ambiental. As diferenças entre os vários sistemas estão principalmente nos instrumentos escolhidos pelas diversas empresas para monitorar suas questões ambientais. Esses instrumentos vão desde redução e reciclagem, à auditoria ambiental e análise de ciclo-de-vida de seus produtos. O que os vários Sistemas de Gestão Ambiental têm em comum é um forte componente ético – um compromisso com gerações presentes e futuras na preservação de um meio ambiente saudável.

Os princípios explícitos num SGA e o comprometimento da empresa em seguir esses princípios são mais importantes do que os instrumentos usados para alcançá-los.

São várias as razões pelas quais empresas do setor privado continuam desenvolvendo e adotando Sistemas de Gestão Ambiental. A primeira delas é a crescente pressão da legislação com relação a crimes e infrações ambientais. Empresas precisam incorporar técnicas administrativas que racionalizem os custos decorrentes de se seguir novas leis e regulamentos.

A segunda razão é que as questões ambientais têm afetado também o mercado financeiro. A condição favorável para obtenção de créditos e apólices de seguro é mais facilmente encontrada quando as empresas apresentam um sólido SGA como parte de suas práticas administrativas.

A terceira razão para a adoção de um SGA relaciona-se às questões de credibilidade e relações públicas. Uma boa imagem da empresa pode melhorar sua posição no mercado não só por causa de uma aceitação melhor de seus produtos por consumidores e clientes, mas também por um melhor relacionamento com funcionários, fornecedores e até acionistas preocupados com dimensões ético-ambientais.

A crescente conscientização ecológica, acompanhada pelo processo de globalização econômica impulsionado a partir da década de 70, ocasionaram mudanças no comportamento ambiental de algumas organizações. A contaminação da água, solo e ar, a explosão demográfica, a redução da biodiversidade passaram a compor um conjunto de características ambientais que recebeu a atenção da sociedade. Nos países desenvolvidos, isto resultou numa atuação mais intensa dos órgãos ambientais e forçou a melhoria da legislação sobre meio ambiente (Maimon, 1994).

Na busca pela qualidade de produtos, processos e serviços surge uma nova dimensão: a qualidade ambiental. As pressões sociais de consumidores; a legislação; os órgãos governamentais e organizações não-governamentais (ONG's) são os agentes que impulsionam a mudança de cultura e de procedimentos da organização para que suas atividades gerem menor

número de problemas ambientais. Isto pode vir a permitir a permanência da empresa no mercado ou até elevar sua competitividade.

Atualmente, o gerenciamento ambiental da qualidade pode ser entendido como uma expansão do conceito de TQM - *Total Quality Management* (Gerenciamento da Qualidade Total) uma vez que zela por uma produção com qualidade dos produtos e dos processos, sem desperdícios, com um melhor aproveitamento dos recursos e consciência da finitude destes, entre outros, ou seja, uma percepção ampliada do antigo conceito de qualidade. É o que se discute a seguir.

A GEMI - *Global Environmental Management Initiative* (Iniciativa Global de Administração Ambiental - Estados Unidos) tomou a dianteira no incentivo às empresas para fazerem a transição do gerenciamento da qualidade total (TQM) para o gerenciamento ambiental da qualidade total (TQEM), tendo publicado a Cartilha do Gerenciamento Ambiental da Qualidade Total (Kinlaw, 1997).

Pode-se observar, no Quadro 10, uma comparação entre a percepção da qualidade entre os anos 50 e os anos 90. Pode-se acompanhar a evolução dos interesses econômicos e as mudanças ocorridas desde os movimentos do TQM, até o advento do TQM expandido, o TQEM.

Quanto ao primeiro ponto, produção sem preocupação com impacto ambiental, é fato que ainda existem muitas empresas que operam sob a suposição de que o ambiente natural é grande o suficiente para prover os recursos adequados para as necessidades de produção e para ser depositário de tudo o que for descartado. Tais empresas exercem pressões por uma legislação mais amena, na suposição de que o custo de conformidade com a legislação ambiental vá inevitavelmente tornar os produtos menos competitivos. Deve-se ressaltar que, se essas empresas responderem com êxito à redução ou à prevenção de impactos ambientais, isso resultará somente em uma solução local, ao ambiente subjacente e aos temas operacionais.

Isso porque regulamentos variam de local para local, mas os limites políticos raramente competem com os limites naturais dos sistemas ecológicos, os quais devem processar a poluição

industrial. Um exemplo são as emissões tóxicas da Europa, que estão afetando os ursos polares e grande parte da vida marinha no Ártico. Uma solução global, se disponível, poderia claramente ser preferida, sob ambas as perspectivas, operacional e ambiental.

QUADRO 10. Movimentos da Qualidade nos anos 50 e 90

Anos 50		Anos 90	
Movimentos predominantes	Resposta aos temas da Qualidade	Movimentos predominantes	Resposta aos temas ambientais
Produção sem preocupação com qualidade	- A demanda excede a produção e os consumidores compram toda e qualquer coisa que se produza.	Produção sem preocupação com impacto ambiental	- A capacidade da natureza de acomodar os resíduos da manufatura excede em muito a capacidade de gerar resíduos; - Há falta de interesse da sociedade.
Movimento “Zero defeito”	- Qualidade perfeita sem preocupação com custos. (conformidade 100%).	Movimento “Verde”	- Proteção ambiental sem preocupação com custos.
Abordagem de minimização de custos	Deve-se otimizar os custos da qualidade através do equilíbrio entre prevenção e custos de falha com custos de inspeção.	A abordagem do uso inteligente de recursos	- Otimização dos custos de produção por meio do equilíbrio entre perdas ambientais devido às operações.
Abordagem da Gestão da Qualidade Total - TQM	- Foco na satisfação das necessidades do cliente por todo o processo, com o objetivo de oferecer melhorias na qualidade e na produtividade.	Gestão da Qualidade Total Expandida - TQEM	- Expande a definição de satisfação do cliente, inclui temas ambientais e trata o ambiente como cliente; com um foco em satisfazer as necessidades dos clientes, objetiva soluções sustentáveis, com redução do impacto ambiental e melhoria da produtividade.

Fonte: Com base em Hanna e Newman (1995)

O movimento verde foi uma segunda resposta às tendências de preservação ambiental. É a busca por uma preservação ecológica completa, através de uma legislação adicional embasada, inclusive, em muitas das iniciativas dos movimentos verdes. Apesar de o impacto de tal legislação ser perseguido a nível local, regional e nacional, a conferência do Rio de Janeiro, a ECO 92, preferiu passar para uma percepção de desafio global. Este caminho foca apenas em mudanças no *output* industrial, através das especificações na legislação ambiental, ao invés de

atuar diretamente sobre a alteração dos processos de manufatura. Trabalhando-se com base na filosofia do movimento verde, pode-se forçar o empreendimento humano a continuar sem uma completa consideração pelo impacto econômico.

A perspectiva do uso inteligente dos recursos prima por uma tomada de decisão economicamente racional, por meio de uma avaliação dos custos e benefícios envolvidos. Essa perspectiva enfoca um compromisso entre metas econômicas e ecológicas e a abordagem multi-critério de "obediência otimizada" de muitas empresas. Essa abordagem é análoga a um foco definido no balanceamento da prevenção e uma avaliação dos custos com custos de falha, de maneira a minimizar localmente uma função "custo de qualidade". O foco primário desta perspectiva é também em sistemas de *output*, se bom ou mal e, como é geralmente o caso de abordagens que não consideram o processo como um todo, soluções locais e sub-otimizadas são os prováveis resultados. Objetivando uma abordagem mais ampla, a expansão do conceito do TQM surge como uma solução potencial.

Explicitando a ligação de sensatez ambiental à definição de qualidade, TQEM - *Total Quality Environmental Management* – (Gestão Ambiental da Qualidade Total), responde à crise permitindo uma produção ecologicamente correta, através da utilização de ferramentas e conceitos de TQM. Entre os resultados, o TQEM ajuda as empresas a entender os produtos que estão criando, desde o design, através de toda a cadeia de valor, até o último uso e a disposição final.

O "controle da qualidade total" de Feigenbaum ofereceu a expectativa de prover produtividade através da melhoria da qualidade; hoje o TQM também pode oferecer expectativas de melhorar a produtividade através da melhoria da qualidade ambiental. Como as considerações de qualidade no passado, expandir o TQM para considerar os temas ambientais poderia ter um grande impacto no gerenciamento operacional. Assim como o TQM propõe soluções globais para outros problemas de qualidade, ele oferece mecanismos para achar soluções globais para a perplexidade ambiental das empresas de hoje (Hanna e Newman, 1995).

Além da definição da GEMI, existem outras definições para este movimento, como observado em Romm (1996, p.22), que denomina o TQEM como "Administração enxuta e limpa". Diz o autor: "no caso da produção enxuta e da qualidade total, o desperdício é *tempo perdido*, e as medidas de ineficiência são grandes estoques, defeitos e reclamações de clientes. Na produção limpa, a medida de eficiência é a poluição - do ar, da água e de refulgos sólidos. Se uma empresa melhorou sua qualidade e reduziu o desperdício de tempo com sucesso, a administração enxuta e limpa é a próxima etapa no processo contínuo de aumento dos lucros e da produtividade".

De acordo com o autor, a administração enxuta e limpa é a abordagem mais completa para minimizar todos os tipos de desperdícios da empresa. Portanto, é possível que se tornem a administração e o sistema de produção dominantes no século XXI. Previsão semelhante é feita por Lutz (in Callenbach et al, 1993): "administrar com consciência ecológica" passou a ser o lema dos empresários voltados para o futuro.

Não existe garantia de que o TQEM, ou a "administração enxuta e limpa", trará benefícios nos próximos 30 anos, comparáveis com aqueles que o TQM traz hoje e trouxe no passado. No entanto, o que está ilustrado no Quadro 10 sugere que muitos benefícios poderiam surgir da aplicação do que já se aprendeu sobre TQM, com os temas ambientais agregados ao mundo dos negócios de hoje.

Conforme destacou Maurice Strong, secretário-geral da ECO'92 *United Nations Conference on Environmental and Development* (1992, *Earth Summit*) (Kinlaw, 1997):

"O gerenciamento da qualidade total é uma forma total de gerenciamento. Implica na obtenção de qualidade em tudo aquilo que a empresa faz. Mais e mais organizações estão percebendo que não podem atingir a qualidade total se lançarem efluentes tóxicos no sistema de abastecimento de água ou elementos químicos ácidos no ar - como também não podem atingir a qualidade total se não tratarem adequadamente as pessoas e se não responderem às necessidades específicas de uma força de trabalho multicultural". (p.xix)

Para os líderes empresariais, torna-se cada vez mais evidente que a responsabilidade ambiental é o passo seguinte à qualidade total, e é um passo imprescindível para que as empresas permaneçam competitivas e lucrativas. Assim, a gestão ambiental pode ser encarada como um novo paradigma empresarial.

O enlace entre Gestão da Qualidade Total (TQM) e Gestão da Qualidade Total Ambiental (*Total Quality Environmental Management - TQEM*) é um agente para mudança cultural da organização, um veículo através do qual as empresas aprendem a tornar-se mais sensíveis aos consumidores e as suas necessidades, avaliando o próprio sucesso nestes novos termos (Wever,1996).

A ampliação do conceito de TQM para TQEM requer, segundo Margarido, Yamada e Silva (1996), o acréscimo dos seguintes pontos:

- definição de políticas que estejam comprometidas com a melhoria do desempenho ambiental;
- integração dos planos ambientais à rotina operacional;
- medidas de desempenho e auditorias ambientais;
- treinamento direcionado para a compreensão dos problemas ambientais;
- foco da preocupação ambiental em produção e segurança.

Segundo Sturtevant, Trowbridge e Edgeman (1996), a melhoria da qualidade e a gestão ambiental são complementares. Com a TQM, procura-se atingir um índice de defeitos nulo, através de melhorias no processo produtivo com o monitoramento das atividades, garantindo a competitividade e lucratividade da empresa. A qualidade total envolve um desempenho ambiental satisfatório como ponto integrante do processo de gerenciamento. A TQEM, por sua vez, busca um melhor aproveitamento das fontes energéticas e das matérias-primas, conduzindo para a constante redução de emissões e dos impactos ambientais, caracterizando uma produção mais limpa. Desta forma, a TQEM constitui-se em um instrumento de obtenção de lucros, à medida que contribui para a competitividade da empresa no mercado.

Muitas organizações que já desenvolviam um programa voltado para a qualidade total, começam a aplicar os mesmos princípios e ferramentas para todos os aspectos dos negócios, incluindo a gestão ambiental. Callenbach et al (1993), cita o exemplo de uma grande multinacional que adotou um programa de Gestão da Qualidade Total Ambiental como extensão do TQM. Em 1980, a empresa deu início à ligação entre melhoria ambiental, saúde e segurança. A repercussão de desastres ecológicos como o ocorrido em Bhopal, em 1984, estimulou a empresa a associar melhoria ambiental com qualidade total.

Makower (1994) coloca como pontos importantes para o sucesso de um programa de TQEM a identificação dos clientes e de suas necessidades, a maximização da comunicação entre níveis na empresa, a reunião e análise de informações sobre o desempenho ambiental da empresa, o uso de *benchmarks* para comparar o programa e desempenho ambientais próprios com concorrentes, a compreensão de que a meta é uma melhoria gradual e contínua do desempenho ambiental e a participação de todos os funcionários.

A mudança de comportamento não se refere somente à introdução da filosofia de proteção ao meio ambiente nas atividades organizacionais, na verdade, implica em uma revisão de valores também das pessoas que trabalham na organização. E assim alcançar uma administração realmente ecológica.

Na empresa nem sempre gestão ambiental significa um cuidado verdadeiro com o meio ambiente. Em Callenbach et al. (1993) encontra-se uma distinção entre administração ambiental e administração ecológica (ou gerenciamento ecológico). A primeira significa abordagem defensiva e reativa, exemplificada pelos esforços ambientais reativos e pela auditoria de cumprimento; e o segundo termo a abordagem ativa e criativa desenvolvida na Alemanha e conceitualmente aprimorada pelo *Elmwood Institute*, instituição educacional dedicada a promover instrução básica em ecologia: "O objetivo do gerenciamento ecológico é minimizar o impacto ambiental e social das empresas, e tomar todas as suas operações tão ecologicamente corretas quanto possível" (pg. 86).

O novo paradigma parte então do reconhecimento de que os problemas ecológicos do mundo não podem ser entendidos isoladamente. "São problemas sistêmicos - interligados e interdependentes - e sua compreensão e solução requerem um novo tipo de pensamento sistêmico, ou ecológico" (Callenbach et al., 1993, pg. 86). Reforça esta visão sistêmica Kinlaw (1997, pg. 45) "um sistema ecológico é o fluxo de matérias ou informações que partem dos elementos inorgânicos para os elementos vivos e de volta para os primeiros, e assim por diante". Este novo modo de pensar exige uma mudança de valores, passando da expansão para a conservação, da quantidade para a qualidade, da dominação para a parceria.

O novo paradigma pode ser denominado como uma "visão holística do mundo", como uma "visão sistêmica" e finalmente como uma "visão ecológica", usando esse termo numa acepção muito mais ampla e profunda do que a usual.

Assim, para que uma empresa passe a realmente trabalhar com "gestão ambiental" ou com "gerenciamento ecológico" deve, inevitavelmente passar por uma mudança em sua cultura empresarial, por uma revisão de seus paradigmas.

Outros autores, como Negri e Galli (1998), relacionam a redução dos impactos ambientais e dos custos de produção com o sistema de qualidade e com a produção enxuta. Para eles, a qualidade ambiental é uma decorrência dos dois processos.

Da mesma forma que um sistema de gestão da qualidade, um sistema de gestão ambiental também pode ser certificado. A certificação ambiental pode constituir-se em um fator de competitividade em mercados nos quais as exigências ambientais requisitem atestados de qualidade ambiental de produtos, processos e serviços.

As empresas estão sob uma crescente pressão para mudar. Isto é resultado do também crescente reconhecimento das questões maiores. Pressões são a gama de forças imediatas, tais como leis, multas e queixas dos consumidores, que forçarão as organizações empresariais a avançar rumo à era ambiental ou a sair do mercado.

De acordo com Kinlaw (1997, pg. 47-48), as pressões sobre as empresas para que respondam às questões ambientais incluem as seguintes:

1. *Observância da lei.* A quantidade e o rigor cada vez maiores das leis e regulamentos.
2. *Multas e custos punitivos.* As multas por não-cumprimento da lei e os custos incorridos com as respostas a acidentes e desastres estão crescendo em frequência e número.
3. *Culpabilidade pessoal e prisão.* Indivíduos estão sendo multados e ameaçados de prisão por violar as leis ambientais, e mais e mais essas leis são aprovadas e regulamentadas (ex.: Lei dos Crimes Ambientais - nº 9605 de 12/02/98).
4. *Organizações ativistas ambientais.* Tem havido uma proliferação desses grupos e suas agendas reformadoras, em níveis internacionais, nacional, estadual e local.
5. *Cidadania despertada.* Os cidadãos estão ficando informados através da mídia e de fontes mais substanciais e estão buscando uma série de canais pelos quais possam expressar seus desejos ao mundo empresarial.
6. *Sociedades, coalizões e associações.* Associações de classe, associações de comércio e várias coalizões *ad hoc* estão fazendo pronunciamentos e dando início a programas que possam influenciar um comportamento empresarial voltado ao meio ambiente.
7. *Códigos internacionais de desempenho ambiental.* Os "Princípios Valdez", publicados pela *Coalization for Environmentally Responsible Economies*, e a "Carta do Meio Empresarial pelo Desenvolvimento Sustentável", desenvolvida pela *International Chamber of Commerce*, estão criando pressões globais para o desempenho ambiental responsável.
8. *Investidores ambientalmente conscientes.* Os acionistas estão atentando mais ao desempenho e posição ambiental das empresas. O desempenho ambiental das empresas

e o potencial risco financeiro do desempenho fraco (multas, custos de despoluição e custos de processos) ajudarão a determinar o quão atraentes serão suas ações para os investidores.

9. *Preferência do consumidor.* Os consumidores estão em busca de empresas verdes e produtos verdes e estão se tornando informados o bastante para questionar as campanhas maciças de propaganda ambiental.
10. *Mercados globais.* A concorrência internacional existe hoje no contexto de uma enorme gama de leis ambientais que não mais permitirão que empresas de países desenvolvidos exportem sua poluição para os países em desenvolvimento.
11. *Política global e organizações internacionais.* Uma variedade de organizações e fóruns internacionais, tais como a *United Nations World Commission on Environment and Development*, o "Earth Summit 92" e a *Coalition for Environmentally Responsible Economies*, exercem uma pressão direta sobre as nações, o que afeta o mundo empresarial.
12. *Concorrência.* A pressão que se coloca na interseção de todas as outras provém da concorrência e daquelas empresas que estão adotando o desempenho sustentável, reduzindo seus resíduos e seus custos e descobrindo novos nichos de mercado - os nichos verdes.
13. *Outras pressões.* Pelo menos duas outras forças emergentes terão um forte impacto sobre a forma de desempenho das empresas na era ambiental. Primeiro, as pessoas vão preferir trabalhar em organizações com bom histórico ambiental. Segundo, os mercados atuais não refletem os verdadeiros custos da degradação ambiental associados à operação da empresa. *No futuro, a determinação do "preço de custo total" vai requerer que as empresas reflitam nos preços dos produtos e serviços não só os custos de produção e entrega, como também os custos totais da degradação ambiental associada àqueles produtos e serviços.*

É importante observar que nenhuma pressão existe independente de outras, e todas elas têm um impacto na capacidade de competir. Nesse contexto, segundo Callenbach et al., (1993), três tendências de negócios podem ser citadas para os próximos anos:

1. *Modelo administrativo dos interessados* - Este modelo consiste em ver-se a empresa em relação com um amplo leque de interessados, ou seja, grupos com interesse nas ações da companhia. O que pode sugerir novas oportunidades de parceria e prever o impacto de grupos externos sobre a empresa, no entanto, não fornece nem a recomendação de ações nem um sistema de valores para nortear os rumos da empresa.
2. *Ampliação da responsabilidade quanto ao ambiente social interno proporcionado aos funcionários* - É um passo crítico para uma perspectiva de administração sistêmica, para reconhecer e reagir à teia de relações humanas de que a empresa faz parte.
3. *Administração de qualidade total voltada para o ambiente* - Nesta abordagem é ultrapassada a simples melhoria da qualidade de final de processo e se dá ênfase ao compromisso de longo prazo. Enfatizam os autores que o TQM para o ambiente "pode representar uma estrutura útil para a fomentação da consciência ecológica de produtos e processos, bem como uma avaliação da qualidade intrínseca e do atendimento ao cliente".

O TQES (*Total Quality Environmental System*) discutido até este ponto enfatiza a ampliação do conceito de Qualidade. Segundo essa tendência, o gerenciamento da qualidade envolve o meio ambiente e as organizações em um mesmo sistema, exigindo que as empresas aprendam a operar em um ambiente de melhoria contínua de cada aspecto do negócio.

Desta forma, o desempenho industrial passa agora a ter um significado ainda mais importante. Não basta somente produzir com qualidade, o conceito de Qualidade Ambiental torna-se igualmente relevante.

Afirma Kinlaw (1997, pg. 199) que "a força econômica, da lucratividade e da tecnologia criativa é a empresa". Com base nisso, conclui-se que o sistema de gestão adotado, assim como todo o quadro funcional e cultural, influenciam muito na contribuição que cada empresa fará ao futuro. Continua o autor dizendo: "a empresa é o repositório da pesquisa, da tecnologia, do capital e da competência gerencial, que são os elementos necessários à resolução da crise ambiental". Portanto, um sistema de gestão com destaque ao controle da qualidade ambiental é fundamental para que se alcance os objetivos de desempenho sustentável e passa cada vez mais a representar uma condição irrefutável de competitividade.

4.7 Ciclo PDCA de melhoria contínua

O ciclo da qualidade ou ciclo PDCA (Em inglês: "Plan, Do, Check, Act"; ou seja: planejar, executar, verificar, atuar) é um instrumento básico de controle gerencial, e constitui o fundamento da gestão da qualidade total.

O ciclo da qualidade combina ação e aprendizagem, exigindo agir de acordo com o pensamento e pensar de acordo com as ações. Assim, ele leva a uma melhoria contínua dos padrões de desempenho.

O ciclo da qualidade visa controlar os resultados das ações. Controlar significa fazer com que os resultados correspondam ao que se desejava. Como ninguém é capaz de prever com certeza o que vai acontecer no futuro, o controle só pode ser obtido através de uma série de ações interativas, aproximando-se gradualmente da meta desejada. Fala-se em ações interativas porque cada ação leva em consideração os resultados da ação anterior.

Resumidamente, o ciclo PDCA consta de quatro etapas:

- P (Plan): elaborar um plano. Definir os objetivos a serem alcançados e determinar as condições e métodos necessários para conseguí-los. Descrever claramente as metas e diretrizes necessárias para realizar o objetivo no estágio atual. Expressar os objetivos

específicos numericamente. Determinar os procedimentos e condições para os meios e métodos a serem usados para atingir o objetivo.

- D (Do): executar o plano. Criar as condições e proporcionar os treinamentos e ensinamentos necessários para executar o plano. Fazer todo o necessário para que todos entendam completamente os objetivos e o plano. Ensinar aos trabalhadores os procedimentos e habilidades de que eles precisam para realizar todas as tarefas do plano e entender completamente seu trabalho. Então, realizar o trabalho de acordo com os procedimentos.
- C (Check): verificar os resultados. Fazer as verificações necessárias para determinar se o trabalho está progredindo de acordo com o plano e se os resultados esperados estão sendo obtidos. Verificar a observância dos procedimentos, mudanças em condições dos processos ou quaisquer anormalidades que possam acontecer. Sempre que possível, comparar os resultados do trabalho com os objetivos.
- A (Act): atuar corretivamente. Se as verificações mostrarem que o trabalho não está sendo feito de acordo com os planos e padrões ou que os resultados desejados não estão sendo obtidos, determinar as medidas necessárias para as correções apropriadas. Tomar as medidas necessárias para prevenir a ocorrência de novas falhas, não se limitando a remediar as que já ocorreram.
- Voltar à etapa inicial e, com os conhecimentos acumulados, continuar melhorando o processo.

O ciclo da qualidade pode ser visto como uma espiral, com o desempenho do processo melhorando continuamente enquanto se rodam as quatro etapas do PDCA.

A formatação da espiral não é fixa e autores diversos a representam sob diversas formas. As mais comuns são a espiral aberta e a de parafuso (Figura 27).

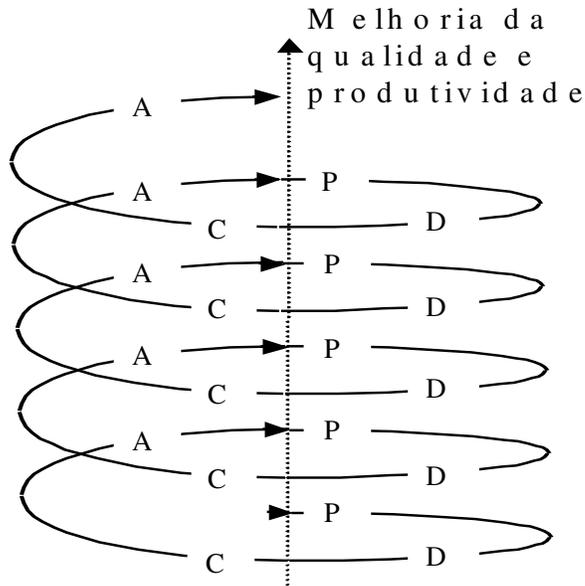


FIGURA 27. Espiral de melhoria da qualidade e produtividade pelo ciclo PDCA

O ciclo da qualidade foi originalmente concebido por Shewhart e Deming, como PDSA (Plan, Do, Study, Act). Posteriormente, popularizou-se no Japão, onde assumiu sua forma atual, descrita por Ishikawa e ilustrada na Figura 28.

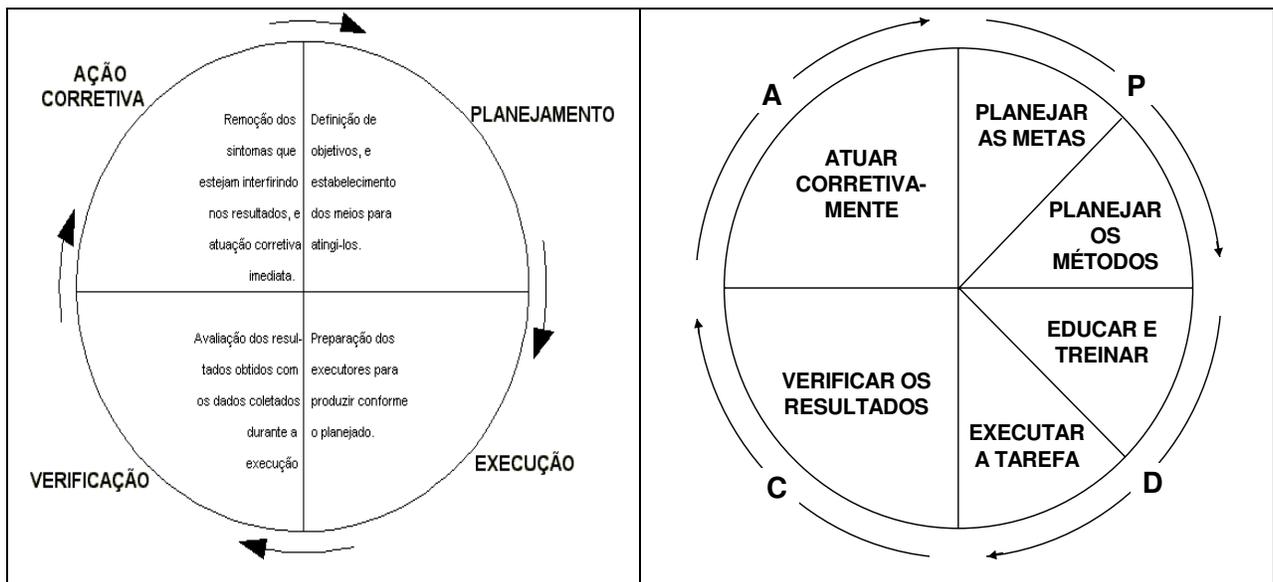


FIGURA 28. Ciclos PDCA de Shewhart/Deming e Ishikawa

Considerando os conceitos de TQC/TQS/TQM, pode-se definir Qualidade como uma característica, em que “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”. Os componentes da Qualidade envolvidos nessa definição são qualidade, custo, entrega, moral e segurança.

Considerando que a Qualidade é resultado de um processo (Juran, Deming), temos que cada processo é resultante da combinação de diversos elementos, como equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas. O processo tem como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento/a prestação de um serviço. Colocado nestes termos, o processo pode ser diretamente expresso pelo diagrama de causa e efeito, ou diagrama de Ishikawa.

Um processo pode ser dividido em processos menores, sendo o gerenciamento de processos e de cada processo feito por meio dos itens de controle. Cada item de controle de um processo representa uma característica final e mensurável desse processo. Itens de verificação são as causas principais que afetam um determinado item de controle de um dado processo. Durante o processamento, os bons resultados de um item de controle são garantidos pelo bom acompanhamento dos itens de verificação. Ocorrendo divergências entre o nível desejado/especificado para o item de controle e o nível real apresentado pelo mesmo, surge o problema, que pode ser definido como o resultado indesejado de um processo.

Para o controle de processos, estabelece-se primeiramente a diretriz de controle, com o planejamento da qualidade desejada/especificada. Através da manutenção do nível de controle é realizada a manutenção dos padrões. Todo controle é realizado através do ciclo PDCA de controle de processos. Para a introdução de melhorias deve-se alterar a diretriz de controle.

O ciclo PDCA de controle de processos é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. Suas etapas são:

1. Planejamento: estabelecimento de metas e do método.

2. Execução.
3. Verificação.
4. Atuação corretiva.

As ferramentas associadas ao ciclo PDCA prestam-se para a coleta, obtenção, processamento e disposição das informações necessárias à execução do ciclo PDCA. As principais ferramentas utilizadas com o ciclo são:

- Sete ferramentas da Qualidade
- Amostragem
- Análise de variância
- Análise de regressão
- Planejamento de experimentos
- Otimização de processos
- Análise multivariada
- Confiabilidade

O grau de sofisticação da ferramenta empregada depende do grau de controle do processo. Em relação às metas do processo, pode-se dividir o controle em dois tipos, segundo a Figura 29:

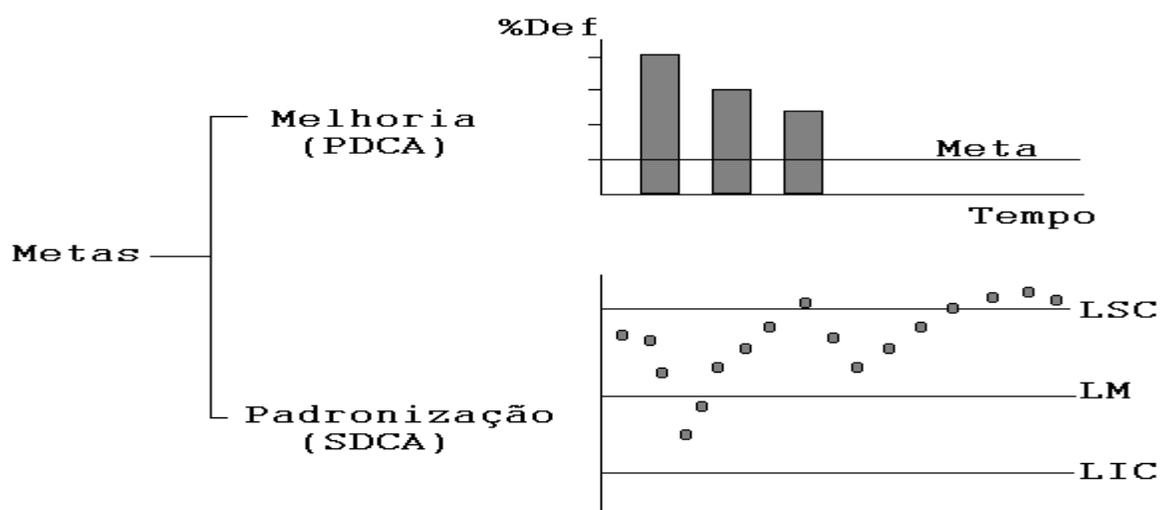


FIGURA 29. Determinação de metas

- Metas a serem mantidas: SDCA
- Metas a serem melhoradas: PDCA

No caso de manutenção de metas, os diferenciais são S e D, sendo:

- S : procedimento operacional padrão ou planejamento operacional selecionado
- D : treinamento no trabalho dos grupos de operadores
- Supervisão: acompanhamento
- Auditoria: verifica o cumprimento da manutenção

O diagrama de controle SDCA da Figura 30 representa o ciclo utilizado para meta padrão.

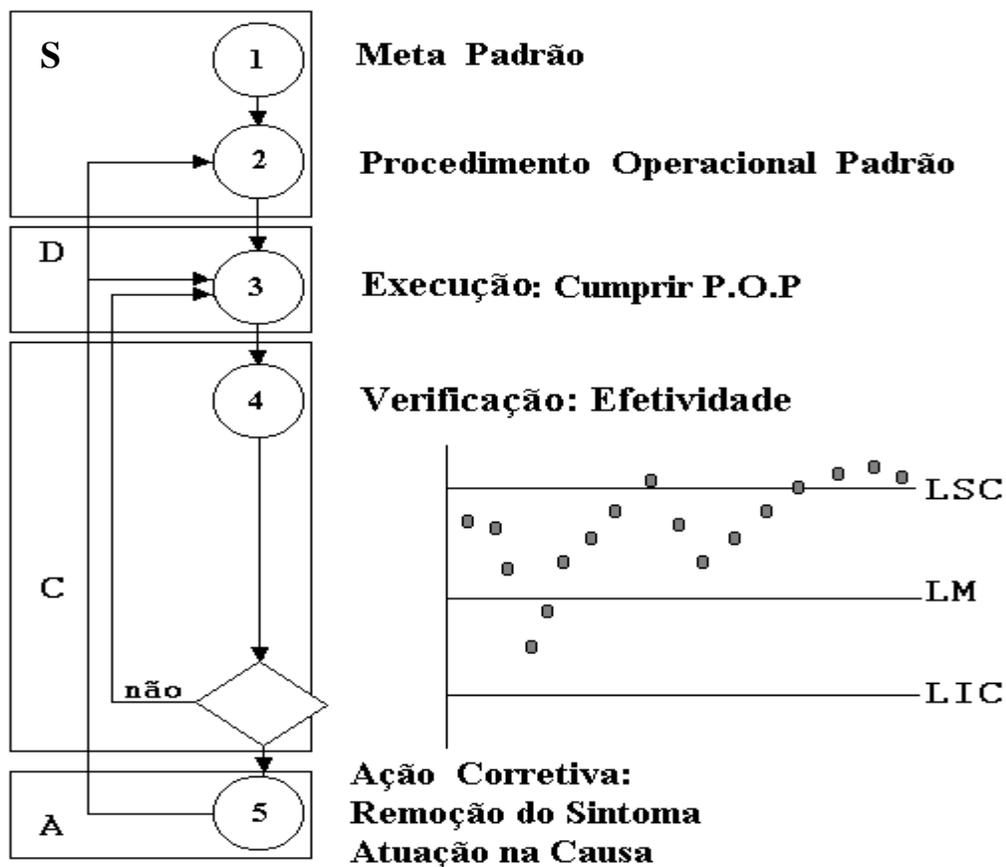


FIGURA 30. Ciclo SDCA para gerenciamento de manutenção

A Figura 31 representa o ciclo de controle PDCA utilizado para melhoria do processo.

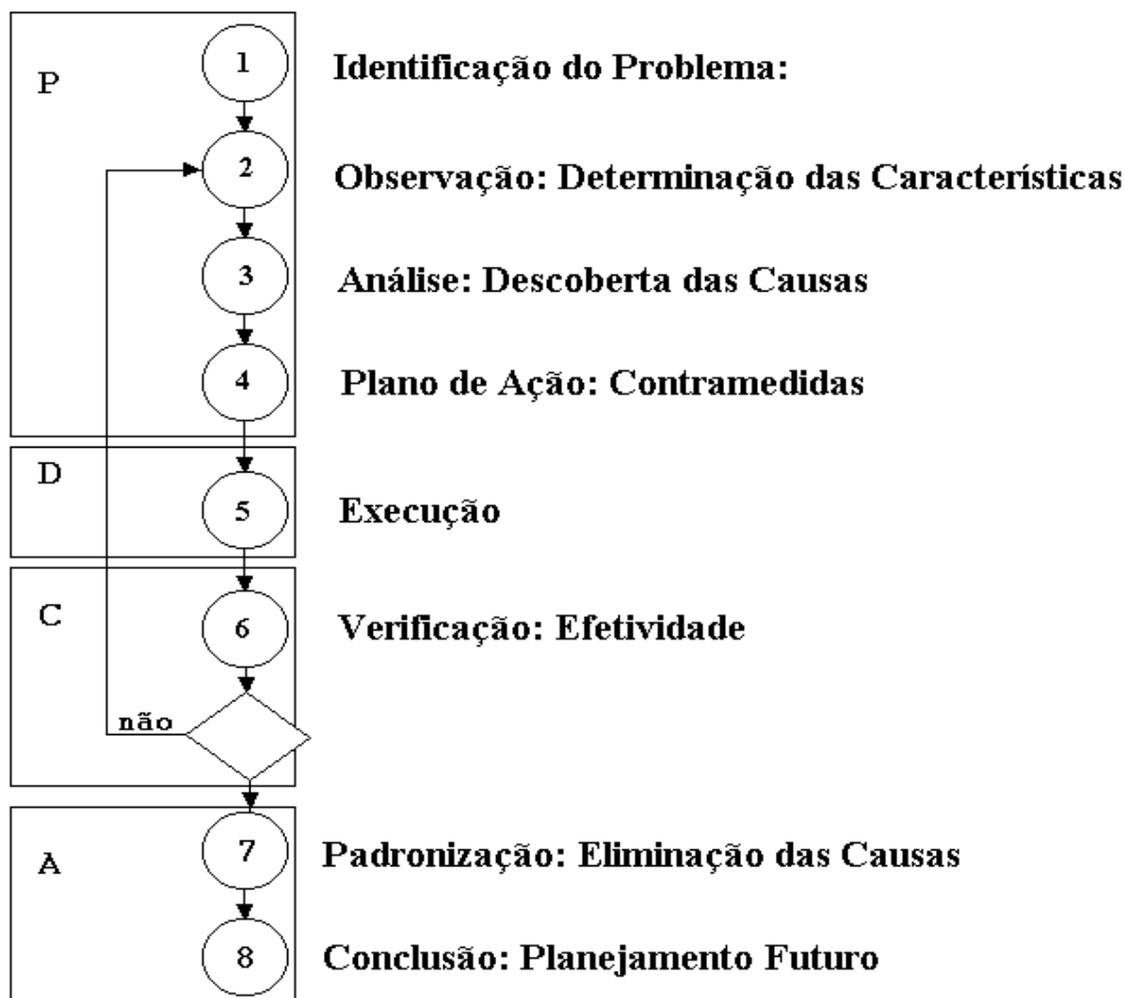


FIGURA 31. Ciclo PDCA para gerenciamento de melhoria

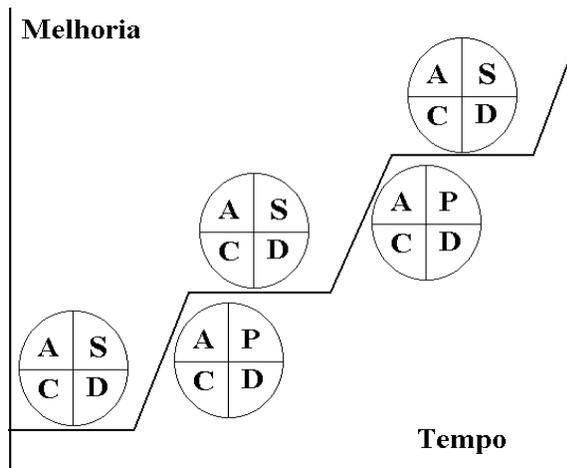
Para o caso de melhoria de processo, a fase P da melhoria compreende a aplicação do método de solução de problemas, para coleta, obtenção e processamento de dados que possam levar ao estabelecimento da meta a alcançar. Após a definição da meta, passa-se à fase de análise do fenômeno propriamente dito, em que a observação indica a localização do foco do problema. O processo passa por análise, após o que se estabelece um plano de ação baseado em 5W1H:

- What: o quê será feito?
- When: quando será feito?

- Who: quem fará?
- Where: onde será feito?
- Why: porquê será feito/
- How: como será feito?

A fase seguinte D representa a execução do planejado, com ênfase na coleta de dados. Passa-se, em seguida, à fase C de checagem, com emissão de relatório de três gerações contendo:

- O que foi planejado (passado)
- O que foi executado (presente)



- Resultados obtidos (presente)
- Pontos problemáticos (presente)
- Proposição de resolução (futuro)

A próxima fase é A para a ação corretiva, em que se define o novo procedimento operacional e se procede a novo início do ciclo PDCA.

A Figura 32 representa o posicionamento dos ciclos SDCA e PDCA em relação ao tipo de meta selecionado e ao desenvolvimento de melhorias ao longo do tempo.

--	--

FIGURA 32. Relacionamento PDCA/SDCA e processo de melhoria contínua

A Figura 33 representa a integração das ferramentas ao ciclo de controle, segundo a determinação de metas estabelecida no processo.

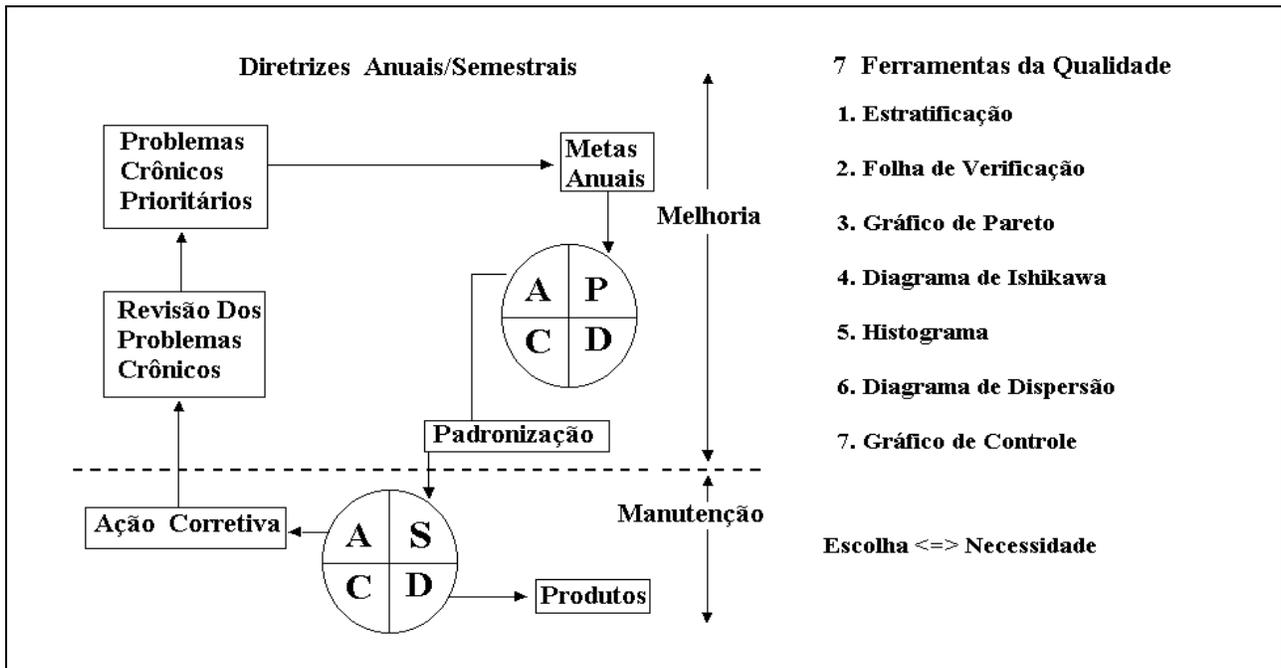


FIGURA 33. Integração das ferramentas

Como o gerenciamento da rotina é a parte do sistema da qualidade total que garante a manutenção do desempenho e promove o melhoramento contínuo, ele é o próprio controle da qualidade exercido nos processos do dia-a-dia. A implementação do gerenciamento da rotina pode ser considerada, por alguns consultores, o ponto de partida para as empresas que almejam o nível de qualidade total.

O gerenciamento da rotina pode ser considerado como operação de sobrevivência para as empresas, possibilitando significativos avanços num mundo cada vez mais competitivo, onde não se dispensa o domínio tecnológico, fruto de um ambiente cujos processos sejam estáveis com resultados previsíveis.

4.8 Controles operacionais

Sob o enfoque da melhoria contínua, todos os itens e variáveis de todos os processos podem mudar e ser melhorados ao longo do tempo ou tão logo ocorram interferências causadas por mudanças internas ou externas que demandem providências compensatórias.

Por outro lado, diversas medidas podem ser tomadas ainda no início do planejamento do processo, para melhorar o projeto e a posterior operabilidade como um todo, além de diversas etapas intermediárias, como compras, instalação, testes iniciais e comprovação de desempenho por ocasião da aceitação dos equipamentos e da planta como um todo. Segundo Juran (1992, p.35), os marcos de referência “constituem um conceito de fixação de metas com base no conhecimento daquilo que foi realizado pelos outros”. Baseado em dados internos e externos, esse procedimento evita que o desempenho histórico seja a única base de dados para a fixação de metas. (*Ibid*, p. 224): “o resultado final correto do planejamento da qualidade é um processo capaz de atingir as metas de qualidade do produto em condições operacionais”. (*Ibid*, p. 250): “Desempenho do processo é aquilo que ele *realmente* faz. Capacidade do processo é aquilo que ele *poderia* fazer, se fossem removidas as causas significativas do fraco desempenho”.

Investigando e analisando boas práticas operacionais e conceitos estabelecidos ou desenvolvidos por especialistas na área de processos como recomendações em que as barreiras já foram eliminadas ou contornadas em grande extensão, concluímos que sua consideração e adoção nos processos em estudo vão no sentido de aumentar a capacidade dos processos, melhorando portanto seu desempenho e contribuindo para um aumento geral da produtividade da empresa.

As indicações e recomendações contidas a seguir representam fatores de alta aplicabilidade na empresa objeto deste estudo, abrangendo desde os aspectos conceituais de processo até detalhes operacionais de equipamento.

Segundo Woods (1995, p. 1-5), a seleção do equipamento de processo é de fundamental importância, pois embora se considere um sistema, ele é formado de unidades individuais de equipamento.

O equipamento selecionado deve resolver o problema tecnicamente, ser financeiramente viável e economicamente atraente, ambientalmente aceitável, ser confiável, seguro na operação, disponível para aquisição, ter manutenção fácil, fácil operação e controle, e ser de um fornecedor de boa reputação. [...] O equipamento deve realizar o trabalho. [...] Inclusos na análise financeira do *custo operacional anual* estarão fatores como o uso de energia, a qualidade e quantidade de mão de obra qualificada utilizada, o valor de revenda do equipamento, a quantidade de especialização (das necessidades de mão de obra e tipo de ferramental) requerida para manutenção, as implicações da instalação de um tipo particular de equipamento a montante ou a jusante do equipamento de processo, o peso do equipamento e o espaço requerido no layout.

Essa recomendação está bastante alinhada com o quarto princípio de Deming (1990, p. 24):

Acabe com a prática de aprovar orçamentos apenas com base no preço. [...] O preço não tem sentido sem uma medida da qualidade que está sendo adquirida. Sem dispor de medidas adequadas de qualidade, os negócios tendem a ser feitos com quem oferecer o orçamento mais baixo, e o resultado inevitável é baixa qualidade e custo elevado.

Segundo Woods (1995, p. 1-6), os aspectos operacionais do equipamento devem ser levados em conta desde o início:

O equipamento deve se adequar seguramente ao ambiente. Isso significa que não haverá poluição sonora, perigos mecânicos, perigo de incêndio, etc. [...] O tempo parado de uma instalação devido ao mau funcionamento de um equipamento é custoso. Instalações funcionam vinte e cinco dias por mês para pagar as despesas e os últimos cinco dias para fazer algum lucro. Se a instalação para por seis dias por mês, a empresa está operando com prejuízos; se ela para

por três dias por mês, os investidores deveriam ter investido seu dinheiro em poupança. [...].

Do ponto de vista da otimização básica, Woods (1995, p. 1-11) recomenda que os equilíbrios que se buscam ao dimensionar ou selecionar equipamentos sirvam de regra para otimizações em outros casos. Por exemplo, por meio da escolha de uma função objetiva (em geral, os custos operacionais anuais), pode-se verificar seus componentes e se algum aumenta quando outro diminui; se isso não ocorre, não é o caso de otimização. Deve-se optar pelo ponto em que a função objetiva corta a restrição. Outra ajuda, no caso, é a transformação de todas as estimativas técnicas em contribuições de custo, reduzindo todos os termos a *uma* variável de projeto ou dimensionamento e resolvendo o problema em busca do valor otimizado.

Com respeito à prática de alguns equipamentos, Woods (1995, p.1-12) recomenda que as linhas de processo tenham suficiente volume de estocagem intermediária, principalmente para resolver problemas operacionais. Da mesma forma, que seja colocado um alimentador entre um reservatório e uma correia transportadora, para garantir uma operação suave.

No caso de gases, como o dióxido de carbono, Woods (1995, p. 1-21) recomenda que o produto seja removido de um fluxo gasoso por meio de um jato de líquido que absorva facilmente o gás e, após regeneração, permita recuperar o gás para outras aplicações. A finalidade maior, nesse caso, é selecionar o solvente que absorva cada produto de forma seletiva.

Quanto ao transporte de sólidos, bastante comum na instalação, Woods (1995, p. 2-40) orienta que a principal característica, no caso, é a de evitar a decomposição, controlando portanto o ambiente de operação. Para as correias transportadoras, os fatores críticos são o ângulo de repouso do material e o ângulo máximo de inclinação que pode ser utilizado, ambos expressos em graus em relação à horizontal. Outra recomendação fundamental é a instalação de um alimentador, para que o fluxo de sólidos seja constante.

Nas etapas de separação sólido-sólido, Woods (1995, p. 5-59) define os equipamentos como *classificadores*, que operam com base em diferenças dimensionais. Por se tratar de peneiras vibratórias, o fator crítico é a dimensão de corte, ou seja, a dimensão de passagem da tela, que

estabelece a diferença entre as duas fases resultantes do processo de separação. No caso específico em estudo, o processo se dá a seco. Nesse caso, outro fator a considerar é a natureza da massa a ser separada. Massas com tendência a grudar ou a compactar costumam dificultar o processo e, quando essa tendência se torna crítica, recomenda-se o processo úmido.

Para a etapa de tratamento de água, sugere Woods (1995, p. 5-76) que o equipamento seja duplicado tanto quanto possível, para que sempre haja capacidade de processo em “standby” e disponível para o caso de emergências. Além disso, recomenda que haja flexibilidade nos arranjos de tubulação, para que seja possível realizar operações em “bypass” e ajustar as seqüências desejadas de equipamentos. Considerando o caráter contínuo do processo, orienta para que haja disponibilidade de grande capacidade de estocagem, para dar conta das eventuais flutuações horárias e diárias em fluxo e concentração. Isso ajuda a evitar surtos e perturbações.

Para a gestão do processo, Woods (1995, p. A-9) orienta:

O controle exige uma variável medida, um controlador/sistema de controle e a variável manipulada ou “controlada”. [...]. Na seleção do equipamento de processo, as maiores preocupações não são com o algoritmo de controle ou o equipamento. Na verdade, as sete maiores preocupações são:

1. Quais são os objetivos de controle?
2. Qual é a variável a ser controlada em qualquer equipamento? Pode ser medida? Pode ser medida de forma fácil e confiável? A “variável de controle” é a mesma que a “variável medida”?
3. Qual é a variável manipulada? Pode ser variada em uma faixa suficientemente grande para trazer o equipamento de volta à sua operação correta?
4. Qual é a demora ou o tempo ocioso entre quando a amostra é tomada, a medida é tomada, e a ação corretiva tomada pela manipulação? Qual o tempo para medir o efeito da perturbação e retornar a medição para seu valor desejado, por meio do ajuste da variável manipulada? Se a perturbação é infreqüente e ocorre lentamente em relação à resposta do controle, o desempenho do controle será bom.
5. O sistema de controle de uma unidade de equipamento ou seção da planta pode ser impedido de interferir com o sistema de controle de outra?

6. A condição perigosa de operação do equipamento pode ser facilmente detectada? O perigo pode ser eliminado de forma rápida e confiável?

7. Qual a magnitude e o tipo de perturbação que o sistema deve enfrentar?

Naturalmente, a combinação de variável medida, variável manipulada e sistema de controle deve ser tal que a condição constante e o comportamento dinâmico do equipamento e do sistema não devem mudar com as condições de operação ou com o tempo. [...]

No que se refere às implicações em equipamentos de transporte, presentes em linhas contínuas de processo, sinaliza Woods (1995, p. A-10):

Uma vez que a variável mais comumente manipulada para sistemas fluidos é a taxa de fluxo, e porque a variável manipulada deve ser capaz de ser variada em uma faixa significativa, o controle de processo tem um **forte** impacto na seleção e no dimensionamento do equipamento de transporte de fluidos [...] No transporte de sólidos, o controle de processo, a segurança ambiental e o fator econômico afetam a escolha do equipamento. [...]

Quanto às implicações em equipamento de troca de energia, Woods (1995, p. A-10) destaca que o controle de processo tem impacto direto desprezível na seleção do equipamento. Temperatura e energia podem ser facilmente e diretamente medidas. Por outro lado, a meta geral dos processos é a integração da energia, ou seja, o balanceamento das necessidades energéticas do processo como um todo

Da mesma forma, ressalta que o controle de processo tem impacto desprezível na seleção de equipamento de separação, se o enfoque for de processamento contínuo. No caso de operação por bateladas, o impacto na seleção e no dimensionamento é forte. No caso de processamento contínuo, os três pontos de impacto são o tempo ocioso, a relação entre a “variável de controle” (em geral, a pureza) e a variável medida, e o efeito do sistema de controle de uma seção em outra.

No aspecto do projeto, Seider (1999, p. 3) cita que o desenvolvimento de um projeto envolve amplo espectro de decisões, sendo dada ênfase especial no crescimento da proteção do

meio ambiente e à operação segura e confiável do processo. As equipes de projeto devem ficar muito atentas aos diversos tipos considerações aos itens ambientais e itens de segurança. Graças, em grande parte, à consciência pública, muitos dos projetos envolvem reprojeto de processos existentes, para resolver problemas ambientais e para atender a padrões mais exigentes de segurança. Em adição, recomenda que “todas as novas instalações sejam cuidadosamente projetadas, para atender aos regulamentos governamentais de saúde e segurança”.

No que diz respeito ao meio ambiente, ressalta Seider (1995, p. 13):

Uma das mudanças mais significativas que ocorreram desde os anos 70 nos setores de manufatura e transporte nos Estados Unidos e em muitas outras nações industrializadas foi a transformação da proteção ambiental de um item secundário para um assunto prioritário. [...] regulamentos mais rigorosos foram elaborados e entraram em vigor nesse período. [...] Os esforços agora mudaram para a *minimização do lixo* (i. e., redução dos resíduos, prevenção de poluição).

Aprofundando o tema ambiental, destaca Seider (1995, p. 14) que os seguintes assuntos estão intimamente ligados ao projeto e à operação de processos:

Queima de combustíveis fósseis para geração de energia e transporte – como os combustíveis fósseis são as fontes predominantes de energia em termos mundiais, os produtos de sua combustão são uma fonte primária de diversos poluentes, especialmente nos centros urbanos de nações industrializadas [...]. Via de regra, deve-se notar que o custo de limpar produtos de combustão é aproximadamente uma ordem de grandeza menor que o custo de remover contaminantes do combustível. Esse é um enfoque importante, especialmente ao projetar processos que são intensivos em energia, demandando grandes quantidades de combustível.

Manuseio de resíduos tóxicos – [...] grandes quantidades de resíduos tóxicos são gerados anualmente, principalmente em fluxos de água servida que, em 1988, representavam 97% dos resíduos gerados [...]. No projeto do processo, é essencial que sejam incluídas instalações para a remoção de poluentes dos fluxos de águas servidas. [...]

Metais e minerais tóxicos – Nessa categoria, fortes mudanças têm ocorrido desde o final dos anos 60, em resposta às descobertas dos efeitos tóxicos de chumbo, mercúrio, cádmio e asbestos em animais e seres humanos. Depois que envenenamentos por chumbo (seguidos de danos cerebrais, deformações e paralisia) foram relacionados à ingestão de tintas à base de chumbo por crianças [...] o chumbo foi banido de tintas e combustíveis. [...] Demonstrou-se que o mercúrio, que sempre foi o suporte principal de manômetros em laboratórios químicos, é extremamente tóxico, com efeitos desastrosos de exposição e ingestão acidentais sendo periodicamente reportados. No caso de asbestos, seus efeitos são conhecidos desde os anos 40, restando como preocupação os edifícios construídos antes desse período. [...]

Resumo – conforme os efeitos adversos destes e de outros produtos químicos se tornam mais conhecidos, os engenheiros químicos são convocados a atender regulamentos ambientais muito mais rigorosos [...] cuidadosamente reexaminando seus processos existentes e avaliando todas as plantas propostas, para confirmar que são ambientalmente corretos, ao menos no atendimento dos regulamentos impostos, ou de imposição antecipada, pelos órgãos ambientais reguladores.

Segundo Seider (1995, p. 15), a necessidade de reprojeter instalações existentes e de projetar plantas novas e ambientalmente corretas tem obrigado os especialistas a se tornarem muito mais proficientes na responsabilidade por fatores ligados ao meio ambiente. Alguns são:

Etapas de reação para reduzir toxicidade de subprodutos – a seleção de etapas de reação para reduzir a toxicidade de subprodutos é uma consideração chave [...] quando se pode antecipar grandes quantidades de produtos químicos tóxicos, outras etapas de reação devem ser buscadas; se elas não forem encontradas, os conceitos de projeto deverão ser rejeitados [...].

Redução e reutilização de resíduos – as preocupações ambientais levaram os engenheiros químicos a colocar ainda mais ênfase na reciclagem, não somente de produtos sem reagir mas também produtos e subprodutos.

Evitar eventos não-rotineiros - a ênfase é no projeto de um processo que é facilmente controlado em uma condição constante nominal ou próximo dela, com controladores confiáveis e sensores de detecção de falhas efetivos.

Caracterização de materiais – Para manter as baixas concentrações de tais produtos abaixo dos limites dos regulamentos ambientais, é importante utilizar métodos efetivos e rápidos para a medição ou dedução de suas concentrações a partir de outras medições. A esse respeito, a equipe de projeto deve entender o efeito da concentração na toxicidade, que pode variar significativamente na faixa de concentração diluída.

Projeto de objetivos, restrições e otimização – É importante definir se as restrições são *rígidas* (não podem ser violadas) ou *flexíveis* (podem ser violadas em circunstâncias incomuns). A ênfase precisa ser colocada na formulação de cada restrição e em que extensão ela deve ser respeitada.

Regulamentação – Quando uma função objetiva é formulada, as variáveis de projeto podem ser ajustadas para obter o máximo ou mínimo ao atender as restrições. Outros regulamentos, no entanto, são mais difíceis de quantificar. Estes envolvem as expectativas do público e a possível reação seria a planta ser percebida como uma fonte de poluição. Em uma linha semelhante, restrições podem ser colocadas na localização da planta, principalmente porque o governo local pode impor regulamentos de zoneamento que exigem que as plantas químicas estejam localizadas em áreas comerciais, além de uma certa distância de áreas residenciais. Para evitar que esses regulamentos se tornem protecionistas demais, as empresas químicas têm um grande incentivo em ganhar a confiança pública pelo atendimento dos regulamentos ambientais e manutenção de excelentes registros de segurança [...].

Custos intangíveis – alguns dos efeitos econômicos de decisões de projeto relacionadas ao meio ambiente são muito difíceis de quantificar. Estes incluem o custo de penalidades no caso da planta ser considerada faltosa no atendimento a regulamentos e, em conexão, o custo de emolumentos legais, perdas de relações públicas e demoras ocorridas quando grupos ambientais realizam protestos. [...] a equipe de projeto se concentra em garantir que os regulamentos serão atendidos, evitando assim emolumentos legais, perdas de relações públicas e as complicações associadas a demonstrações públicas.

Propriedades de fluxos diluídos – a maioria dos poluentes nos fluxos de efluentes e purgas de plantas químicas estão presentes em fracas concentrações. [...] uma vez que os regulamentos freqüentemente exigem que essas concentrações sejam mantidas abaixo de partes por milhão ou partes por bilhão,

métodos de análise confiáveis e rápidos são necessários para garantir que os regulamentos sejam atendidos. [...] é importante compreender o impacto da concentração na cinética dessas espécies no meio ambiente – por exemplo, as taxas de reação química de espécies orgânicas.

Propriedades de eletrólitos – muitos fluxos aquosos contêm compostos inorgânicos que se dissociam em espécies iônicas, incluindo ácidos, bases e sais, freqüentemente em baixas concentrações [...] cujas interações com água e moléculas orgânicas são cruciais para o entendimento do estado de uma mistura.

Problemas de projeto ambiental – o número de projetos focando a solução de problemas ambientais tem aumentado de forma significativa. Esses, por sua vez, estão diretamente relacionados a regulamentos ambientais, que se tornaram cada vez mais rigorosos. [...] uma grande parte dos projetos está relacionada com a qualidade do ar; outros envolvem tratamento de água [...].

Segundo Seider (1995, p. 19), após alguns infelizes acidentes em que vidas humanas se perderam e longos processos jurídicos levaram a grandes indenizações, com fortes impactos nas empresas e nas comunidades envolvidas, foi necessário rever os critérios de segurança das plantas e seus processos, de forma conceitual tanto quanto operacional. Destaca ele:

Considerações sobre segurança – o principal objetivo no projeto e na operação de processos químicos é a manutenção de condições seguras para o pessoal de operação e os habitantes que residem nas proximidades das plantas.

Itens de segurança – devem ser confrontados freqüentemente no projeto de plantas químicas, de petróleo e petroquímicas, além de outras plantas em que reações e operações exotérmicas ocorram a altas pressões.

Incêndios e explosões – estudos de laboratório foram realizados para determinar os limites de flamabilidade para muitos dos vapores de produtos químicos orgânicos comuns. [...] Com esse tipo de informação, o projetista assegura que misturas inflamáveis não existam no processo durante o arranque, a operação em condição constante ou desligamento.

Liberações tóxicas e modelos de dispersão – o potencial de uma liberação em concentrações tóxicas durante um acidente deve ser cuidadosamente considerado por equipes de projeto. Assim fazendo, uma equipe deve identificar as formas pelas quais liberações possam ocorrer [...]. Também é importante que a equipe

selecione dispositivos de proteção e unidades de processo, estime seu potencial de falha e, no pior caso, modele a propagação de um vapor denso e tóxico.

Após assinalar os dois pontos importantes relacionados ao projeto, Seider (1995, p. 22) destaca os seguintes pontos para a prevenção de acidentes:

Técnicas de prevenção de incêndios e explosões – *tornar inerte* [...] evitar a formação de eletricidade estática e sua liberação em uma centelha [...] a instalação de dispositivos de aterramento e o uso de aditivos antiestáticos [...] equipamento e instrumentos à prova de explosão [...] assegurar que a planta seja bem ventilada, na maioria dos casos construída ao ar livre [...] sistemas de sprinkler [...] fornecer uma rápida resposta a incêndios e meios de contê-los.

Alívios – em processos em que pressões podem subir rapidamente, especialmente durante um acidente, é crucial que a equipe de projeto estabeleça um método para aliviar a pressão. Isso é alcançado usando uma variedade de dispositivos de alívio, dependendo se as misturas são vapores, líquidos, sólidos, ou combinações destas fases.

Identificação de perigos e avaliação de risco – a identificação de perigos e a avaliação de risco são etapas chave no projeto de processo. [...] eles são normalmente executados em conexão com a preparação do projeto final. [...] é gerada uma árvore de falhas e a probabilidade de ocorrência de cada acidente potencial é computada. [...]

Segundo Shinskey (1978, p. ix), a contribuição da engenharia de controle para a operação de uma empresa está nos meios de que deve lançar mão para alcançar sua meta de efetivo controle sobre as variáveis importantes da empresa. Se os controles forem aplicados com pouco entendimento sobre o funcionamento ou as necessidades da empresa, seu desempenho será pobre e os operadores deixarão de usá-los. O sistema de controle mais efetivo é o conjunto das características do processo a ser controlado, incluindo suas falhas e limitações, suas demandas e necessidades.

Conforme Shinskey (1978, p. x), o conceito de sistema deve ser usado de forma completa, incluindo uma esfera de influência cada vez mais abrangente. A consideração das características

de turbinas sob o ponto de vista termodinâmico, da eficiência da caldeira e da disponibilidade de combustíveis alternativos e energia armazenada, do balanceamento da demanda de trabalho contra o uso de calor, para maximizar o uso da energia liberada pela combustão.

Uma das conseqüências deste enfoque é a implantação de sistemas de controle de conservação de energia e a outra é a influência crescente no planejamento de empresas e até mesmo nas relações profissionais entre compradores e vendedores.

Segundo Shinskey (1978, p. 4), a energia pode ser usada em duas formas: calor e trabalho. O trabalho é a forma superior, pois pode ser completamente transformado em calor, enquanto que o inverso não é possível. Somente uma parte da energia calorífica pode ser completamente convertida em trabalho em um ciclo completo, dependendo dos estados inicial e final do fluido e da eficiência termodinâmica do processo. Segundo ele, o calor não pode ser completamente convertido em trabalho em um processo cíclico, ou seja, algum calor residual sempre permanecerá sem conversão. O motivo desta limitação é que o equilíbrio somente pode ser alcançado pelo fluxo de calor e/ou massa a partir de um nível superior de energia para um inferior. Ibid. p. 5, *“por meio da avaliação das fontes de energia com base em seu trabalho disponível, poderemos alocar seu uso de forma mais eficiente e, por último, conservar energia”*.

Há processos reversíveis, quando a recuperação total do calor é possível, e irreversíveis, quando não há recuperação de calor na inversão do processo.

Ibid. p. 9, *“a conservação do trabalho disponível, portanto, consiste em minimizar o aumento de entropia em qualquer processo, dessa forma minimizando sua irreversibilidade”*.

Shinskey (1978, p. 9) lembra que a entropia pode ser considerada como uma medida do grau de desordem no mundo físico real. Os sistemas físicos possuem uma tendência natural para o equilíbrio e, no mundo real, para a distribuição aleatória e para a desordem. Estes processos são todos irreversíveis, aumentando a entropia do universo. Somente os sistemas vivos são capazes de adotar um procedimento da desordem para a ordem, ou seja, criar ordem a partir do aleatório. Nesse sentido, a redução de entropia exige energia e inteligência. Uma garrafa, quebrada por

acidente ou travessura, representa um processo natural irreversível. A produção ou reprodução de uma garrafa exige um plano, habilidades e energia, na forma de trabalho e calor.

Muito de nosso combustível é gasto na criação ou na recuperação de ordem – construção, agricultura, síntese, refinação, mineração, fabricação, tecelagem – os exemplos são inúmeros. Estes processos usarão combustível com mais eficiência à medida que se aproximarem da reversibilidade e conforme seus produtos forem usados reversivelmente. Por exemplo, o alumínio é obtido a partir de seu minério em um processo eletrolítico. Se a sucata de alumínio (como latas) for simplesmente descartada ou enterrada, todo o trabalho elétrico utilizado na formação do metal estará perdido. Se a sucata for reciclada, somente uma pequena fração da energia original deverá ser empregada para retorná-lo à condição de novo em folha. Ao alumínio foi dada ordem, ao formá-lo a partir do minério; essa ordem será inteiramente perdida se o metal for misturado com outros resíduos em um aterro. No entanto, muito da ordem pode ser retida ao se retornar o metal usado para reconstituição. Os esforços de reciclagem como este podem economizar enormes quantidades de combustível e devem ser perseguidos em escala mundial.

Na prática, referindo-se a processos industriais reais, Shinskey (1978, p. 10) indica:

Há três classes gerais de operações irreversíveis encontradas nas indústrias de processos:

- (1) mistura de fluidos de diferentes composições e temperaturas,
- (2) transferência de calor,
- (3) fluxo de fluidos através de dispositivos resistentes.

Ainda sob o enfoque do uso e da reutilização da energia, Shinskey (1978, p. 21) indica:

Talvez a maior oportunidade de conservação de energia na indústria esteja no múltiplo uso da energia. Os fluidos com as mais altas temperaturas e pressões em uma indústria também possuem o maior percentual de trabalho disponível. Estes fluidos deveriam, assim, ser usados para acionar motores de expansão

(turbinas) para extrair pelo menos uma parte de seu trabalho disponível como energia mecânica para bombas ou compressores ou para gerar eletricidade. [...] A conversão de calor em trabalho mecânico e, daí, em energia elétrica, é o exemplo mais visível de agregar valor ao calor.

Num enfoque prático, segundo Shinskey (1978, *ibid.* p. 23), vale:

Como a informação do custo da eletricidade comercializada já está disponível, em geral não há mal entendidos sobre seu valor, seja adquirida ou gerada. A confusão surge a respeito do valor aplicado ao vapor e a combustíveis, em relação a sua qualidade. Combustíveis individuais podem ser discriminados entre si com base no trabalho disponível e fontes de vapor podem ser tratadas de forma semelhante. Daí, para converter do trabalho em eletricidade para o do vapor ou combustível, requer um fator de conversão.

No que se refere a sistemas de controle de combustão, utilizados no processo em questão, Shinskey (1978, p. 39) destaca a importância do controle:

Muito do combustível que é consumido em caldeiras, fornalhas e fornos industriais é desperdiçado porque o processo de combustão não é cuidadosamente controlado. [...] O problema do controle é mais complicado quando combustíveis residuais de composição variada são apresentados para descarte e para recuperação de seu valor calorífico. [...] O controle da poluição do ar é outro aspecto importante da combustão.

Com relação ao fluxo do combustível, Shinskey (*ibid.* p. 39) indica:

O produto útil do processo de combustão é o calor resultante da oxidação do combustível. Assim, o primeiro item de importância para obter o controle sobre o usuário da energia, seja uma caldeira, turbina a gás ou forno, é a precisa manipulação do fluxo de combustível.

No caso de combustíveis gasosos, Shinskey (1978, p. 40) discorre sobre as características principais dos gases e seus contaminantes, além dos controles:

O mais comum combustível gasoso é o gás natural, contendo tipicamente 75-95% em volume de metano. [...] Os contaminantes incluem tipicamente menos de 1% de dióxido de carbono e teores variáveis de nitrogênio. [...] O gás combustível é tipicamente calculado em unidades de volume padrão ao invés de massa. Ambos, contudo, estão diretamente relacionados através da densidade.

Especificamente sobre os dispositivos de controle desta fase, diz Shinskey (1978, p. 43):

Calorímetros são capazes de registrar o poder calorífico de misturas de combustível-gás. [...] Analisadores de condutividade térmica e densidade não são específicos, sendo aplicados basicamente a misturas binárias como propano e ar. Analisadores específicos como um cromatógrafo podem ser usados para analisar um gás combustível [...].

No caso de combustíveis sólidos, Shinskey (1978, p. 47) discorre sobre as características envolvidas no processo e no controle:

O combustível sólido mais comum é o carvão, embora produtos residuais como cascas, bagaço e lixo estejam surgindo conforme o custo dos combustíveis convencionais continua a crescer. Um combustível sólido precisa ser medido, moído e conduzido ao queimador, em geral nessa ordem.

A respeito da combustão recomendada em si, menciona Shinskey (1978, p. 49):

[...] são tipicamente alimentados em uma grelha móvel, onde a combustão é mantida por ar dirigido sobre e sob a grelha. A taxa de queima é controlada pela velocidade do alimentador. O calor de combustão de combustíveis sólidos, mesmo de uma única fonte, pode ser bem variável, devido principalmente ao teor de umidade.

No que diz respeito ao controle de ar na combustão, destaca Shinskey (1978, p. 51):

O controle do fluxo de ar é em tudo tão importante quanto o controle de fluxo de combustível. Para que a combustão completa ocorra, deve haver um excesso de ar em contato com o combustível todo o tempo. [...]. Com os crescentes custos de combustível, há agora grande incentivo para controlar precisamente o excesso de ar. Adicionalmente, conforme os combustíveis residuais com diferentes poderes caloríficos são queimados, o controle sobre o excesso de ar se torna mais exigente.

Segundo Shinsky, cada ponto percentual de excesso de ar aumenta a perda na chaminé em aproximadamente 1% (1978, p. 52). Considerando o coeficiente entre o teor de oxigênio no gás queimado e o excesso de ar, destaca (p. 53):

Estes combustíveis são admiravelmente consistentes em seus requisitos de ar por Btu e na relação entre o oxigênio do gás queimado e o excesso de ar. Isso permite que o fluxo de ar seja relacionado diretamente à demanda do fluxo de calor e que o excesso de ar seja controlado a partir de uma medição do oxigênio no gás queimado, quase sem consideração para com o tipo de combustível sendo queimado.

Com referência ao controle da proporção combustível-ar, Shinsky (198, p. 53) ressalta que, para manter condições otimizadas de combustão, o fluxo de ar deveria ser ajustado em razão do fluxo de combustível, se a composição do combustível for constante. Nos casos em que a composição do combustível e seu poder calorífico não sejam constantes, o fluxo de ar deveria ser ajustado em função da demanda do fluxo de calor. Com detalhes a respeito da função envolvida, (ibid. p. 53), recomenda:

Para manter a quantidade ótima de excesso de ar, a proporção combustível-ar deveria ser ajustada automaticamente por um controlador atuando sobre a quantidade medida de oxigênio no gás queimado. De vez que a proporção correta ar-combustível pode ser prevista dentro de limites relativamente estreitos, a faixa de ajuste pode ser restrita. [...] Por outro lado, uma medição de CO não é afetada por infiltração de ar, sendo uma indicação verdadeira da combustão completa.

Dentro da análise da relação combustível-ar, Shinsky (1978, p.56) alerta para as condições de segurança que devem ser mantidas:

Antes da admissão do combustível, a fornalha deve ser purgada com ar por tempo suficiente para garantir que o combustível não estará presente em uma concentração explosiva. Uma chama piloto deve então ser inflamada e verificada por meio de um detector de chamas antes que a válvula principal de combustível possa se abrir. A fornalha também deve ser protegida contra um excesso de combustível, no evento de falha de um controle ou equipamento.[...] A função principal do controlador é corrigir desvios de longo prazo causados por erros de fluxômetro e variações na qualidade de combustível.

Outro item de controle importante para Shinsky (1978, p. 57) é representado pelo fluxo de ar e pela pressão na fornalha:

Tipicamente óleo e gás são queimados sob pressão levemente positiva [...] fornecida por uma ventoinha de tiragem forçada. [...] Carvão e madeira são queimados sob uma pressão levemente negativa, menos de uma polegada de água, requerendo um ventilador de tiragem forçada na chaminé.

No tocante à ocorrência e ao controle de poluição do ar, em função de combustão, Shinsky (1978. p. 60) reconhece quatro classes principais, sobre as quais os devidos controles devem ser estabelecidos. O grau de poluição causado pela combustão depende muito do tipo de combustível adotado e de suas características no ato. O gás natural pode produzir algum monóxido de carbono e possivelmente certo teor de combustível não queimado. Os combustíveis sólidos podem conter enxofre, que oxida para dióxidos ou trióxidos, além de materiais não voláteis que podem ser carregados para além da chaminé.

Com referência a monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados:

Esses dois poluentes estão sob o mesmo título porque têm ambos a mesma causa – combustão incompleta. A combustão completa depende de dois fatores: excesso de ar e mistura de combustível e ar. Combustíveis gasosos misturam-se facilmente com o ar e, portanto, tendem a queimar completamente com relativamente pouco excesso de oxigênio, talvez 1,5%. [...] Sólidos são ainda mais difíceis de misturar com o ar de combustão e, conseqüentemente, requerem ainda maior excesso de ar. [...].

No tocante aos óxidos de nitrogênio, recomenda Shinskey (1978, p. 61):

A altas temperaturas (>3000°F), as moléculas de gás queimado começam a se dissociar em íons. Um equilíbrio, então, se estabelece, no qual os íons de nitrogênio e oxigênio podem se combinar para formar óxidos de nitrogênio: [...] Os óxidos são uma mistura de NO, NO₂, N₂O₄ e N₂O₅ que se combinarão com umidade e ar para formar ácido nítrico. A formação de NO_x é promovida por temperatura e pressão elevadas e excesso de ar.

Quanto aos particulados descreve Shinskey (1978, p. 63):

Particulados são problemas somente quando combustíveis sólidos são queimados. Eles tendem a ser duros, afiados e porosos, absorvendo prontamente ambos, ácidos e umidade.

Com respeito aos óxidos de enxofre, Shinskey (1978, p. 64) orienta:

No processo de combustão, o enxofre é oxidado principalmente para dióxido, com talvez 1% de formação de trióxido como função do excesso de ar e tempo de residência na fornalha. Quando lançado na atmosfera, eventualmente todo o SO₂ será oxidado para SO₃ e retornará ao solo como uma solução de ácido sulfúrico diluída em água de chuva. A corrosão de metais e concreto por chuva ácida é comum em áreas industrializadas e o pH de lagos e rios também tem diminuído, em detrimento da vida aquática.

A gestão da unidade de vapor, ou caldeira, representa item de maior importância no aspecto energético de toda a unidade, pois gera o vapor que será utilizado como agente no processo de geração de energia elétrica. A esse respeito comenta Shinskey (1978, p. 68):

[...] muita energia pode ser economizada se for gerado vapor de alta pressão e usado para acionar equipamento mecânico, com suas saídas dedicadas à função de aquecimento. Assim, indústrias de processo novas e unidades existentes de bom tamanho têm vapor de alta pressão disponível para acionar turbinas. [...] a principal razão para uma falta de balanceamento em qualquer ponto do tempo é a falta de controle. [...] Muito dessa falta de coordenação pode ser vencida com um sistema de controle que veja ambos, usuários e fornecedores, e se esforce por condições otimizadas, em oposição a um conjunto arbitrário de condições. [...] O real desafio em uma unidade de vapor industrial é o balanceamento de calor e trabalho. [...] A energia gerada na unidade de vapor industrial *pode* custar consideravelmente menos, se a unidade estiver adequadamente balanceada.

No caso específico de turbinas utilizadas para gerar energia elétrica, Shinskey (1978, p.71) recomenda:

Se a turbina estiver sendo usada para gerar eletricidade, ela poderia ser operada em modo sem restrição, isto é, aceitando todo o vapor disponível. Assim, todo o aumento de trabalho causado pela redução da contrapressão poderia ser usado.

No aspecto da geração de energia elétrica, Shinskey (1978, p. 73) orienta a respeito do comportamento dos geradores:

[...] um gerador de corrente alternada é, fundamentalmente, um dispositivo de velocidade constante. [...] cada gerador representa uma pequena fração da inércia mecânica total na rede elétrica à qual está conectado. Se nenhuma potência de eixo for aplicada a um gerador ac conectado à linha, ele atuará como um motor. Assim, o gerador ac sempre opera à mesma velocidade, enquanto estiver conectado à linha, e sua potência de saída varia diretamente com o torque aplicado.

Quanto aos controles adequados á geração de energia elétrica, diz Shinskey (1978, p. 74):

Em uma usina industrial, uma demanda específica de energia elétrica *não* deveria ser alocada no sistema de geração, a menos que seja independente da rede elétrica. Se conectada à rede, de modo que essa energia esteja sendo adquirida ou vendida, a eletricidade gerada dentro da unidade industrial deveria ser otimizada em base econômica.

No caso de múltiplas turbinas na mesma unidade, o que é recomendável dos pontos de vista estratégico e operacional, recomenda Shinskey (1978, p. 78):

A manipulação de mais de uma turbina para controlar a geração de energia elétrica complica consideravelmente o sistema. O operador do sistema deve estar apto a balancear a carga entre geradores do modo que considerar melhor. As estações de bias [...] estão disponíveis para essa finalidade; elas também deveriam estar equipadas com limites ajustáveis e um modo manual de operação para permitir carga básica em cada turbina.

Especificamente sobre a caldeira, Shinskey (1978, p.90) lembra:

A caldeira é solicitada a responder às demandas mutáveis de uma multiplicidade de usuários de vapor. Quão bem ela pode atender a estas demandas depende da resposta de seus controles e da rapidez com que estas demandas variam. A capacidade de aquecimento e a armazenagem de água entre o combustível e o usuário do vapor são os fatores limitantes finais, assumindo que o sistema de proporcional mais na proximidade de 100%, para manter a estabilidade. A ação integral é então necessária [...].

Especificamente para os controles de pressão da caldeira, Shinskey (1978, p. 95) orienta:

A pressão da caldeira de uma unidade industrial somente pode ser regulada pela manipulação da *entrada* de calor, pois a *saída* de calor está sujeita à demanda

combinada de todos os usuários. [...] O controle por antecipação pode melhorar o controle de pressão, ajustando o combustível assim que a mudança de carga seja detectada, ao invés de esperar que a pressão mude primeiro.

No caso de caldeiras múltiplas na unidade, recomenda Shinskey (1978, p. 99):

Determinar a distribuição otimizada de carga para cinco caldeiras é muito mais difícil do que balancear duas. Da mesma forma, o sistema de controle de múltiplas caldeiras deve ser capaz de responder igualmente bem, independentemente do número de unidades em serviço, enquanto acomoda mudanças de distribuição de carga e disponibilidade.

Para o controle da eficiência da caldeira, Shinskey (1978, p. 102) indica;

Para otimizar um sistema de caldeiras múltiplas, é necessário determinar a eficiência de cada caldeira individual conforme as condições mudam. Essencialmente, todas as perdas de calor em uma caldeira ocorrem via chaminé. Elas existem em duas formas, no entanto: combustível não queimado e calor sensível. Presumivelmente os controles de combustão estão ajustados para otimizar a conversão do combustível em calor, de modo que a quantidade de combustível não queimado no gás queimado é desprezível.

Para a maximização da eficiência da unidade, operando com diversas caldeiras, Shinskey (1978, p. 106) indica a estratégia mais prática:

Dado um número de caldeiras gerando vapor, a eficiência do grupo pode ser aumentada se a caldeira mais eficiente receber mais carga e a menos eficiente receber menos carga. Essa estratégia poderá ser realizada on-line se um computador estiver disponível para calcular as eficiências individuais das caldeiras [...].

A respeito da secagem de sólidos, um dos itens mais importantes do processo em questão, indica Shinskey (1978, p. 211):

De um ponto de vista de transferência de calor, a taxa de evaporação de umidade de um sólido é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre ar e sólido. A temperatura do ar é sua temperatura de bulbo seco. A temperatura do sólido se aproxima mais da temperatura de *bulbo úmido* do ar, em que um bulbo úmido é, de fato, um sólido úmido do qual umidade está sendo evaporada adiabaticamente. Dessa forma, a temperatura de bulbo úmido é um dos mais significativos fatores que influenciam a taxa de secagem. [...]

O produto a ser secado pode ser processado em secador contínuo, como definido por Shinskey (1978, p. 222 et seq.):

Há dois tipos principais de secadores adiabáticos contínuos – o de leito fluidizado e o secador longitudinal. A unidade de leito fluidizado é caracterizada por intensa mistura em refluxo, de modo que o teor de umidade do produto é quase uniforme ao longo do secador. A esse respeito, é também similar ao secador de bateladas cuja umidade do produto também é uniforme com respeito ao espaço, mas varia com o tempo.

Com referência à minimização de energia no processo de secagem, que influencia diretamente a eficiência do processo, recomenda Shinskey (1978, p. 234 et seq.):

A maioria dos secadores é operada de tal forma que seu produto é quase sempre secado em excesso. A finalidade é evitar a violação das especificações do produto, devido a perturbações e à ausência de análise on-line. Assim, o primeiro objetivo de qualquer sistema de controle de secador deveria ser o fornecimento de regulagem consistente, que permitirá uma redução dessa margem de operação. Uma vez tendo estabelecido o controle de qualidade, pode-se então dirigir a atenção para técnicas de economia de energia associadas à manipulação do fluxo de ar e à recuperação de calor.

Segundo Balchen (1988, p. 1):

[...] Não é possível dar uma descrição satisfatória de todos os processos que se podem achar na indústria, ou todas as outras atividades técnicas que usam controle automático, embora as similaridades entre muitos processos tornem possível, ao menos em princípio, transferir certas técnicas de uma indústria para outra.

Segundo Balchen (1988, p. 2), as principais razões para o uso de teoria e tecnologia crescentemente sofisticadas na automação industrial têm sido e continuarão a ser as seguintes:

- a melhoria da produtividade.
- a melhoria da qualidade do produto.
- a melhoria do ambiente de trabalho e influenciar o ambiente total.

Conforme Balchen (1988, p. 2), a necessidade do controle está ligada ao processo:

Muitos processos são fundamentalmente instáveis, ou quase isso, e devem ser equipados com controle automático, para assegurar operação estável. O motivo para usar controle automático em tais casos é a modificação do processo para alcançar os objetivos acima, referentes a produtividade, qualidade, o ambiente dos funcionários, e assim por diante.

Quanto aos aspectos de qualidade ligados ao controle, afirma Balchen (1988, p. 3):

Os requisitos para o controle de qualidade podem ter diferentes formas. A mais comum é que os fatores que determinam a qualidade do produto tenham a mínima variação com respeito a um valor alvo. Frequentemente não se permite que uma variável exceda (ou caia abaixo) um valor especificado, pois se assim fosse, o produto seria inaceitável para o cliente. [...].

Quanto ao ambiente em que os controles operam e são desenvolvidos, define Balchen (1988, p. 4):

Há um considerável desacordo sobre se o ambiente de trabalho tem sido melhorado pelo contínuo aumento da automação. A resposta depende, até certo

ponto, do valor que se põe na liberação de um operador de trabalho monótono e rotineiro. Se o uso de controle de processo avançado pode levar ao entendimento de como um processo complicado funciona e à melhoria do projeto e da operação do sistema, então o operador tem a oportunidade de uma experiência de trabalho mais significativa e satisfatória.

Levando em consideração os aspectos do meio ambiente, menciona Balchen (1988, p. 5):

Um novo e importante elemento a estabelecer motivação para a automação industrial é a relativamente recente, mas séria, preocupação com o ambiente natural. Desde os anos 60, a sociedade começou a exigir a redução da poluição ambiental pelo lixo industrial. A exigência tornou-se tão grande que a precisa monitorização e, freqüentemente, controle da qualidade do ar e da água se tornou necessária em muitos casos.

Considerando a importância do projeto e do desenvolvimento de processos objetivando os controles, descreve Balchen (1988, p. 5):

[...]. alguns processos são mais adequados para o controle automático do que outros, e alguns têm maior necessidade deles do que outros. tempos de atraso menores, e assim por diante. [...] Projeto, manutenção, operação, compreensão e muitas outras condições relacionadas, em adição aos princípios básicos e às possibilidades teóricas, devem ser considerados quando se escolhe um projeto de sistema de controle.

Quanto aos sistemas e modelos de processos, comenta Balchen (1988, p. 93):

[...] as exigências em um processo, em termos de projeto e equipamento, sob o ponto de vista de controle, pode ser bem diferente daquelas devidas a requisitos de processo convencionais. Do ponto de vista do controle, é freqüentemente necessário que uma parte de um processo responda muito depressa [...] se tiver que influenciar outras seções do sistema.

No aspecto do transporte de sólidos, indica Balchen (1988, p. 114):

O controle automático requer que o dispositivo de controle seja controlável em uma faixa razoável, por meio de algum tipo de variável de controle. O transportador helicoidal [...] varia o fluxo pela variação da velocidade da rosca. Um enfoque bem diferente é [...] a quantidade de material permitida na queda do sito para a correia transportadora, controlada pela abertura da calha de descarga do silo. Embora a correia tenha velocidade constante, o material total descarregado será controlado.

A respeito da medição do fluxo de material sólido, comenta Balchen (1988, p. 116):

A precisão depende do tamanho e da forma da partícula e, em muitos casos, a concentração de material ativo nos grânulos a serem medidos pode ser bastante variável. [...] A taxa de fluxo volumétrico de sólidos, e talvez também a taxa de fluxo de massa, precisam ser freqüentemente combinadas com outras características, como o teor de umidade, porosidade e concentração, para obter uma descrição satisfatória do que está realmente se movendo no fluxo.

No caso de mistura de materiais, orienta Balchen (1988, p. 128):

A mistura de *gases* e *sólidos* é especialmente importante na secagem [...]. Um método muito eficiente e crescentemente popular é o leito fluidizado, em que gás a alta velocidade realmente “flutua” o sólido. Essa flutuação, ou fluidização, fornece excelente contato entre as partículas sólidas e o gás. [...]

O tempo de residência também é importante nesses processos. [...] As taxas de fluxo do sólido e do gás são as variáveis de controle importantes para o leito fluidizado. A altura do leito é geralmente fixa, o que motiva que os tempos de residência dos materiais sejam relacionados somente aos fluxos.

O processo de separação de sólidos de gases é indicado por Balchen (1988, p. 132):

A separação de gases de sólidos é necessária em muitos processos. [...] Outro processo de separação gás/sólidos é usado para remover poeira ou impurezas do gás. Isso é feito por meio de [...] um filtro de sacos [...], removedores [...] ou um filtro eletrostático [...]. A dinâmica de processo de um removedor pode ser normalmente caracterizada por uma função de transferência de primeira ordem na qual, como sempre, o volume e a vazão determinam a constante de tempo. Se o interesse é maior na fase gasosa, o volume e o fluxo de gás serão usados para determinar a constante de tempo de interesse.

O processo de combustão é indicado por Balchen (1988, p. 149):

A combustão de gases, líquidos (óleo) e sólidos (carvão, madeira, etc.) é uma fonte principal de energia térmica. A combustão pode ser um processo muito difícil de descrever, especialmente se o combustível for complexo (aparas de madeira, por exemplo).

O controle do processo de combustão é sugerido por Balchen (1988, p. 150):

Para controlar o processo de combustão, é importante que a descrição do processo esteja focada nos parâmetros que mais influenciam (e são influenciados por) as manipulações de controle. Um parâmetro importante é o teor calorífico do combustível. [...] Outro parâmetro importante é a quantidade de ar teoricamente requerida para a completa combustão do combustível. [...]. Um terceiro parâmetro de interesse é a relação entre o oxigênio no gás de exaustão e a quantidade de ar em excesso adicionada. [...] O parâmetro importante final de interesse para o engenheiro de controle é o tempo de residência na câmara de combustão [...].

O aspecto principal de controle é sugerido por Balchen (1988, p. 154):

O aspecto de controle mais importante do processo de combustão é o controle dos fluxos de combustível e ar, a taxas que produzam o calor desejado e a uma taxa relativa entre si que produza uma combustão otimizada. [...] Mesmo se o

combustível e o ar forem adequadamente e automaticamente dosados, ainda será necessário medir a combustão real.

Quanto aos trocadores de calor, indica Balchen (1988, p. 155):

A eficiência de um trocador de calor depende bastante do fato de ser projetado para atender a capacidade requerida pelo processo em particular [...] se o trocador precisar ser operado de forma dinâmica, a eficiência e o desempenho gerais também serão determinados pelas características de controle.

Quanto às caldeiras a vapor, indica Balchen (1988, p. 169):

As variáveis mais importantes para o controle de uma caldeira a vapor são:

- Fluxos de combustível e ar
- Fluxo de água de alimentação para o tambor
- Injeção de água após o superaquecedor, para controle da temperatura de vapor
- Fluxo de vapor

As variáveis de estado mais importantes do sistema são:

- Pressão no tambor (vapor saturado)
- Nível de água no tambor
- Temperatura do vapor após os superaquecedores
- Pressão do vapor superaquecido.

Quanto ao controle de fluxos de massa e de volume, indica Balchen (1988, p. 261):

O uso de um estimador inclui um modelo do processo de fluxo que precisa ser atualizado através de medições apropriadas. Esta é, provavelmente, a melhor técnica para o controle de fluxo de massa nos casos em que não haja qualquer instrumento de medição de aplicação simples, como os utilizados para a medição de líquidos.

A respeito do controle do processo de combustão, sugere Balchen (1988, p. 273):

Um enfoque alternativo à análise do gás de exaustão é a medição da quantidade de monóxido de carbono (CO) não queimado. Isso geralmente é feito através de absorção de infravermelho. Isso é de certa forma mais caro do que a medição do oxigênio, um enfoque que é baseado nas características paramagnéticas do oxigênio. Entretanto, o controle com base nas medições de CO pode resultar em melhor economia de combustível em grandes fornalhas e, desse modo, é uma solução economicamente justificável.

Segundo Oakland (1994, p. 18) “*em todas as organizações, [...] existe uma série de cadeias de qualidade de clientes e fornecedores [...] passíveis de serem quebradas em qualquer ponto por uma pessoa ou por um equipamento que não esteja atendendo aos requisitos do cliente interno ou externo. [...] A idéia de clientes/fornecedores internos e externos constitui o núcleo da qualidade total.*”

Corroborando, Deming (1990, p. 65) afirma “*toda atividade e toda tarefa constitui parte de um processo. [...] O conjunto das etapas constitui o processo. As etapas não são entidades individuais, cada uma operando ao nível máximo de lucratividade.*”

Na instalação objeto deste estudo, o processo está composto por atividades cujos resultados individuais concorrem para o objetivo final, ou seja, os resultados finais da Empresa, segundo demonstrado nas Figuras 1 a 3.

Levando em consideração a natureza do produto e de seus subprodutos resultantes, além do período de tempo envolvido com as atividades, é imperioso que os resultados finais da empresa sejam os melhores possíveis, para obter e garantir os lucros e as reservas financeiras que lhe permitam continuidade operacional nesse período.

A empresa busca, através de seus mecanismos de controle em todos os níveis, inclusive operacionais, melhorar os resultados através da melhoria dos processos. Através de gestão baseada em sistema da qualidade podem ser aplicadas ferramentas para avaliação e solução de problemas e melhoria da qualidade (Oakland, 1994, p. 217).

Capítulo 5 Recomendações para um Sistema de Qualidade do processo industrial

5.1 Sistemógrafo operacional

O mundo dito moderno apresenta grande diversidade de comportamentos e fenômenos complexos. Especialistas, cientistas, engenheiros, administradores e pesquisadores deparam-se diariamente com problemas percebidos como complexos, sem aparente solução. A tradicional ferramenta do método analítico, caracterizada pela compreensão do todo através da análise de seus componentes menores, acaba não gerando os resultados esperados, criando a sensação de que nada pode ser feito ou que tudo que era possível foi feito (WOOD, 1993). A complexidade dos problemas vividos pelas organizações, tais como as constantes mudanças tecnológicas, a intensa competição pelo mercado e os impactos causados por decisões governamentais ou intervenções políticas, torna impossível a simples procura por soluções isoladas. Mais do que antes, é preciso ver o problema a partir de uma visão do sistema como um todo, a partir da sistêmica.

Diversos autores têm destacado a necessidade da utilização da sistêmica ou, mais especificamente, de métodos de tratamento de problemas complexos em diferentes atividades de negócios, sejam elas administrativas ou tecnológicas. Segundo LEACH (1996), “Uma organização é um sistema complexo, não-linear e dinâmico, assim como qualquer operação de negócios envolvendo clientes, fornecedores e competidores”.

Nessa busca de ferramentas adequadas para focar a partir do todo, a sistêmica oferece um novo modelo para estudos de sistemas complexos. Essa mudança de paradigma exige, evidentemente, o desenvolvimento de novas ferramentas para a concepção e a modelagem de

sistemas complexos, em contraposição às tradicionais oferecidas pelo método cartesiano. Buscam-se métodos que permitam a compreensão do comportamento do sistema complexo e, portanto, a solução do problema, através da construção, se possível, de um modelo matemático.

Dentre os diversos estudiosos da sistêmica, LE MOIGNE (1990a, 1990b) desenvolveu um novo modelo de representação de sistemas complexos, permitindo que estes sejam compreendidos e tratados como tal. A essa nova ferramenta deu-se o nome de sistemografia. Sistemografar pode ser entendido como “construir um modelo de representação de um fenômeno percebido como complexo”. Segundo BRESCIANI (2001):

A sistemografia é a representação de um objeto, identificado por um modelador/observador, por meio de um sistema, utilizando-se para tanto da teoria do sistema geral. Observadores diferentes e o mesmo observador podem construir sistemógrafos diferentes: a representação do objeto, que o observador constrói, é isomorfa do sistema geral e homomorfa do objeto.

O objetivo deste capítulo é introduzir os principais conceitos da sistemografia de LE MOIGNE (op. cit). A proposta é a utilização desta ferramenta na análise de um sistema produtivo de uma empresa ambiental, apresentada no capítulo 3.

Em relação à diferenciação entre objetos processadores e processados, BRESCIANI (2001) coloca:

Inicialmente cabe distinguir a família de objetos modificados (processados) da família dos objetos modificadores (processadores). Posteriormente, verifica-se que os objetos processados podem ter a sua situação modificada, no decorrer do tempo, quanto ao espaço (deslocamento, transporte, transmissão) e à forma (deformação, transformação, produção). Os conceitos de fluxo e campo podem ser introduzidos neste ponto: ‘fluxo’ é conceito associado a objetos em processamento (posteriormente considerados processados) e ‘campo’ é conceito associado a objetos exercendo influência no processamento (processadores).

Na modelagem do sistema, orienta BRESCIANI (2001):

[...] todo modelo de um objeto (processado ou processador; animado ou inanimado), dentro de seu contexto (meio-ambiente), ou seja, todo o 'modelo de comportamento' do objeto pode ser considerado como um processo (que exerce uma atividade, ou seja, que tem uma função). [...] não interessa o que o objeto é, mas o que ele faz ou a que ele se submete e, portanto, o que ele se tornará no seu contexto. [...] todo o objeto (concreto ou abstrato) identificável se encontra em um processo e é representado neste processo (fazendo ou se submetendo) pelas suas transações, a cada instante, de uma forma ativa: recebendo (captando) outros objetos acionados pelo processo como entradas (importações), e colocando (ou devolvendo) esses objetos após o processamento (transformação) como saídas (exportações).

A partir desses conceitos, a regra básica da sistemografia pode ser indicada como:

[...] na substituição da caixa-preta pelo artefato fenomenológico sistema geral, esse sistema tem um comportamento, em um meio-ambiente, recebendo e emitindo objetos, que ele processa – com mudança no referencial tempo – espaço – forma – sendo ele mesmo considerado como objeto que se submete a processos temporais ambientais (ou seja, não sendo necessariamente um objeto invariante no referencial tempo – espaço – forma).

Considerando que um processador pode processar diversos fluxos diferentes (de entradas e saídas), ele pode ser afetado por diversos campos diferentes que alteram a estabilidade temporal de seus comportamentos. No referencial tempo – espaço – forma, um determinado objeto pode ainda ser classificado como de um ou mais tipos, dependendo de sua alteração em relação aos três indicadores.

Além da sua condição no referencial tempo-espaço-forma, o processador deve ser classificado em um dos nove níveis progressivos de complexidade. Mas, para apresentar a classificação por nível de complexidade, cabe antes ressaltar a existência de três sistemas que podem compor um processador: o operacional, o informacional e o decisional.

O sistema operacional é o responsável pelas ações mecânicas, pelo processamento de energia e de matéria e pela geração de informações sobre sua atuação. O sistema informacional é responsável pelo registro, pela memorização e pelo processamento das informações disponibilizadas pelo sistema operacional ou por um outro processador inter-relacionado. O sistema decisional é responsável pela reflexão, pela avaliação da informação memorizada pelo sistema informacional, elaborando suas próprias decisões e corrigindo o comportamento do processador através do envio de informações de comando ao sistema operacional. A Figura 34 ilustra essas conexões entre os sistemas.

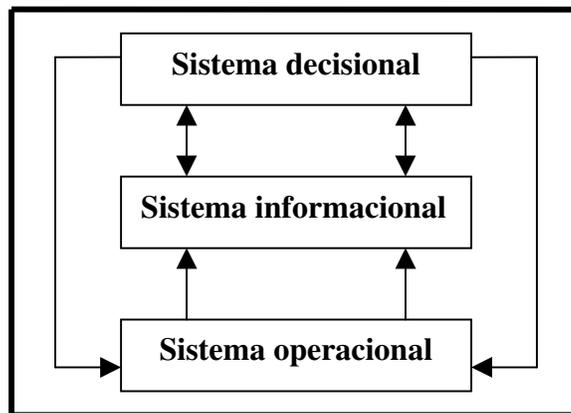


FIGURA 34. Conexões entre os sistemas de um processador

A determinação do nível de um sistema ou processador nem sempre é uma tarefa fácil. Essa dificuldade é reconhecida pelo próprio LE MOIGNE (1990a, p. 58): “a identificação a priori dos níveis pertinentes para organizar o modelo de um sistema complexo é um exercício difícil [...] ele deve ser adequado ao projeto do modelador”. É importante ressaltar que o nível deve ser dado em função do contexto em que o objeto foi colocado, desconsiderando-se as atividades por ele realizadas que não exerçam influência no comportamento estudado. Os nove conceitos de nível de complexidade apresentados e exemplificados a seguir foram obtidos de BRESCIANI (1997) e BRESCIANI (2001), com representação gráfica a partir de proposta de SALLES (2002).

1º Nível - Objeto Passivo: o objeto é inerte e não exerce qualquer processamento. Este é o nível das estruturas estáticas. Mesmo que seja dinâmico

(exerça qualquer tipo de atividade), isso não está sendo considerado no contexto colocado pelo observador. Pode-se considerar como de primeiro nível a anatomia humana e um determinado equipamento de um sistema produtivo que não exerça uma função dentro do contexto considerado.

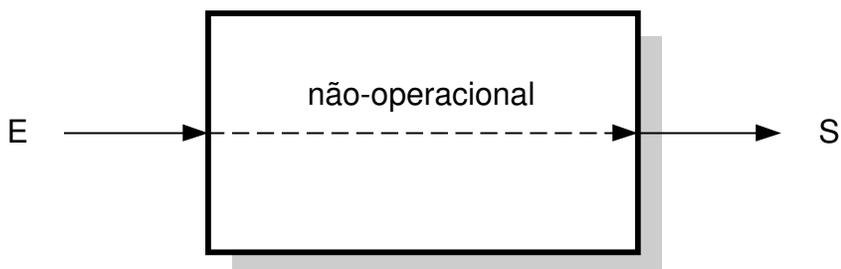


FIGURA 35. Processador com nível de complexidade 1

2º Nível - Objeto Ativo: o objeto processa, realiza e exterioriza um comportamento de forma suficientemente estável ao longo do tempo, mantendo a sua identidade. Esse é o nível dos sistemas dinâmicos simples, que tendem ao equilíbrio. Pode-se considerar como de segundo nível as máquinas em geral, as teorias da física e da química.



FIGURA 36. Processador com nível de complexidade 2

3º Nível - Objeto Regulado: o objeto manifesta regularidade em sua atividade, que é obtida por uma relação fechada, que recicla parte da saída na entrada, reduzindo ou anulando a sensibilidade a determinados eventos. A representação é de relação circular (em laço) de retroação. Esse é o nível de manutenção de um dado equilíbrio, dentro de certos limites. O objeto busca um objetivo pré-determinado, não possuindo a habilidade de alterá-lo. Pode-se considerar como

de terceiro nível o controle de temperatura de um equipamento e o próprio controle de temperatura do ser humano.

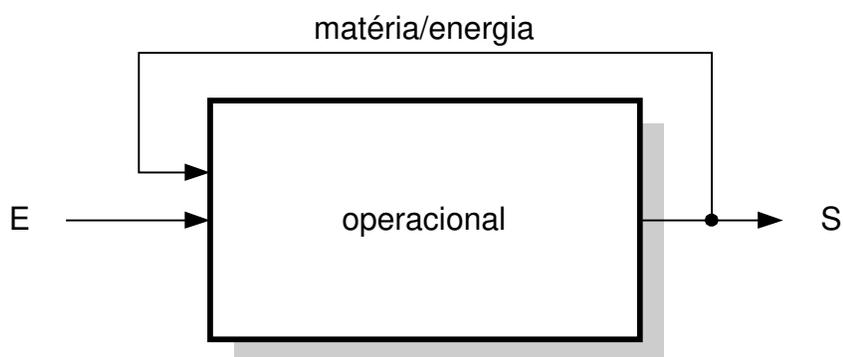


FIGURA 37. Processador com nível de complexidade 3

4º Nível - Objeto Informado: o objeto processa informação e esta representa o objeto; no 3º. nível a regulação é somente de matéria/energia e neste caso a retroação é informacional, ou seja, tipicamente do denominado “feedback” (da cibernética); a representação é de laço informacional e o tratamento matemático convencional pode ser encontrado até este nível. Este é o nível onde começam a aparecer os sistemas vivos mais simples, como uma célula.

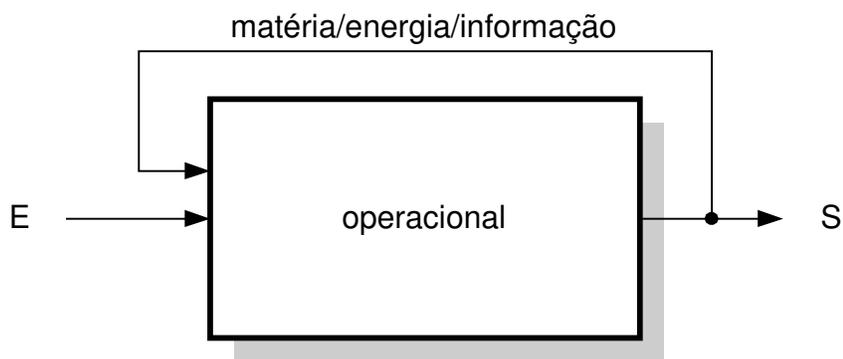


FIGURA 38. Processador com nível de complexidade 4

5º Nível - Objeto com Decisão: o objeto tem capacidade de tomar decisão com base em uma informação que provoca uma ação predefinida e conhecida, distinguindo a informação de representação da informação de decisão; a representação é feita pelo menos com um processador decisional (detentor do projeto e finalidade do objeto) e com um processador operacional (representando

o restante do objeto) com uma (ao menos) conexão informacional de laço; o tratamento matemático de processo de decisão é um assunto em desenvolvimento. Este é o nível dos objetos com capacidade de divisão de trabalho, como as plantas e os insetos com vida coletiva (formigas e abelhas, por exemplo).

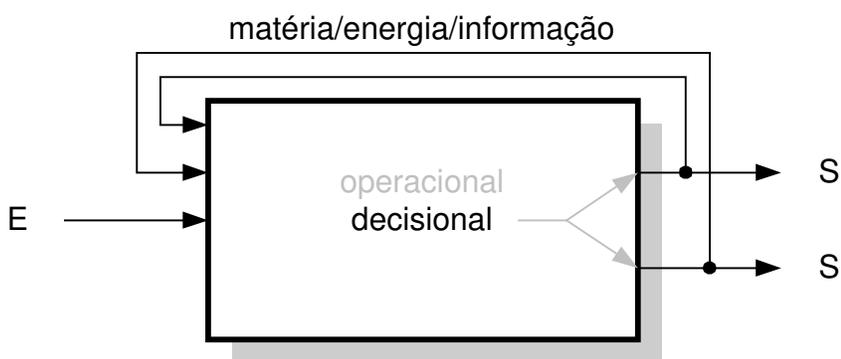


FIGURA 39. Processador com nível de complexidade 5

6º Nível - Objeto com Memória: o objeto, além de tomar decisão, apoia-se em um processo de memorização; a representação é feita com processadores decisional, de memorização e operacional. Este é o nível do sistema animal.

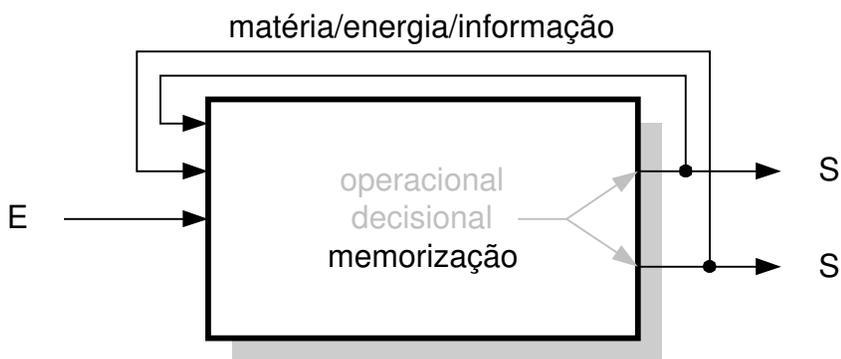


FIGURA 40. Processador com nível de complexidade 6

7º Nível - Objeto com Pilotagem: o objeto (sistema geral) se articula segundo 03 subsistemas agregados e fundamentais: decisional, informacional e operacional; o sistema interno de pilotagem (que engloba coordenação) é de natureza hierarquizada, no qual o processador decisional deve ter a capacidade de coordenação que implica: a capacidade relacional (ou seja, número de outros processadores com os quais se conecta) e a capacidade de tratamento de

informação (no caso de seres humanos é a capacidade cognitiva); a representação pode ser complexa com cada subsistema contendo processadores conectados aos demais subsistemas. Em adição ao sexto nível, o objeto tem consciência própria e capacidade de formulação de suas próprias metas e de desenvolvimento dos meios para atingi-las, como os seres humanos.

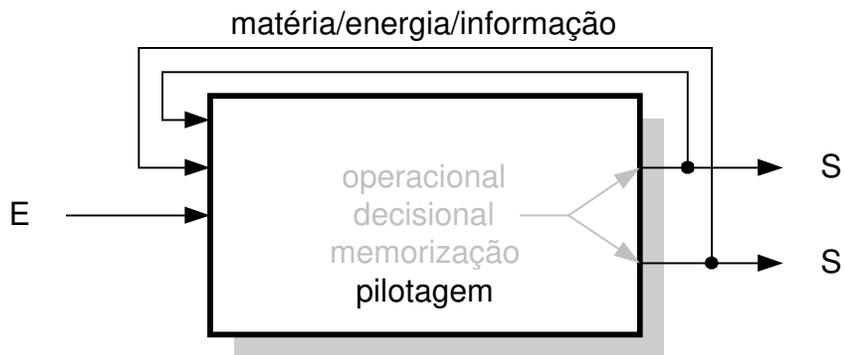


FIGURA 41. Processador com nível de complexidade 7

8º Nível - Objeto com Inovação: o objeto tem a capacidade da inovação (imaginação, seleção, concepção, criação e invenção) de gerar informação simbólica, de aprendizagem, de inteligência, e de se auto-organizar. Este é o nível das organizações sociais, onde seres humanos interagem entre si, cada um realizando suas próprias atividades de uma forma organizada, como as empresas em geral.

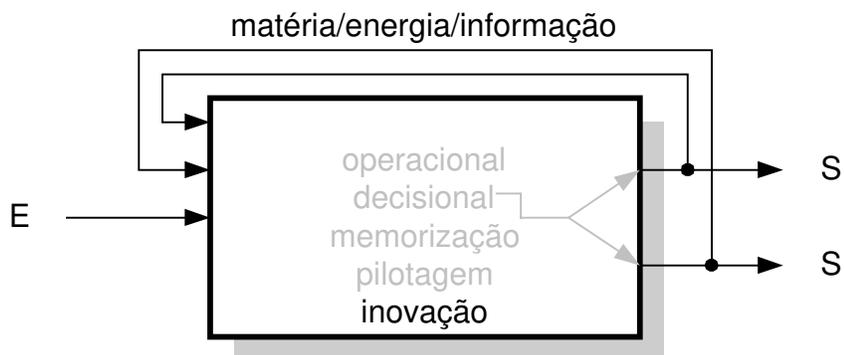


FIGURA 42. Processador com nível de complexidade 8

9º Nível - Objeto com Auto-Finalização: o objeto passa a ter, em seu sistema de pilotagem, um subsistema de finalização, que lhe dá a capacidade de gerar os seus próprios objetivos e de ter consciência de sua existência e identidade e, ainda, esse objeto em seu sistema de pilotagem engloba o sistema de diagnóstico e, em seu sistema de operação, o sistema de manutenção. Este é o nível dos objetos que incluem diversas organizações distintas que interagem entre si, como uma cadeia produtiva onde se incluem o fornecedor, o produtor e o cliente.

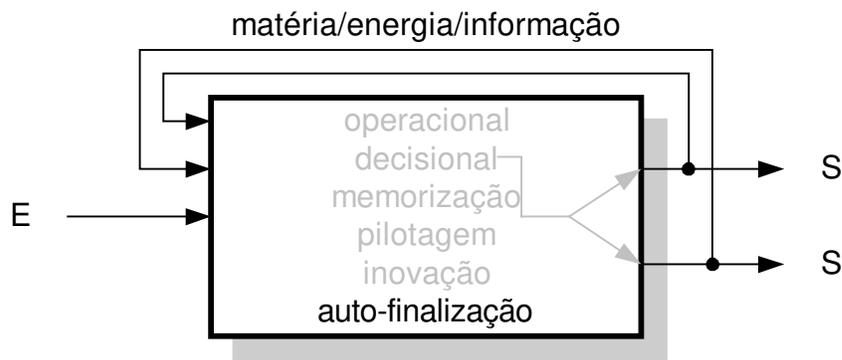


FIGURA 43. Processador com nível de complexidade 9

Em resumo, os processadores podem processar energia, matéria e informação e podem ser de 09 níveis (passivo, ativo, regulado, informado e com decisão, memória, pilotagem, inovação e autofinalização), de 03 tipos (espaço, forma e tempo), e de 03 categorias (operacional, informacional e decisional).

Segundo as classificações acima, todo objeto pode ser considerado como um processador, devendo ser representado por seu comportamento, por suas transações, pelas relações entre as suas entradas e saídas, pelo que faz e não pelo que é (conceito de caixa-preta). O processador deve ser classificado pelo tipo (condição nos referencias tempo, espaço e forma) e por seu nível de complexidade (de 01 a 09). Todo sistema é caracterizado pela existência de, no mínimo, um processador. É importante destacar que a conexão entre os processadores é neutra, nada devendo processar (nem espaço, no sentido de transporte).

Quanto à atividade de representação, é importante ressaltar que esta deve ser isomórfica (correspondência biunívoca entre os elementos, preservando suas operações) ao sistema. O conceito de isomorfismo obriga que a representação tenha uma correspondência ponto-a-ponto com o sistema estudado, ou seja, cada elemento representado deve corresponder apenas e somente a um elemento do sistema estudado, e vice-versa.

Os processadores podem ser dispostos em “rede”, que simula um processo (projetado, analisado ou simulado) em seu comportamento. As conexões que formam os arranjos da rede podem ser de dois tipos básicos (ou de suas combinações): conexões arborescentes e conexões circulares. A partir desses conceitos e da definição de ‘fronteira’ de um sistema como sendo “um conjunto finito de processadores do sistema com a característica de permitir que esse sistema possa receber ou fornecer elementos (na forma de matéria, energia, informação) respectivamente de entrada e saída”, pode-se distinguir os sistemas ‘complicados’ dos sistemas ‘complexos’.

Segundo BRESCIANI (2001), “sistemas complicados são aqueles constituídos por numerosos processos conectados unicamente por relações arborescentes; e sistemas complexos são aqueles nos quais os processos não são obrigatoriamente numerosos, mas são conectados por relações circulares.”

Segundo BRESCIANI (2001), para efetuar a modelagem de um sistema complexo é necessário estabelecer um programa de estudo em função do enfoque a ser adotado (LeMoigne, 1990a, p.270, op.cit.), partindo-se dos itens indicados no Quadro 11. LE MOIGNE (op. cit.) não discute esse detalhamento das recomendações, que normalmente aparecem na atividade de construção do sistemógrafo, permitindo um alto grau de liberdade. Na literatura consultada, LE MOIGNE (1990b, p. 285) apresenta somente um exemplo de sistemógrafo e comenta: “...será possível conceber e construir sistemógrafos diferentes do mesmo objeto [...]”.

As principais recomendações oferecidas por LE MOIGNE (op. cit.) para a construção de um sistemógrafo estão mais direcionadas à forma de concepção do objeto a ser modelado do que à concepção de um modelo de um sistema de qualquer natureza.

QUADRO 11. Recomendações práticas para programa de estudo

1. Com os cinco conceitos básicos;
 - (1) finalidade do sistema;
 - (2) meio-ambiente do sistema;
 - (3) estrutura do sistema;
 - (4) função do sistema;
 - (5) evolução do sistema.

2. Definir um dos três diferentes enfoques a ser adotado para a sistemografia:
 - (a) concepção do sistema;
 - (b) análise do sistema;
 - (c) simulação do sistema.

3. A seguir, adotar um dos três programas:
 - (a) para a concepção do sistema: parte-se de uma identificação das finalidades ou projetos (1), que deverão estar envolvidos pelo meio-ambiente (2); imagina-se uma estrutura (3) que deverá funcionar (4) e evoluir em relação às suas finalidades em um meio-ambiente (5);
 - (b) para a análise do sistema: parte-se de um funcionamento (4) ou de uma evolução (5) que ocorre em um meio-ambiente (2); realiza-se uma interpretação em relação às finalidades (1) e infere-se a estrutura (3) que pode ser assumida;
 - (c) para a simulação do sistema: parte-se de uma estrutura obtida por concepção ou por análise (3), que se faz funcionar (4) e evoluir (5) em um meio-ambiente (2); compara-se os resultados do funcionamento simulado com as finalidades imaginadas (1).

Fonte: BRESCIANI (2001)

A questão das etapas de desenvolvimento de estudo é mais bem tratada por BRESCIANI (2001), que sugere a adoção da hipótese da existência de um sistema do qual se pretenda fazer a análise e propor modificações organizacionais (funcionais e estruturais) que levem a uma melhoria de desempenho ou efetividade (eficácia + eficiência), destacando:

Em face da amplitude e da complexidade desses sistemas, convém iniciar o estudo de modelagem destacando um subsistema; contudo, não se deve esquecer que o subsistema selecionado para o estudo está intimamente conectado, através de seus diferentes elementos ou conjunto de elementos (processadores), aos demais elementos dos outros subsistemas, influenciando e sendo influenciado por eles.

QUADRO 12. Etapas de desenvolvimento de estudo

1. Definir a fronteira do sistema a ser modelado, caracterizando os processadores responsáveis pelas entradas e saídas do sistema.
2. Construir o sistemógrafo do sistema operacional do sistema objeto de estudo dispondo em um fluxograma (diagrama de blocos) as diferentes etapas de operação (transformação), e representando cada uma das etapas com um determinado processador (elemento processante) operacional; caracterizar cada processador segundo o tipo (espaço, forma, tempo) e o nível (1º ao 9º); as etapas definidas devem englobar o maior número possível das condições presente nos processos operacionais.
3. Construir o sistemógrafo informacional do sistema de produção, dispondo em um fluxograma as diferentes etapas de processamento de informação (geração, transformação e comunicação) representando cada uma segundo os mesmos critérios adotados para o sistema operacional (na realidade o sistema informacional é um sistema operacional de informações);
4. Construir o sistemógrafo do sistema decisional do sistema de produção dispondo em um fluxograma as diferentes etapas do processo de decisão (que faz parte do processo de coordenação do sistema; com ou sem automação) representando cada uma segundo os mesmos critérios adotados para os outros dois sistemas (operacional e informacional);
5. Classificar todos os processadores do sistemógrafo (em categorias, tipos e níveis) e construir uma tabela comparativa; esse procedimento permite o estudo do processo para a busca da racionalidade, flexibilidade e agilidade do sistema (busca de eficácia e eficiência) através do estudo mais detalhado de cada processador e da estrutura do sistema.
6. Identificar e introduzir no sistema as possíveis influências de 'campo de forças positivas e negativas' na forma de processadores (certamente complexos) que atuam, ou podem atuar, nos outros processadores (todos ou parte deles);
7. Relacionar os problemas em uma ordem de prioridade, adotando critérios qualitativos e quantitativos, e aplicar as técnicas de análise de problemas (ferramentas operacionais e gerenciais) para identificar e encontrar soluções para os problemas, de fluxo e de campo, que levem às modificações operacionais, informacionais, decisoriais e organizacionais (funcionais e estruturais), e também ao estabelecimento de estratégias visando acompanhar e controlar (com regulação e adaptação) o processo de evolução do sistema.
8. Buscar utilizar os métodos de modelagem matemática, tanto para a modelagem dos processadores individuais como dos subsistemas ou do sistema geral, quando os níveis de complexidade e as demais restrições para modelagem (como custo, tempo, precisão, etc.) permitirem tal tratamento.
9. Propor a solução dos problemas na forma de recomendações estratégicas e operacionais, e em uma fase posterior, implantar, acompanhar e aprimorar as mudanças sistêmicas (tecnológicas e organizacionais) propostas em uma estratégia estabelecida.

Fonte: BRESCIANI (2001)

Neste estudo, o sistemógrafo será utilizado para visualização das ações, das decisões e das informações do sistema do processo produtivo da empresa ambiental, de forma a facilitar sua análise crítica, que terá por objetivo identificar as operações, as informações e as decisões pertinentes ao sistema do processo produtivo (atividades de transformação) e se estas são necessárias e suficientes para a condução eficaz e eficiente da atividade proposta, bem como as possíveis ambigüidades, incoerências e redundâncias que contribuam para reduzir a eficiência ou mesmo impedir a eficácia, além de propor alterações nos processos que se façam pertinentes e adequadas a um melhor desempenho da instalação. Baseando-se nos conceitos apresentados de sistema da qualidade, TQM, SGA, TQEM e normas ISO 14000 e ISO 9000:2000 seria possível a análise do sistema de qualidade da empresa, mas isso não será objeto deste estudo. Pela natureza deste trabalho, não serão desenvolvidas as etapas 6, 7 e 8 e as fases posteriores da etapa 9.

5.2 Processadores

5.2.1 Considerações sobre a unidade

Segundo LEMOIGNE (1990), há diversas maneiras de aplicar a sistemografia e, na prática, de efetuar a modelagem do sistema em estudo. Certamente a mais correta será a que satisfizer as necessidades do modelador. Sob esse enfoque, a primeira definição do objeto em estudo será a empresa ambiental como uma unidade, como um todo, segundo ilustrado na Figura 44.

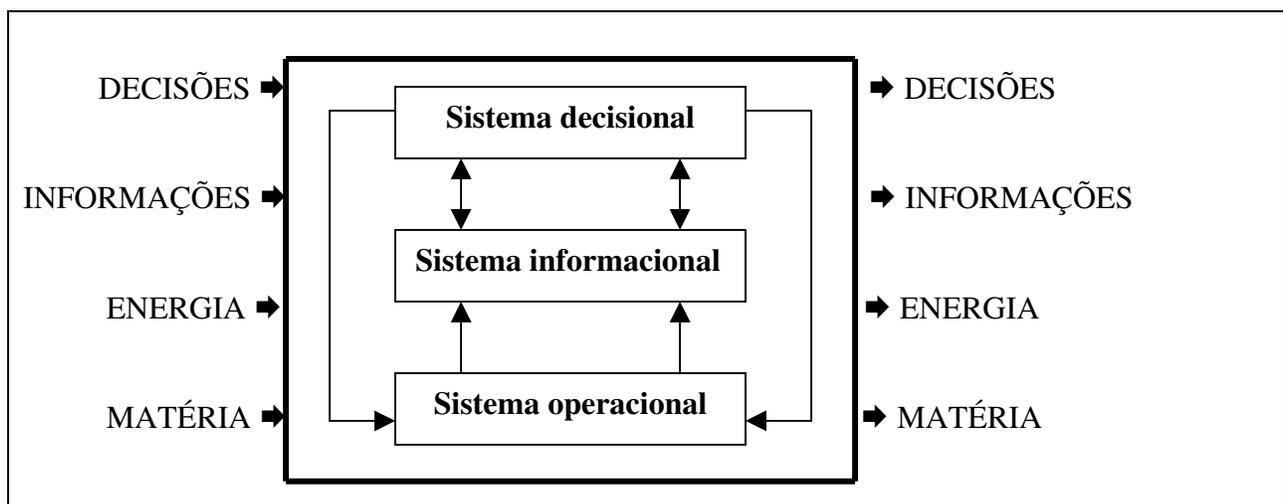


FIGURA 44. A instalação como processador

Tem-se, nesse caso, um grande processador de matéria, energia, informações e decisões, configurando um processador completo dos tipos forma, espaço e tempo de 9º. nível, como auto-finalizante que contém sistemas operacional, informacional e decisional. Na prática, trata-se de um sistema complexo, composto de pessoas, máquinas, equipamentos, informações e comandos, em que ocorre a interação de três sistemas: operacional (produtivo), informacional (memória) e decisional (decisão).

5.2.2 Considerações sobre o sistema do processo produtivo

Considerando o todo da unidade, verifica-se a necessidade de estabelecer os seus limites de contorno (fronteiras) para o estudo proposto. A empresa em estudo, representada a partir de agora pelo processador Empresa Ambiental, opera com fornecedores externos, que podem ser representados por um processador Fornecedor Externo, e com clientes externos, representados pelos processadores Cliente Externo e Ambiente. A existência de fornecedores internos e clientes internos à empresa ambiental, mas estabelecidos dentro de seus limites de contorno, leva o modelador a considerá-los como sub-fornecedores incluídos no processador Empresa Ambiental.

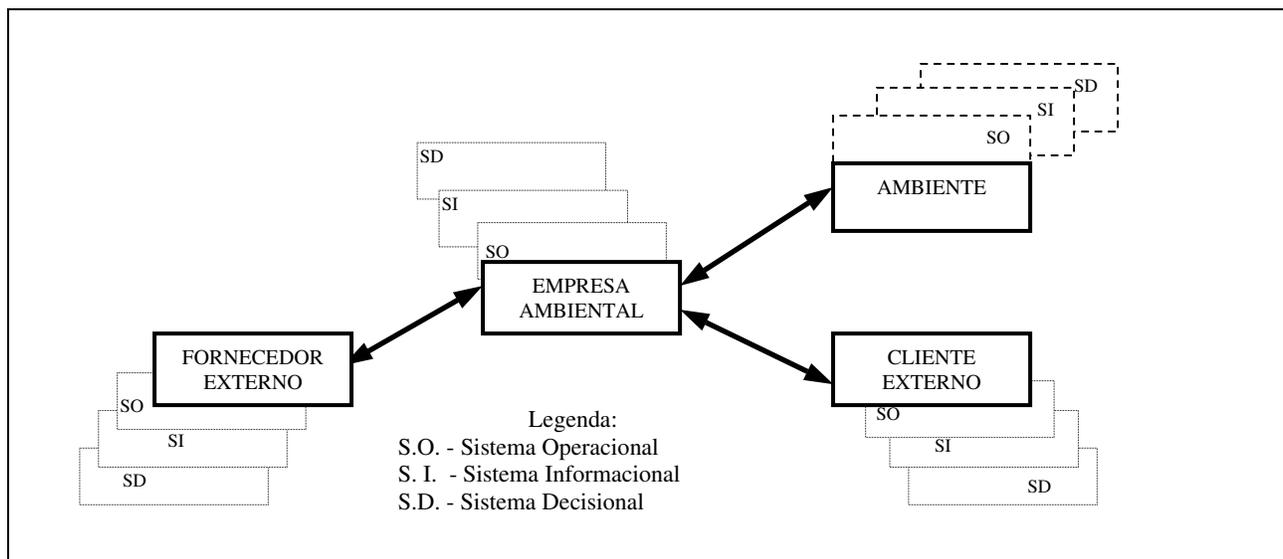


FIGURA 45. Sistemógrafo geral do Sistema Produtivo

Uma descrição sucinta dos processadores envolvidos fornece os seguintes dados:

- *Processador Fornecedor Externo*: trata-se de um processador dos tipos Forma, Espaço e Tempo completo, de 9º. nível, com sistema operacional produzindo os insumos necessários ao processador Empresa Ambiental, como lixo, energia elétrica, gás, óleo combustível, água (os principais, principalmente para condições de *start up*) e demais suprimentos, incluindo partes, peças e materiais de manutenção. O processador possui sistemas informacional e decisional.

- *Processador Cliente Externo*: trata-se de processador dos tipos Forma, Espaço e Tempo completo, de 9º. nível. O processador tem sistema operacional para produzir bens e serviços a partir dos insumos fornecidos pelo processador Empresa Ambiental (materiais recicláveis, água e energia elétrica). O processador possui sistemas informacional e decisional.

- *Processador Ambiente*: trata-se de processador dos tipos Forma, Espaço e Tempo completo, de 9º. nível. O processador tem sistema operacional para consumir bens e serviços produzidos a partir dos insumos fornecidos pelo processador Empresa Ambiental (materiais recicláveis, água e energia elétrica) e para interagir com toda a fronteira do mesmo, quando tomado como um sistema, conforme 5.2.1. O processador possui sistemas informacional e decisional.

- *Processador Empresa Ambiental*: conforme abordagem em 5.2.1, trata-se de um processador dos tipos Forma, Espaço e Tempo completo, de 9º. nível, com processador operacional para produção de materiais recicláveis, água e energia elétrica a partir do insumo principal lixo e dos insumos auxiliares (energia elétrica, gás, óleo combustível e água como os principais, principalmente para condições de *start up*). O processador possui sistemas informacional e decisional.

Para que se possa compreender melhor o sistema produtivo é necessário conhecer seu detalhamento em processadores menores, que representem os principais conjuntos e/ou unidades de equipamentos e/ou operações unitárias. Com base na análise do processo desenvolvida em 3.2, pode-se estabelecer a seguinte seqüência de processadores:

P1 – Processador de Alimentação da planta

Processador de categoria Operacional, dos tipos Espaço e Tempo (estocagem e deslocamento) de 2º. nível (objeto ativo). O processador recebe o lixo doméstico fresco, coletado pelas empresas e conduzido até a empresa por meio de caminhões, e o encaminha para as etapas de pesagem e separação, mantendo simultaneamente o efeito de continuidade para as fases seguintes.

O processador recebe matéria do processador FE - Fornecedor Externo.e a envia ao processador P2 – Pesagem.

P2 – Processador de Pesagem

Processador de categoria Informacional de 4º. nível (objeto informado). O processador recebe o lixo fresco da etapa de alimentação e efetua sua pesagem de forma contínua, sem alterar o efeito de continuidade para as fases seguintes. Não ocorre qualquer transformação do material durante a pesagem.

O processador recebe matéria do processador P1 – Alimentação e a envia para o processador P3 – Abertura de sacos.

O processador gera informação a respeito da quantidade pesada.

P3 – Processador de Abertura de sacos

Processador de categoria Operacional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 3º. nível (objeto regulado). O processador recebe o lixo fresco da etapa de pesagem, efetua a separação de todas as parcelas embaladas em sacos plásticos, rasga todos os sacos e desmancha as parcelas, verifica a efetividade do desmanche e, caso necessário, retorna a parcela para novo desmanche. As parcelas desmanchadas são incorporadas à parcela não acondicionada em sacos.

O processador recebe matéria do processador P2 – Pesagem e a envia ao processador P4 – Primeira separação.

P4 – Processador de Primeira separação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe lixo fresco da etapa de abertura de sacos e efetua a primeira separação de componentes, retirando das esteiras de transporte os materiais estranhos ao padrão especificado como aceitável para processamento, que são colocados em esteira transversal para encaminhamento aos meios de transporte adequados.

O processador recebe matéria do processador P3 – Abertura de sacos e a envia aos processadores P5 – Segunda separação e CE – Cliente Externo.

P5 – Processador de Segunda separação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe lixo fresco da etapa de primeira separação e efetua a segunda separação de componentes, retirando das esteiras de transporte materiais como caixas e partes de papelão e embalagens de plástico (por exemplo, partes de PVC e plásticos mais pesados, típicos materiais clorados), que são colocados em esteira transversal para encaminhamento aos meios de transporte adequados.

O processador recebe matéria do processador P4 – Primeira separação e a envia aos processadores P6 – Terceira separação e CE – Cliente Externo.

P6 – Processador de Terceira separação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe lixo fresco da etapa de segunda separação e efetua a terceira separação de componentes, retirando das esteiras de transporte os materiais metálicos ferrosos, através de equipamento eletromagnético móvel, e efetuando sua condução às esteiras para a área de concentração e os meios de transporte adequados.

O processador recebe matéria do processador P5 – Segunda separação e a envia aos processadores P7 – Quarta separação e P6.1 – Jet Spray.

P6.1 – Processador de Jet Spray

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe os materiais metálicos ferrosos da terceira separação e efetua sua limpeza de forma contínua (durante o deslocamento na esteira), através de banhos *jet spray*, acionados pela passagem dos materiais em pontos pré-estabelecidos, dentro do conceito de economia de água, que volta para tratamento.

O processador recebe matéria dos processadores P6 – Terceira separação e P14 – Reservatório e a envia aos processadores CE – Cliente Externo e P12 – Reservatório.

P7 – Processador de Quarta separação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe lixo fresco da etapa de terceira separação e efetua a quarta separação de componentes, retirando das esteiras de transporte os materiais metálicos não ferrosos (por exemplo, latas de alumínio) e efetuando sua condução às esteiras para a área de concentração e os meios de transporte adequados.

O processador recebe matéria do processador P6 – Terceira separação e a envia aos processadores P8 – Quinta separação e P7.1 – Jet Spray.

P7.1 – Processador de Jet Spray

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe os materiais metálicos ferrosos da quarta separação e efetua sua limpeza de forma contínua (durante o deslocamento na esteira), através de banhos *jet spray*, acionados pela passagem dos materiais em pontos pré-estabelecidos, dentro do conceito de economia de água, que volta para tratamento.

O processador recebe matéria dos processadores P7 – Quarta separação e P14 – Reservatório e a envia aos processadores CE – Cliente Externo e P12 – Reservatório.

P8 – Processador de Quinta separação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe lixo fresco da etapa de quarta separação e efetua a quinta separação de componentes, retirando das esteiras de transporte os materiais como vidro e derivados, que são colocados em esteira transversal para encaminhamento aos meios de transporte adequados.

O processador recebe matéria do processador P7 – Quarta separação e a envia aos processadores P9 – Sexta separação e P8.1 – Jet Spray.

P8.1 – Processador de Jet Spray

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe os materiais de vidro da quinta separação e efetua sua limpeza de forma contínua (durante o

deslocamento na esteira), através de banhos *jet spray*, acionados pela passagem dos materiais em pontos pré-estabelecidos, dentro do conceito de economia de água, que volta para tratamento.

O processador recebe matéria dos processadores P8 – Quinta separação e P14 – Reservatório e a envia aos processadores CE – Cliente Externo e P12 – Reservatório

P9 – Processador de Sexta separação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe lixo fresco da etapa de quinta separação e efetua a sexta separação de componentes, retirando das esteiras de transporte os materiais menores que não foram detectados e/ou retirados nas etapas anteriores, que são agora colocados em esteira transversal para encaminhamento aos meios de transporte adequados.

O processador recebe matéria do processador P8 – Quinta separação e a envia aos processadores P10 – Redução dimensional e CE – Cliente Externo.

P10 – Processador de Redução dimensional

Processador de categoria Operacional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 3º. nível (objeto regulado). O processador recebe o lixo fresco da etapa de sexta separação, efetua a redução dimensional de todo o material do fluxo, verifica sua adequação através de telas perfuradas e, caso necessário, retorna o material não conforme para nova redução, em processo de recirculação contínua. O material em conformidade é encaminhado para a etapa seguinte.

O processador recebe matéria do processador P9 – Sexta separação e a envia ao processador P11 – Compressão.

P11 – Processador de Compressão

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe o lixo da etapa de redução dimensional e o submete a compressão controlada, para efeito de extração progressiva de água, mantendo os parâmetros de controle dentro do especificado pelo sistema decisional.

O processador recebe matéria do processador P10 – Redução dimensional e a envia aos processadores P12 – Reservatório e P20 – Secagem.

P12 – Processador de Reservatório

Processador de categoria Informacional, do tipo Tempo (estocagem) de 4º. nível (objeto informado). O processador recebe a água da etapa de compressão e do retorno dos banhos *jet spray* e efetua sua estocagem temporária, atuando como alimentador da etapa seguinte de tratamento e mantendo os efeitos de estabilidade e continuidade para as etapas seguintes.

O processador recebe matéria dos processadores P6.1 – Jet Spray, P7.1 – Jet Spray, P8.1 – Jet Spray, P11 – Reservatório e P20 – Secagem, e a envia ao processador P13 – Tratamento.

O processador gera informação a respeito do nível de seu conteúdo e dos parâmetros de fluxo correntes.

P13 – Processador de Tratamento de água

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 6º. nível (objeto com memória). O processador recebe a água de forma contínua e efetua seu tratamento em forma de fluxo contínuo, sem necessidade de tempos de residência intermediários, com base nos parâmetros resultantes de medição contínua e das condições do processamento desejadas e efetivas, mantendo sob controle os

parâmetros operacionais e em foco permanente os parâmetros de saída especificados pelo sistema decisional.

O processador recebe matéria/informação do processador P12 – Reservatório e envia matéria para os processadores P14 – Reservatório e P20 – Secagem.

P14 – Processador de Reservatório

Processador de categoria Informacional, do tipo Tempo (estocagem) de 4º. nível (objeto informado). O processador recebe a água da etapa de tratamento e da fonte externa de suprimento, e efetua sua estocagem temporária, atuando como alimentador da etapa seguinte de regulação e dos banhos *jet spray* e mantendo os efeitos de estabilidade e continuidade para as etapas seguintes.

O processador recebe matéria dos processadores P13 – Tratamento e FE – Fornecedor Externo, e a envia aos processadores P6.1 – Jet Spray, P7.1 – Jet Spray, P8.1 – Jet Spray e P15 – Regulação.

P15 – Processador de Regulação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, de tipos Espaço e Tempo (deslocamento e estocagem) de 6º. nível (objeto com memória). O processador recebe a água do reservatório e processa os fluxos de alimentação para o sistema da caldeira e alimentação para o sistema de resfriamento, mantendo os parâmetros desejados sob controle e tomando as necessárias decisões para que seja mantida a continuidade necessária aos fluxos.

O processador recebe matéria do processador P14 – Reservatório e a envia aos processadores P16 – Resfriamento e P18 – Dosagem. O processador recebe informação dos processadores P14 – Reservatório, P16 – Resfriamento, P17 – Regulação, P18 – Dosagem, P26 – Caldeira e P27 - Turbina.

P16 – Processador de Resfriamento

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 5º. nível (objeto de decisão). O processador recebe a água dos sistemas de regulação do tratamento e da caldeira/turbina e processa o resfriamento segundo os parâmetros especificados e as condições efetivas de fluxo do processo.

O processador recebe matéria dos processadores P15 – Regulação e P17 – Regulação e a envia para o processador P19 – Reservatório.

P17 – Processador de Regulação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, de tipos Espaço e Tempo (deslocamento e estocagem) de 6º. nível (objeto com memória). O processador recebe a água da turbina e processa os fluxos de alimentação para o sistema da caldeira e de alimentação para o sistema de resfriamento, mantendo os parâmetros desejados sob controle e tomando as necessárias decisões para que seja mantida a continuidade necessária aos fluxos.

O processador recebe matéria do processador P27 – Turbina e a envia aos processadores P16 – Resfriamento e P18 – Dosagem. O processador recebe informação dos processadores P14 – Reservatório, P15 – Regulação, P16 – Resfriamento, P18 – Dosagem, P26 – Caldeira e P27 - Turbina.

P18 – Processador de Dosagem

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Tempo (deslocamento e estocagem) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe o fluxo de água recirculada e efetua a dosagem com água tratada para complementar a realimentação do sistema da caldeira, em fluxo contínuo de recirculação.

O processador recebe matéria dos processadores P15 – Regulação e P17 – Regulação e a envia para o processador P26 – Caldeira.

P19 – Processador de Reservatório

Processador de categoria Informacional, do tipo Tempo (estocagem) de 4º. nível (objeto informado). O processador recebe a água da etapa de resfriamento e efetua sua estocagem temporária, atuando como alimentador para a transferência da água para o consumidor externo, mantendo os efeitos de estabilidade e continuidade para esse fluxo.

O processador recebe matéria dos processadores P16 – Resfriamento e a envia aos processadores A – Ambiente e CE – Cliente Externo.

P20 – Processador de Secagem

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Forma (deslocamento e transformação) de 6º. nível (objeto com memória). O processador recebe a massa de lixo da etapa de compressão e efetua sua secagem e sua esterilização de forma contínua, com fluxo controlado em ambiente monitorado.

O processador recebe matéria dos processadores P11 – Compressão, P13 – Tratamento de água e FE – Fornecedor Externo, e a envia aos processadores P12 – Reservatório, P21 – Redução dimensional e A – Ambiente.

P21 – Processador de Redução dimensional

Processador de categoria Operacional, dos tipos Forma e Espaço (transformação e deslocamento) de 3º. nível (objeto regulado). O processador recebe a massa seca e esterilizada da etapa de secagem e efetua a redução dimensional de todo o material do fluxo, verificando sua adequação através de telas perfuradas e, caso necessário, retornando o material não conforme

para nova redução, em processo de recirculação contínua. O material em conformidade é encaminhado para a etapa seguinte de redução dimensional.

O processador recebe matéria do processador P20 – Secagem e a envia ao processador P22 – Redução dimensional.

P22 – Processador de Redução dimensional

Processador de categoria Operacional, dos tipos Forma e Espaço (transformação e deslocamento) de 3º. nível (objeto regulado). O processador recebe a massa seca da etapa de redução dimensional média e efetua a redução dimensional fina de todo o material do fluxo, verificando sua adequação através de telas perfuradas e, caso necessário, retornando o material não conforme para nova redução, em processo de recirculação contínua. O material em conformidade é encaminhado para a etapa de pesagem.

O processador recebe matéria do processador P21 – Redução dimensional e a envia ao processador P23 - Pesagem.

P23 – Processador de Pesagem

Processador de categoria Informacional de 4º. nível (objeto informado). O processador recebe a massa seca da etapa de redução dimensional fina e efetua sua pesagem de forma contínua, sem afetar o efeito de continuidade para as fases seguintes.

O processador recebe matéria do processador P22 – Redução dimensional e a envia para o processador P24 – Preparação.

P24 – Processador de Preparação

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisinal, dos tipos Espaço, Tempo e Forma (deslocamento, estocagem e transformação) de 5º. nível (objeto com decisão). O

processador recebe a massa seca das etapas de redução dimensional e pesagem e aplica aeração localizada e movimentação ao material, além de atuar como estabilizador para a etapa de dosagem seguinte, em que as condições efetivas da massa são decisivas para o bom desempenho do processo.

O processador recebe matéria do processador P23 – Pesagem e a envia para o processador P25 – Dosagem.

P25 – Processador de Dosagem

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço e Tempo (deslocamento e estocagem) de 5º. nível (objeto com decisão). O processador recebe o fluxo de massa seca preparada e efetua a dosagem para a etapa de queima seguinte, conforme os parâmetros estabelecidos e as efetivas condições do produto em relação aos requisitos da combustão.

O processador recebe matéria do processador P24 – Preparação e a envia para o processador P26 – Caldeira.

P26 – Processador de Caldeira

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço, Tempo e Forma (deslocamento, estocagem e transformação) de 6º. nível (objeto com memória). Na caldeira ocorre a queima da massa seca e a liberação de energia para aquecimento de água, que se transforma em vapor a ser utilizado na etapa seguinte.

O processador recebe matéria dos processadores P18 – Dosagem e P25 – Dosagem, e a envia para os processadores P27 – Turbina e A – Ambiente.

P27 – Processador de Turbina

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço, Tempo e Forma (deslocamento, estocagem e transformação) de 6º. nível (objeto com memória). Na turbina ocorre a transformação da energia do vapor em rotação, por meio do acionamento das pás do rotor. Esse movimento é transmitido à etapa seguinte, de forma mecânica.

O processador recebe matéria/energia do processador P26 – Caldeira e a envia aos processadores P17 – Regulação e P28 – Gerador.

P28 – Processador de Gerador

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, dos tipos Espaço, Tempo e Forma (deslocamento, estocagem e transformação) de 6º. nível (objeto com memória). No gerador ocorre a transformação da energia de movimento do rotor em energia elétrica, por meio da indução de campos eletromagnéticos no estator.

O processador recebe energia do processador P27 – Turbina e a envia ao processador P29 – Transformador.

P29 – Processador de Transformador

Processador de categorias Operacional, Informacional e Decisional, do tipo Forma (transformação) de 6º. nível (objeto com memória). Na estação transformadora ocorre a elevação da tensão gerada, para reduzir as perdas durante o processo de transmissão de energia pela rede de distribuição.

O processador recebe energia do processador P28 – Gerador e a envia ao processador CE – Cliente Externo.

A partir das características dos processadores indicadas na análise anterior, pode-se elaborar a tabela comparativa de seus principais fatores, como representada pelo Quadro 13, na análise do sistema do processo produtivo.

QUADRO 13. Características dos processadores

Processadores		Categoria			Tipo			Nível
		O	I	D	E	T	F	
P1	Alimentação	X			X	X		2
P2	Pesagem		X					4
P3	Abertura de sacos	X			X		X	3
P4	Primeira separação	X	X	X	X		X	5
P5	Segunda separação	X	X	X	X		X	5
P6	Terceira separação	X	X	X	X		X	5
P6.1	Jet Spray	X	X	X	X		X	5
P7	Quarta separação	X	X	X	X		X	5
P7.1	Jet Spray	X	X	X	X		X	5
P8	Quinta separação	X	X	X	X		X	5
P8.1	Jet Spray	X	X	X	X		X	5
P9	Sexta separação	X	X	X	X		X	5
P10	Redução dimensional	X			X		X	3
P11	Compressão	X	X	X	X		X	5
P12	Reservatório		X			X		4
P13	Tratamento de água	X	X	X	X		X	6
P14	Reservatório		X			X		4
P15	Regulação	X	X	X	X	X		6
P16	Resfriamento	X	X	X	X		X	5
P17	Regulação	X	X	X	X	X		6
P18	Dosagem	X	X	X	X	X		5
P19	Reservatório		X			X		4
P20	Secagem	X	X	X	X		X	6
P21	Redução dimensional	X			X		X	3
P22	Redução dimensional	X			X		X	3
P23	Pesagem		X					4
P24	Preparação	X	X	X	X	X	X	5
P25	Dosagem	X	X	X	X	X		6
P26	Caldeira	X	X	X	X	X	X	6
P27	Turbina	X	X	X	X	X	X	6
P28	Gerador	X	X	X	X	X	X	6
P29	Transformador	X	X	X			X	6

Para a sistemografia foi definido o enfoque da análise do sistema, partindo-se de um funcionamento, realizando-se uma interpretação em relação às finalidades e inferindo-se a estrutura que pode ser assumida.

Definida a fronteira do sistema a ser modelado, foram caracterizados os processadores de fronteira, ou seja, aqueles responsáveis pelas entradas e saídas do sistema.

Foi construído o sistemógrafo do sistema operacional do sistema objeto do estudo, representando em um fluxograma as diferentes etapas de transformação e cada etapa com um determinado processador operacional (Figura 47).

Foi construído o sistemógrafo informacional do sistema analisado, mostrando em um fluxograma as diferentes etapas de processamento de informação (Figura 48).

Foi construído o sistemógrafo do sistema decisional do sistema em análise, mostrando em um fluxograma as diferentes etapas do processo de decisão (Figura 49).

Analisando-se as características dos processadores do Quadro 13, percebe-se que as atividades relacionadas aos processos de separação, ao tratamento da água, à regulação para o sistema da caldeira, à secagem e à geração de energia elétrica são as mais complexas, podendo influenciar diretamente no custo do escopo a selecionar.

Todos estes processadores possuem um ponto em comum: embora possam ser agrupados em relação à função operacional maior que desempenham no processador Empresa Ambiental, sob o enfoque decisional todos estão ligados ao processador Ambiente ou Cliente Externo, como sugere a Figura 49.

Do ponto de vista de processo, isso sugere que esse alinhamento dos processadores internos possa vir a ser feito em função do atendimento dos requisitos dos processadores externos CE e A, de nível maior e muito mais autonomia de decisão.

A Figura 46 ilustra o sistemógrafo operacional do sistema do processo produtivo.

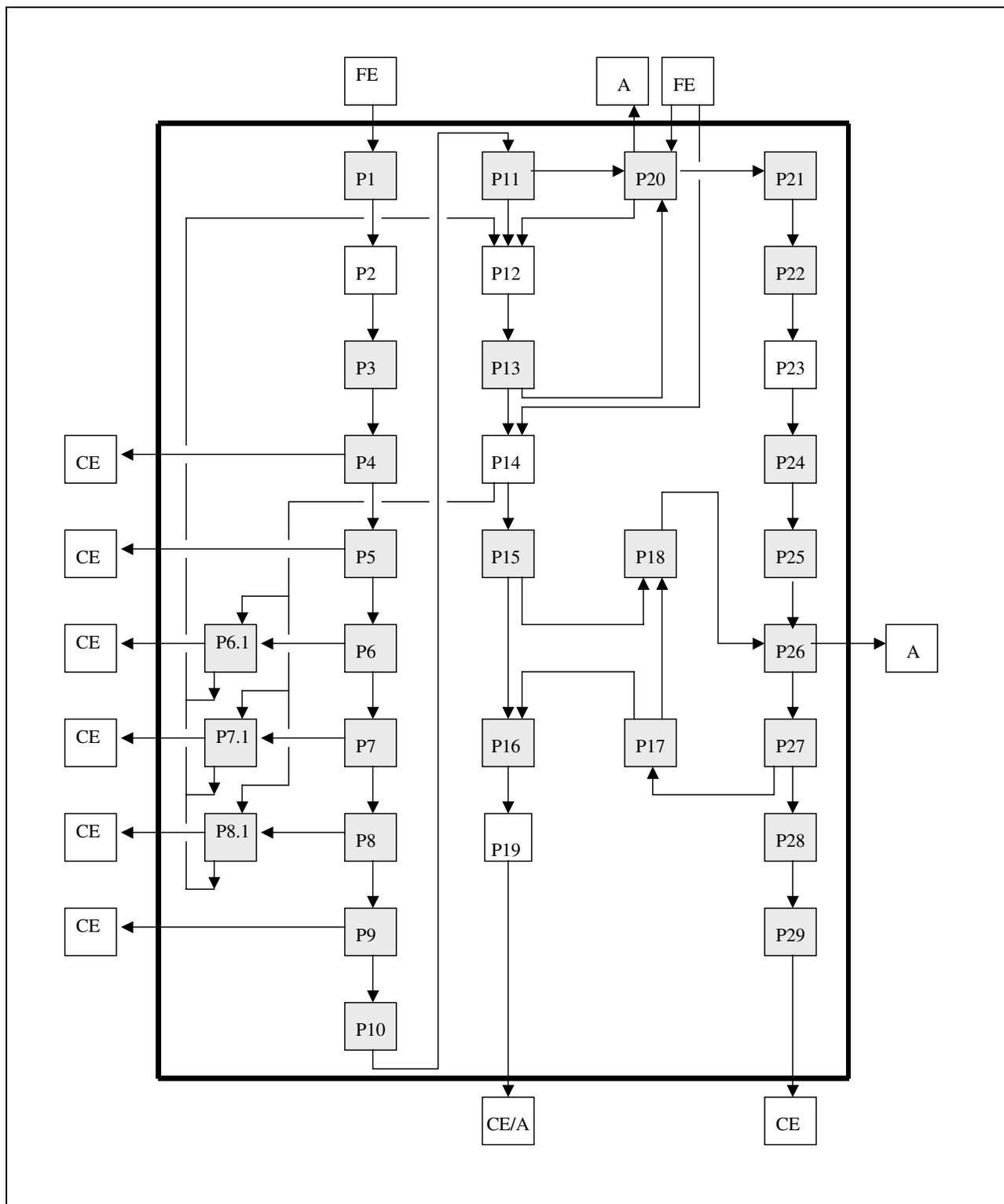


FIGURA 46. Sistemógrafo operacional do sistema do processo produtivo

A Figura 47 ilustra o sistemógrafo informacional do sistema do processo produtivo.

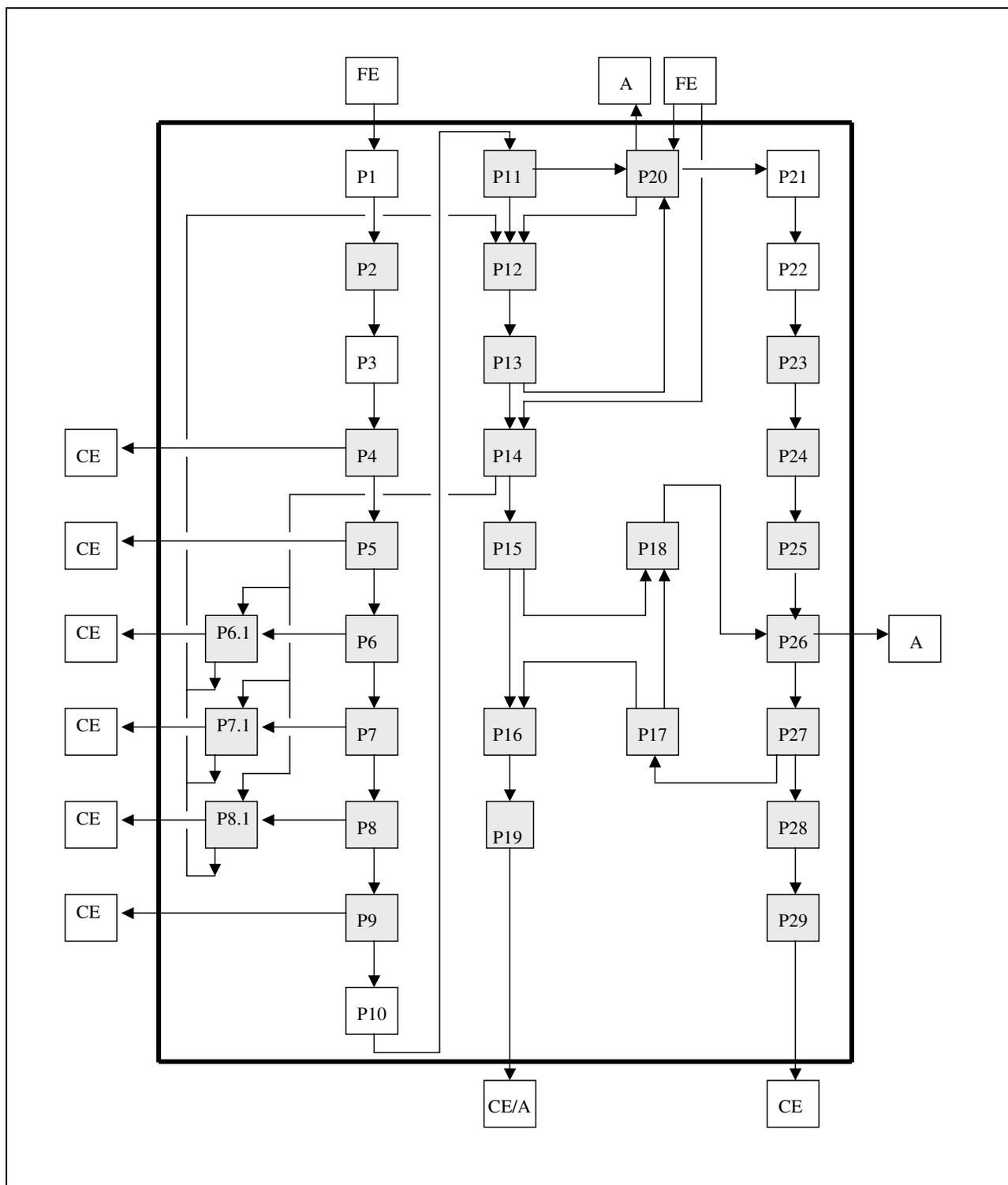


FIGURA 47. Sistemógrafo informacional do sistema do processo produtivo

A Figura 48 ilustra o sistemógrafo decisional do sistema do processo produtivo.

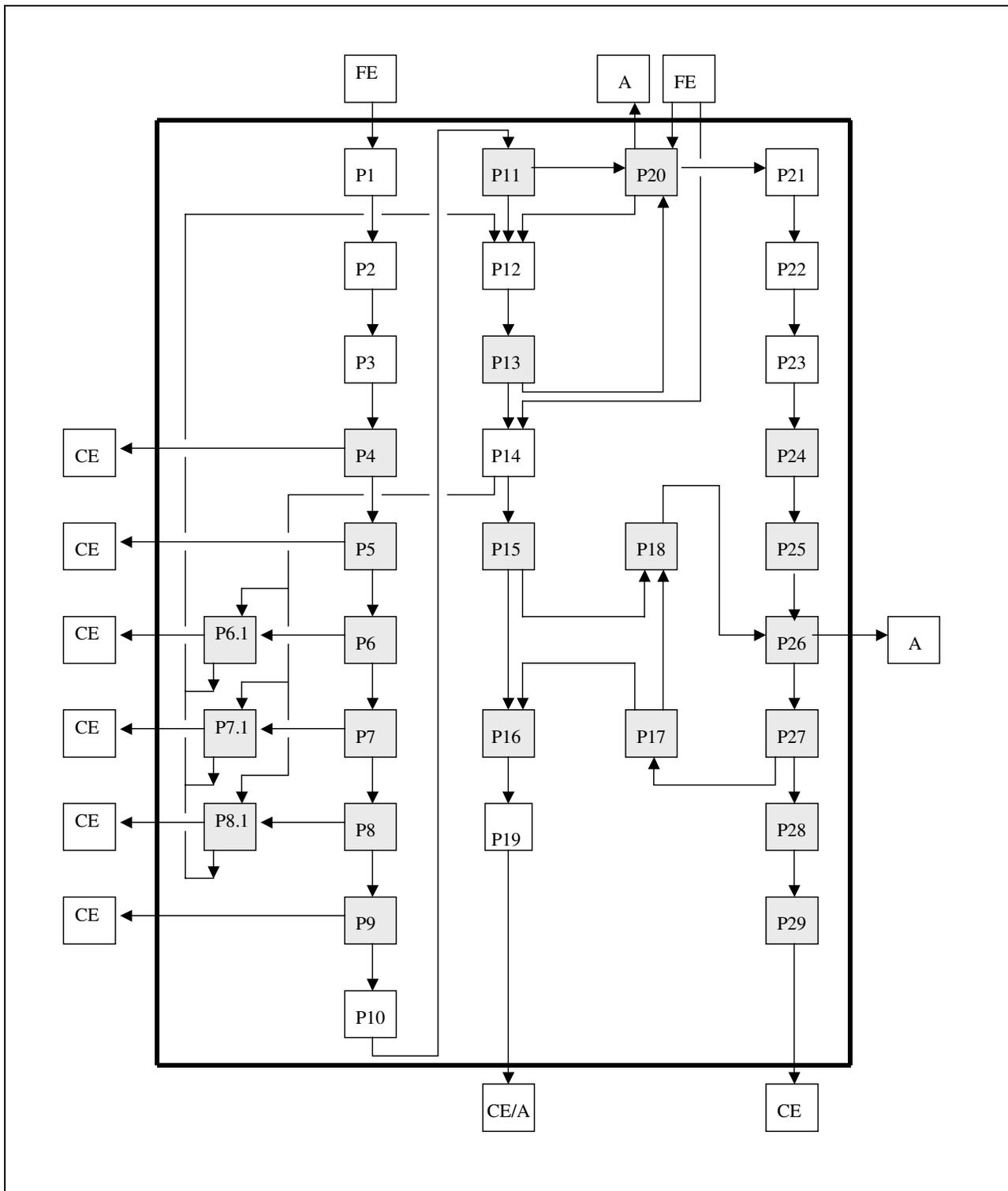


FIGURA 48. Sistemógrafo decisional do sistema do processo produtivo

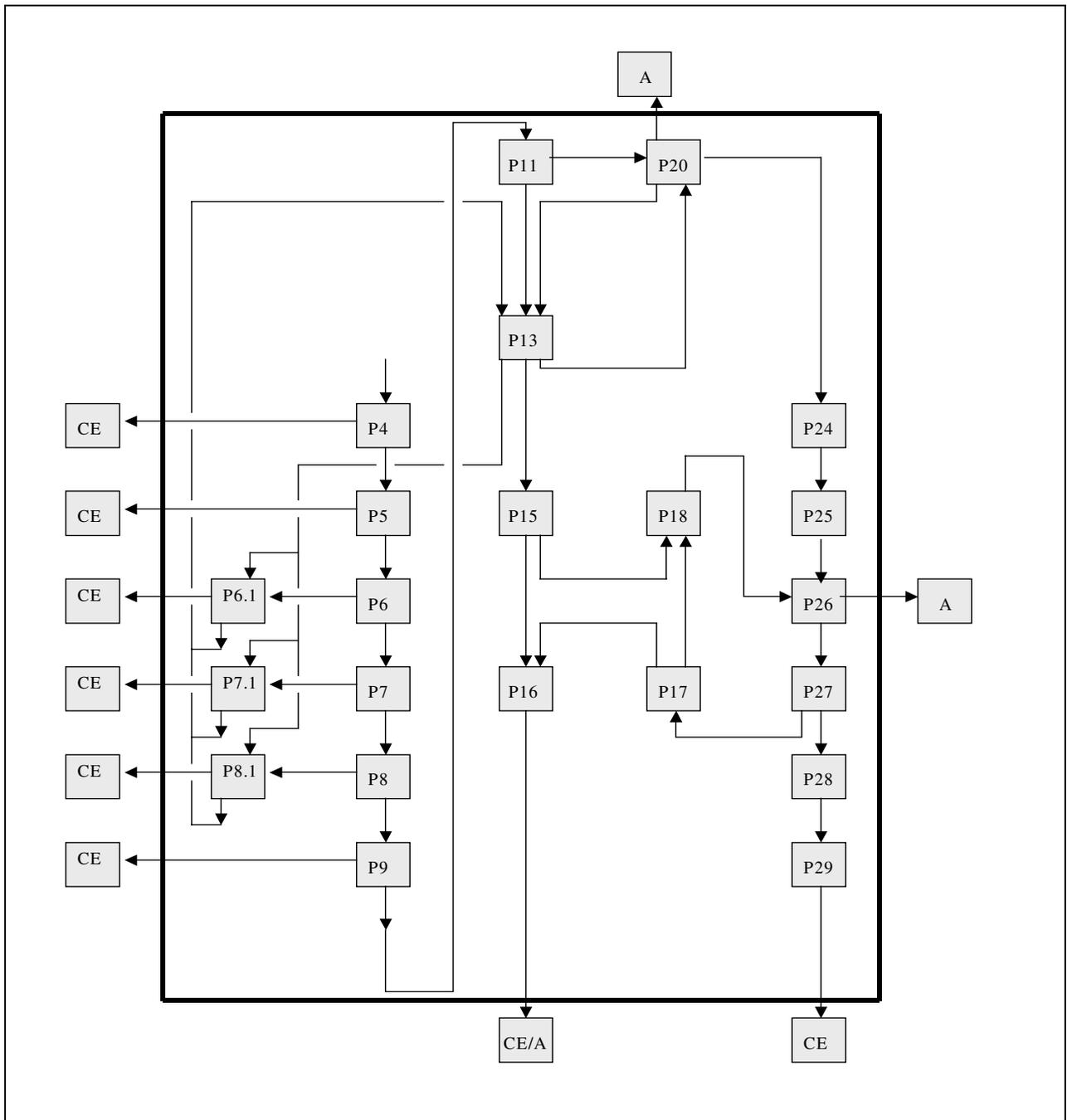


FIGURA 49. Conexão decisional com Ambiente e Cliente Externo

Conforme a abordagem da Figura 45, os processadores Ambiente e Cliente Externo são de 9º. nível, o que lhes confere alta capacidade de gerar os seus próprios objetivos e de ter consciência de sua existência e identidade. Além disso, eles englobam o sistema de diagnóstico em seu sistema de pilotagem e, em seu sistema de operação, o sistema de manutenção. Este é o

nível dos objetos que incluem diversas organizações distintas que interagem entre si, como uma cadeia produtiva onde se incluem o fornecedor, o produtor e o cliente. Nessa cadeia específica, em que a Empresa Ambiental representa o produtor, sua interação com o cliente e com a comunidade (Cliente Externo e Ambiente) é bastante complexa e estabelece a necessidade de intensa e competente prática de comunicação, com troca objetiva de dados e informações. Do ponto de vista operacional, essa interação está diretamente ligada à qualidade dos produtos fornecidos pela empresa aos clientes externos (produtos recicláveis, água e energia elétrica) e à qualidade das emissões liberadas pela instalação para a comunidade em seu entorno e que a afeta diretamente. Como essa interação se realiza nos níveis operacional, informacional e decisional, sendo o nível dos processadores externos maior que o da empresa, a máxima atenção deve ser dispensada a essas conexões e interações.

O processador P13, associado à função de tratamento de água, possui o 6º. nível de complexidade, pelo fato de operar com suporte de um processo de memorização, além da decisão, e se encontra inserido em conexões circulares, típicas desse nível. A etapa de tratamento de água leva o fluxo do processo às etapas seguintes, de forma contínua, condição obrigatória para garantir a estabilidade das linhas. As conexões circulares, embora simples, não podem ser excluídas do processo, a título de simplificação, pois são operacionalmente necessárias. A importância dessa etapa como ponto obrigatório de fluxo de toda a parte líquida da instalação exige que seu elemento decisional tenha maior grau de autonomia e possa interagir com outros componentes decisoriais do sistema, buscando o melhor resultado em termos de balanceamento de fluxos, além de satisfazer os requisitos de qualidade exigidos para a água como produto de saída e influenciar diretamente os processadores externos CE e A.

O processador P20, associado à função de secagem, possui o 6º. nível de complexidade, pelo fato de precisar operar com maior autonomia, com suporte de um processo de memorização, além da decisão, e apresenta conexões circulares simples, típicas desse nível de complexidade. A etapa de secagem encaminha o fluxo do processo às etapas seguintes, de forma contínua, mantendo a estabilidade das linhas. As conexões circulares, embora simples, não devem ser retiradas do processo, mesmo a título de simplificação, pois são operacionalmente necessárias. A importância dessa etapa como ponto obrigatório de fluxo de toda a massa sólida da instalação

exige que seu elemento decisional tenha maior grau de autonomia e possa interagir com outros componentes decisoriais do sistema, buscando o melhor resultado em termos de balanceamento de fluxo, além de atender os parâmetros de qualidade exigidos para a massa como matéria-prima para as etapas seguintes e satisfazer os requisitos de qualidade das emissões de vapores que podem influenciar diretamente o processador externo A.

O processador P11, associado à função de compressão do lixo, representa um ponto importante no processo, pois passa a alimentar as linhas de água e de massa seca, a partir da retirada da fase líquida do lixo, estabelecendo as condições de eficiência do processo em cada fase. Por se tratar de equipamento de grande potência e alta eficiência, instalado como elemento de passagem de todo o fluxo do processo, de forma contínua, o processador possui o 5º. nível de complexidade, com autonomia de decisão a partir de análise de informações relativas ao processamento.

Os processadores P15, P16, P17 e P18, associados à função de comando do fluxo de água após o tratamento, formam um conjunto de grande capacidade informacional e decisional, operando a partir das informações próprias e dos processadores P14, P19, P26 e P27. A busca da continuidade dos fluxos, da estabilidade e do balanceamento das linhas, além da manutenção dos parâmetros estabelecidos como padrão para os diversos equipamentos, exige que P15 e P17 sejam de 6º. nível e que os processadores P16 e P18 sejam, no mínimo, de 5º. nível. A eficiência energética dos processadores P26 e P27 e, portanto, o rendimento final de geração de energia elétrica da instalação, depende diretamente da efetividade desse conjunto de processadores.

Os processadores P24, P25 e P26, associados ao fluxo da massa seca até sua combustão na caldeira, formam um conjunto que precisa buscar a maior eficiência na geração de vapor em P26 e manter as emissões de vapores e gases em P26 em conformidade com os padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores competentes e os aspectos percebidos pelo processador Ambiente. As formas autônomas de operação exigem que P24 seja, no mínimo, de 5º. nível, para garantir os resultados esperados na preparação da massa seca e que P25 e P26 sejam de 6º. nível, para uma operação interligada com o conjunto de processadores P15, P16, P17 e P18, buscando as

melhores condições da massa seca, como combustível, e da água, como fluido processado, para a geração do melhor vapor para o processador P27 seguinte.

Os processadores P27, P28 e P29, associados à geração da energia elétrica, formam um conjunto que precisa buscar a maior eficiência na geração de energia em P27, de energia elétrica em P28 e sua transformação em P29, mantendo conformidade com os padrões estabelecidos pelos órgãos reguladores competentes e contratados com o processador Cliente Externo. De sua interligação com o processador P17 e deste com P15, P16 e P18 resulta um balanceamento da linha de alimentação para o processador P26, que atua como retroalimentação de todo o conjunto. Essa forma de operar exige capacidade de decisão e memorização de parâmetros e condições de processo, o que corresponde ao 6º. nível dos processadores em questão.

Os processadores associados à função Separação (P4, P5, P6, P6.1, P7, P7.1, P8, P8.1 E P9) possuem o 5º. nível de complexidade, pelo fato de atuarem em processos de decisão que, no conjunto, representam forte necessidade de continuidade na cadeia de suprimento formada pelas etapas. Embora o encadeamento seja simples e seqüencial, sem conexões circulares de maior complexidade, a falha de uma das etapas redundará obrigatoriamente na parada imediata das demais, até que o problema seja resolvido e o conjunto volte a operar. A rapidez e a efetividade das decisões são extremamente importantes nessa fase. Os tempos de resolução de falhas locais devem ser mínimos e diretamente associados aos tempos (e capacidades) de retenção dos reservatórios estrategicamente posicionados ao longo das linhas de processamento (processadores P1, P12 e P14, de forma direta, e P19 e P24, de forma indireta), que conferem estabilidade e continuidade a todo o conjunto. O balanceamento das linhas é o principal resultado prático a ser obtido no dimensionamento e na operação dos equipamentos, pois a alimentação é contínua e a disponibilidade de tempo para recuperação de eventuais atrasos de produção é limitada.

Da abordagem acima e das características indicadas no Quadro 13, pode-se observar a existência de muitos processadores de 5º. nível (40,6% do total) e de 6º. nível (28,1% do total), completos, das categorias Operacional, Informacional e Decisional. Essa grande quantidade de processadores de alto nível de complexidade (68,75% do total) se justifica, em princípio, pela necessidade de processamento do fluxo de informação, que classifica muitos processadores acima

do 3º. nível de complexidade. A geração, o tratamento e a comunicação de informações entre os processadores permitem que um certo estado de vigilância constante possa ser mantido sobre as linhas de processamento e que respostas rápidas sejam possíveis no caso de desvios. A utilização de um *software* especializado para suporte e apoio à decisão poderia demonstrar desempenho adequado a esses requisitos.

Da mesma forma, observa-se a grande quantidade de processadores da categoria Informacional (84,38% do total), a mesma dos processadores da categoria Operacional. Considerando-se que a natureza da instalação é de processamento contínuo e que a categoria Operacional representa essa natureza, o fluxo de informação acaba tendo significativa importância nos processadores (84,38% do total), bem como o aspecto decisional (68,75% do total), devido à necessidade de um sistema de gestão efetivo.

Também aqui a adoção de um *software* especializado para suporte à decisão poderia facilitar o processamento das informações, desde sua coleta até sua comunicação, organizando-as de forma que os processadores de alta complexidade pudessem ser reduzidos a unidades do 4º. nível e que o sistema, de forma centralizada, tomasse as decisões adequadas e necessárias às condições do processo. Não é objetivo deste trabalho efetuar a análise de *softwares* de apoio à decisão, embora os recomende. A definição do produto que melhor atenda as necessidades da instalação deverá ocorrer após estudo e análise das necessidades e dos requisitos envolvidos no processo e das ferramentas disponíveis ou passíveis de desenvolvimento e seus respectivos custos.

Considerando-se a forte relação entre o estabelecimento dos altos níveis dos processadores principais e a conexão dos mesmos aos processadores externos CE ou A, de 9º. nível de complexidade, pode-se recomendar também que a tecnologia definida para a instalação garanta rapidez e precisão na coleta e na comunicação de informações de sensores *on line*, em tempo real, para que as decisões preventivas, corretivas ou emergenciais possam ser tomadas em tempo e forma adequados.

Após a realização das análises e considerações relativas aos processadores, com base nas especificidades e necessidades do processo em estudo, as alterações propostas para os processadores podem resultar nas características indicadas pelo Quadro 14, em que se verifica a redução do nível de complexidade da maioria dos processadores.

QUADRO 14. Características dos processadores após a racionalização

Processadores		Categoria			Tipo			Nível
		O	I	D	E	T	F	
P1	Alimentação	X			X	X		2
P2	Pesagem		X					4
P3	Abertura de sacos	X			X		X	3
P4	Primeira separação	X	X	X	X		X	4
P5	Segunda separação	X	X	X	X		X	4
P6	Terceira separação	X	X	X	X		X	4
P6.1	Jet Spray	X	X	X	X		X	4
P7	Quarta separação	X	X	X	X		X	4
P7.1	Jet Spray	X	X	X	X		X	4
P8	Quinta separação	X	X	X	X		X	4
P8.1	Jet Spray	X	X	X	X		X	4
P9	Sexta separação	X	X	X	X		X	4
P10	Redução dimensional	X			X		X	3
P11	Compressão	X	X	X	X		X	4
P12	Reservatório		X			X		4
P13	Tratamento de água	X	X	X	X		X	4
P14	Reservatório		X			X		4
P15	Regulação	X	X	X	X	X		4
P16	Resfriamento	X	X	X	X		X	4
P17	Regulação	X	X	X	X	X		4
P18	Dosagem	X	X	X	X	X		4
P19	Reservatório		X			X		4
P20	Secagem	X	X	X	X		X	4
P21	Redução dimensional	X			X		X	3
P22	Redução dimensional	X			X		X	3
P23	Pesagem		X					4
P24	Preparação	X	X	X	X	X	X	4
P25	Dosagem	X	X	X	X	X		4
P26	Caldeira	X	X	X	X	X	X	4
P27	Turbina	X	X	X	X	X	X	4
P28	Gerador	X	X	X	X	X	X	4
P29	Transformador	X	X	X			X	4

Após essa análise pode-se destacar, a respeito do uso da sistemografia:

A utilização da sistemografia facilita a análise de sistemas complexos, permitindo identificar o nível de relacionamento, os níveis de complexidade (de 01 a 09) e o tipo do processador (Espaço, Tempo ou Forma), suas conexões e objetivos dentro do sistema.

A sistemografia permite identificar incoerências, incompletudes e redundâncias do sistema analisado, possibilitando o replanejamento do mesmo e as correções necessárias.

A elaboração do quadro com as principais características dos processadores permite, de forma rápida e objetiva, uma análise comparativa e a identificação dos pontos de restrição do sistema, possibilitando apresentar propostas que levem a sua racionalização, agilização e flexibilização.

A metodologia introduz, na análise do sistema, o conceito de complexidade a partir da classificação dos processadores em níveis e permite a identificação dos mesmos de forma clara.

Antes de sua automação / informatização, os processos devem ser analisados quanto ao fluxo de matéria, energia e informação, sendo a técnica da sistemografia bastante importante na realização dessa análise.

No processo em estudo, a utilização da sistemografia permitiu identificar a forte concentração de processadores de maior nível em alguns subsistemas, associados a processos específicos que, por sua vez, estavam relacionados a processadores externos de nível superior. Essa constatação permitiu também a proposta de adoção de um *software* especializado para facilitar o processamento das informações, desde sua coleta até sua comunicação, organizando-as de forma que a complexidade dos processadores pudesse ser reduzida e que o sistema, de forma centralizada, pudesse tomar as decisões adequadas e necessárias às condições do processo, utilizando tecnologia definida de forma a garantir precisão e rapidez para o fluxo de informação com os sensores em tempo real.

5.3 Recomendações

Nos capítulos anteriores foram apresentados e discutidos os aspectos relativos ao problema da existência do lixo e suas conseqüências, aos processos historicamente adotados para seu processamento e suas razões de insucesso parcial ou total, ao processo sugerido pela Empresa e objeto desse estudo, aos aspectos da qualidade como QS, TQM, TQEM, SGA, ISO 9000 e ISO 14000, e a um conjunto de recomendações de especialistas referentes a projeto e processo sob a ótica da gestão de processos, devidamente selecionado para o processo em questão.

Foi destacada também a condição de operação da empresa, como organização privada e independente, sem subsídios governamentais, dependente única e exclusivamente de seus próprios resultados operacionais e financeiros para garantir sua continuidade no mercado. A principal característica da empresa em estudo é o processamento contínuo de lixo doméstico fresco, a partir do material fornecido após coleta regular.

O objetivo deste estudo é apresentar um conjunto de recomendações que possa ser aplicado na formulação de uma proposta de um modelo para a qualidade, gerando vantagens competitivas a partir de melhoria contínua dos níveis de qualidade e produtividade dos processos. Devido à grande abrangência do assunto, é necessário reconhecer que o conjunto apresentado não pretende ser completo, pois sua própria formatação e a de seus integrantes pode sofrer alterações ao longo do tempo e pela dinâmica dos negócios.

Para uma empresa dessa natureza que pretenda se instalar e operar de forma legal, moral e ética no Brasil, esse conjunto pode ser composto dos seguintes itens, sem considerar qualquer tipo de hierarquia em termos de importância ou de tempo envolvido em suas implementações:

1. Conceituação ambiental da empresa

Levando em consideração sua natureza, a matéria-prima processada, os produtos de saída, os processos envolvidos e sua relação com o meio ambiente e com a comunidade vizinha, a

empresa deve ser claramente conceituada como ambiental (capítulo 2, p. 30) e assumida como tal para todos os efeitos posteriores.

2. Solicitação de licenciamento ambiental

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos exigidos para a implantação de quaisquer atividades empresariais. Trata-se de um instrumento prévio de controle ambiental, para o exercício legal de atividades modificadoras do meio ambiente, constantes nas resoluções CONAMA 001/86, 011/86, 006/87, 006/88, 009/90 e 010/90, entre outras. As licenças são fornecidas pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMA) ou pelo IBAMA, em caráter supletivo ou para aquelas atividades que, por lei, são de competência federal.

A empresa deve solicitar o licenciamento ambiental antes de quaisquer providências para alocação do empreendimento e com suficiente antecedência.

3. Enquadramento na legislação vigente

Considerando a legislação em vigor no país e, como exemplo regional, a do Estado de São Paulo, a empresa pode ser enquadrada em diversos itens para os quais deverá demonstrar soluções organizacionais e técnicas adequadas, cumprindo todas as formalidades necessárias aos processos de concessão do licenciamento ambiental e liberação do empreendimento, através das licenças prévia, de instalação e de operação ou, no caso de convênio específico com o município onde a planta estará localizada, através de licença municipalizada (capítulo 2, p. 17).

4. Atendimento aos parâmetros de desempenho

Considerando que a análise dos órgãos competentes abrange também os resultados dos processos envolvidos nas saídas dos produtos finais ou efluentes, a empresa deve declarar de forma clara e explícita os valores esperados para seu desempenho em cada caso, demonstrando o atendimento aos parâmetros de desempenho especificados através de legislação específica e normas para ar, água e solo como, por exemplo:

- Normas ABNT relacionadas com aspectos de avaliação da poluição ambiental.
- Padrões legais vigentes para qualidade do ar (decreto estadual 8468/76 e lei federal CONAMA 20).
- Código de Água (decreto federal no. 24.642, de 10 de julho de 1934. Adicionalmente, leis federais, decretos federais, resoluções do CONAMA, leis estaduais, decretos estaduais e legislação federal complementar).
- Padrões legais vigentes para efluentes líquidos (lei estadual decreto 8468/7, artigos 18 e 19A, resolução CONAMA 20, artigo 21).
- Padrões legais vigentes para classes e qualidade de águas (resolução CONAMA no. 20).

5. Avaliação de impacto ambiental

Para que sejam cumpridas as exigências relativas ao eventual impacto ambiental de operação da planta, a empresa deverá elaborar cuidadosamente, com base nos processos e nos parâmetros de desempenho declarados, seus estudos ambientais de empreendimentos potencialmente impactantes, contendo o EIA – Estudo de Impacto Ambiental – e o RIMA – Relatório de Impacto Ambiental. É de fundamental importância a consideração das Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 237/97 e 1/86, de 23 de janeiro de 1986, com destaque para os artigos 1 e 2 (capítulo 2, p. 21).

A empresa também deve estar muito bem preparada para outros aspectos de natureza menos tecnológica, que envolverão fortes competências em outras áreas, para atender a divulgações em jornal de grande circulação e jornal de circulação local, audiências públicas, documentações específicas, pareceres técnicos e plano de trabalho específico para o empreendimento, conforme Resolução SMA 42/94, para os procedimentos para licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental (capítulo 2, p. 23).

6. Proteção de recursos naturais e uso de solos metropolitanos

A busca de redução de custos através da escala também pode se manifestar para uma empresa dessa natureza, levando-a a se instalar nas capitais, como solução para os inúmeros

problemas de lixo existentes nos grandes centros. Dois fatores agravantes ocorrem nessas cidades: a congregação de inúmeras políticas públicas e serviços sob o conceito metropolitano e a dificuldade de proteção aos recursos naturais existentes. As formalidades relativas à proteção de recursos naturais são aplicáveis também fora dos perímetros metropolitanos. Nesse caso, a empresa deve estar preparada para demonstrar em que extensão o empreendimento implicará em supressão de vegetação nativa, intervenção em áreas de preservação permanente, necessidade de compensação ambiental ou reposição florestal obrigatória, além de proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais envolvidos (capítulo 2, p. 23).

7. Adoção de um sistema de gestão da qualidade

Segundo Deming (1990), a grande maioria dos problemas que ocorre nas empresas é causada pelas gerências e somente elas podem corrigí-la. A qualidade boa ou pobre de um produto ou serviço não é o resultado provocado pelas pessoas que fazem o produto ou serviço e, sim, é o resultado do sistema dentro do qual elas trabalham. É por essa razão que as Normas ISO da Qualidade estão voltadas para o sistema, ao invés de produto ou serviço (capítulo 4, p. 117).

Recomenda-se a adoção de um sistema de gestão da qualidade com base no Sistema ISO 9000:2000, cuja proposta é direcionar as empresas para a gestão por processos. Para que a empresa identifique as melhorias que geram a criação de valor aos clientes, é preciso que certos processos estejam identificados e medidos além dos que produzem as melhorias da qualidade interna. A empresa deve elaborar o seu sistema de gestão construindo a capacidade para que as informações apropriadas sejam disponibilizadas e os indicadores dos processos sejam orientados para a criação de valor ao cliente (capítulo 4, p. 117).

A empresa deve instituir, documentar, implementar, manter e melhorar continuamente a eficácia de seu sistema de gestão da qualidade. A ISO 9000 especifica em termos amplos os componentes necessários a um Sistema de Gestão da Qualidade e isso difere de outros sistemas da qualidade, que estão preocupados unicamente com o produto ou serviço e não com a forma com que as empresas atingem esta qualidade. A empresa deverá desenvolver o sistema que

investigue os processos para defini-los e refiná-los, de modo a criar a qualidade do produto ou serviço (capítulo 4, p. 117).

A ISO 9001:2000 incentiva a abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente. Para isso, deve identificar e gerir numerosas atividades interligadas, formando um processo, em que se possibilita a transformação de entradas em saídas e a saída de um processo pode ser a entrada para o próximo (capítulo 4, p. 1119).

A empresa deve atender os requisitos básicos indicados no Quadro 15, em termos documentais e de sistema, como forma de obter resultados consistentes e constantes:

QUADRO 15. ISO 9000 – Requisitos documentais e de sistema

Item	Documental	Sistema
1	Declaração da política e dos objetivos da qualidade	Sistema de gestão da qualidade
2	Manual da qualidade	Responsabilidade da administração
3	Procedimentos	Gestão de recursos
4	Instruções de trabalho	Realização do produto
5	Registros da qualidade	Medição, análise e melhoria

Fonte: ABNT

O processo de integração da ISO 9000 com a ISO 14000 pode minimizar o impacto para a certificação no que se refere a controle de documentos, tempo necessário para revisão e emissão de documentos e quanto aos custos da auditoria externa. A integração de ambos os sistemas resulta em um gerenciamento da organização mais robusto e mais abrangente (capítulo 4, p. 123).

Apesar de a ISO 9000 ser uma série de normas para o sistema de gerenciamento da qualidade, cuja aplicação é voluntária, ela se tornou uma condição para a entrada no mercado internacional. Alguns países a utilizam como requisito de negociação e os requisitos de não agressão ambiental já fazem parte de pautas de negociação internacional. Identificar os processos que direcionam a empresa para a criação de valor ao cliente e construir no sistema os indicadores é um processo-chave para se assegurar uma vantagem competitiva no mercado (capítulo 4, p. 120), levando a:

- Abertura de novos mercados.
- Maior conformidade e atendimento às exigências dos clientes.
- Menores custos de avaliação e controle.
- Melhor uso de recursos existentes.
- Aumento da lucratividade.
- Maior integração entre os setores da empresa.
- Melhores condições para acompanhar e controlar os processos.
- Diminuição dos custos de remanufatura.

8. Adoção de um sistema de gestão ambiental

A simples compreensão da inter-relação empresa-meio ambiente-sociedade não é suficiente para tornar uma empresa ambientalmente responsável. As decisões e ações empresariais precisam integrar a busca da qualidade ambiental às atividades de rotina da empresa, passando a tratar as questões ambientais por meio de um sistema organizado.

A empresa deve se organizar em torno de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para coordenar seus esforços ambientais, a fim de conseguir a minimização de impactos sobre o meio ambiente decorrentes de suas atividades (capítulo 4, p. 143).

O Sistema de Gestão Ambiental consiste em um conjunto de atividades planejadas, formalmente, que a empresa realiza para gerir ou administrar sua relação com o meio ambiente. É a forma pela qual a empresa se mobiliza, interna e externamente, para atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, controlando os impactos de suas atividades, produtos e serviços no meio ambiente (capítulo 4, p. 122).

Um SGA requer a avaliação dos impactos ambientais provocados pelo processo produtivo da empresa e a definição e implementação de estratégias e ações para a eliminação ou redução destes impactos, elevando a qualidade ambiental da empresa, ao mesmo tempo em que são buscadas a maior eficiência do processo, com redução de custos, e a melhoria da imagem da empresa junto aos interessados (capítulo 4, p. 142).

Para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, em primeiro lugar a empresa deve realizar uma *AVALIAÇÃO AMBIENTAL* para responder a seguinte pergunta, referente à sua relação com o meio ambiente: *ONDE ESTAMOS?* Na avaliação ambiental, deve-se comparar o desempenho ambiental da empresa com padrões, normas, códigos e princípios externos, estabelecidos pelas legislações ambientais de âmbito federal, estadual e municipal. Um fator importante em um SGA é a legislação ambiental, pois para a empresa receber certificação, além de implantar um SGA, é necessário o atendimento das exigências contidas na legislação ambiental em vigor, à qual a empresa deve se adequar (capítulo 4, p. 131).

A empresa deve adotar cinco princípios na implantação de um SGA (capítulo 4, p. 128):

1 - Compromisso e Política: definir sua política ambiental e assegurar compromisso para seu Sistema de Gestão Ambiental.

2 – Planejamento: formular um plano para cumprir sua política ambiental, com a identificação de aspectos ambientais e de impactos associados, o estabelecimento de objetivos ambientais e o desenvolvimento do programa de Gestão Ambiental associado aos planos de ação.

3 – Implementação: desenvolver capacidades e mecanismos de apoio necessários para alcançar a sua política e seus objetivos ambientais.

4 - Medida e Avaliação: medir, monitorar e avaliar o seu desempenho ambiental.

5 - Análise e Melhoria: analisar, numa base contínua, o seu Sistema de Gestão Ambiental, com o objetivo de melhorar o seu desempenho global.

As vantagens e os benefícios obtidos pelas empresas que adotam um Sistema de Gestão Ambiental podem ser resumidos em (capítulo 4, p. 137):

- Econômicos
- Estratégicos
- Enfoque sistêmico

9. Certificação do sistema de gestão ambiental

Enquanto o sistema da qualidade está relacionado com o que a empresa faz para assegurar que seus produtos e serviços satisfaçam as exigências de qualidade dos consumidores, o sistema de gestão ambiental o complementa, direcionando-se para o enfoque externo da empresa, estabelecendo padrões de desempenho que permitam minimizar os efeitos adversos que sua atividade venha a ter no ambiente. Considerando a utilização da ISO 9000:2000 como base do sistema de qualidade, recomenda-se que a empresa adote a ISO 14000 como base do sistema de gestão ambiental (capítulo 4.2, p. 114).

A ISO 14000 é um sistema desenvolvido para ajudar as empresas a protegerem o meio ambiente, reduzirem seus custos de operação, eliminarem riscos de violação da já extensa legislação ambiental e adquirirem vantagens no mercado. Baseada no ideal de aperfeiçoamento constante, a ISO 14000 exige que as empresas criem um Sistema de Gestão Ambiental que constantemente avalie e reduza o dano provocado potencialmente ao meio ambiente pelas atividades da empresa. Isto pode incluir a definição de matérias primas, todos os processos de fabricação e/ou serviços, o uso dos produtos e o descarte dos mesmos (capítulo 4.2, p. 114).

A norma ISO 14000 pode ser implantada como um sistema independente ou um sistema integrado à ISO 9000 e recomenda-se que a empresa utilize sistema único pois os sistemas de gestão desenvolvidos para aplicar cada uma das normas partilham princípios comuns e, do ponto de vista de produtividade, a empresa terá seu trabalho muito facilitado. Dessa forma, a empresa que já trabalha com a ISO 9000:2000 terá a implantação da ISO 14000 como uma ampliação de seu sistema de gestão à área ambiental (capítulo 4.2, p. 114).

Quanto à certificação, recomenda-se a conformidade com a ISO 14001, que abrange todo o sistema de gestão ambiental e requer que a organização defina uma política ambiental e estabeleça objetivos que levem em conta a legislação existente e os impactos ambientais relevantes, além de implementar um processo cíclico através do qual a entidade revê e avalia periodicamente sua atividade em termos de impacto ambiental, e agir para: (capítulo 4.2, p. 115)

- Estabelecer uma política ambiental adequada à sua realidade;
- Identificar os aspectos ambientais significativos, os requisitos legais relevantes e as prioridades, para estabelecer objetivos ambientais adequados;
- Estabelecer uma estrutura e um programa para implementar a política ambiental e atingir os objetivos definidos;
- Facilitar o planejamento, o controle, as ações preventivas e corretivas e as atividades de auditoria e revisão, para assegurar que a política ambiental é cumprida e adequada;
- Ter capacidade para se adaptar à mudança que o mercado exige

Sendo certificada em conformidade com a ISO 14001, é de interesse da empresa garantir a continuidade da certificação, que passa por auditorias anuais de acompanhamento e auditorias de renovação a cada três anos. Para isso, deve garantir a conformidade com certos padrões de gestão dos sistemas ambientais, otimizando seus processos, reduzindo os custos de desperdício, de distribuição, de consumo de energia e materiais, enquanto melhora sua imagem junto à comunidade, clientes, fornecedores, investidores e entidades reguladoras (capítulo 4.2, p. 110).

Recomenda-se o uso da ISO 14000 para a identificação e a obtenção de tantos benefícios quanto possíveis em função das características da organização, desenvolvendo atividades condizentes com essa condição. A certificação para a qualidade ambiental reflete as ações que podem ser desenvolvidas na empresa para aliar proteção ambiental com lucratividade, resultando em benefícios diretos (capítulo 4.2, p. 115):

- ganhos indiretos (redução de perdas)
- aumento dos lucros (redução de custos)
- ganhos operacionais (processo decisório mais eficiente)
- cumprimento da regulamentação (eliminação de custos e formação de imagem externa)
- efeitos sociais (redução da poluição)

10. Adotar os princípios da Gestão da Qualidade Total

Ressalta-se que as normas ISO 14000 e as relativas à ISO 9000 não são padrões de produto. O padrão de manejo do sistema nessas famílias de normas estabelece requerimentos para direcionar a organização para o que ela deva fazer para manejar processos que influenciam o impacto das atividades da organização no meio ambiente (ISO 14000) ou processos que influenciam a qualidade (ISO 9000). A obtenção de um certificado ISO 14001 ou ISO 9001 não é uma garantia de competitividade em si. Para manter ou elevar sua competitividade, a empresa necessita buscar continuamente novas formas de realizar e gerir a problemática ambiental, utilizando-se dos instrumentos disponíveis para isso, como o TQM. (capítulo 4, p. 113).

TQM - Total Quality Management, ou Gestão da Qualidade Total, é um conjunto de princípios, políticas, métodos e ferramentas que propiciam um incremento de produtividade e competitividade de uma organização. O TQM é um sistema gerencial que parte do *market-in* - reconhecimento das necessidades das partes interessadas e estabelece padrões para o atendimento dessas necessidades. O TQM não só visa manter os padrões que atendem a estas necessidades, mas também visa melhorar continuamente estes padrões a partir de uma visão estratégica (capítulo 4, p. 123).

Para obter as vantagens e benefícios que o TQM pode proporcionar, a empresa deve considerá-lo como um sistema efetivo para integrar esforços relativos ao desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade a todos os grupos da organização, de forma a habilitar áreas essenciais da empresa a desenvolverem suas atividades a um nível mais econômico possível, com a finalidade primeira de atender, plenamente, às necessidades do consumidor (capítulo 4, p. 123).

A empresa deve adotar os seguintes princípios do TQM (capítulo 4, p. 123):

- *Foco no cliente*
- *Comprometimento da alta administração e mudança da cultura da empresa*
- *Fatos e dados para a tomada de decisão*
- *Melhoria contínua*
- *Envolvimento de fornecedores*
- *Gerenciamento das pessoas*

Por meio do TQM, a empresa deve criar uma ação estratégica da qualidade, que envolve o desdobramento dos objetivos gerais da companhia para incluir qualidade; a definição clara de responsabilidades pela qualidade em vários níveis; a criação de recursos exclusivos para qualidade e, em resumo, o posicionamento do esforço pela qualidade entre as grandes metas da empresa (capítulo 4, p. 126).

11. Considerar os aspectos ambientais em TQM

A globalização está trazendo às organizações exigências cada vez maiores sobre a qualidade dos produtos e dos processos, inclusive na questão ambiental. Torna-se mais forte a noção de ética da qualidade. Tomando o meio ambiente como um cliente e uma redefinição de limites nas necessidades dos clientes para incluir produtos manufaturados ambientalmente saudáveis, com processos ambientalmente saudáveis, o TQM tem o potencial de prover soluções sustentáveis que são "corretas" com o meio ambiente (capítulo 4, p. 127).

Para buscar e manter vantagens competitivas a partir de seu enfoque ambiental TQEM, a empresa deve assumir suas atividades de *Fase Pró-Ativa*, cuja estratégia é a incorporação dos princípios do desenvolvimento sustentável e da Agenda 21 em suas decisões administrativas e gerenciais. As empresas ambientalmente mais avançadas situam-se neste grupo e, além de provocarem reduções dos seus custos ambientais, promovem uma boa imagem pública, participação em decisões governamentais e novas oportunidades de mercado (capítulo 4, p. 144).

Um fator de crescente importância que a empresa deve considerar é que os vários Sistemas de Gestão Ambiental têm em comum um forte componente ético – um compromisso com gerações presentes e futuras na preservação de um meio ambiente saudável. Os princípios explícitos num SGA e o comprometimento da empresa em seguir esses princípios são mais importantes do que os instrumentos usados para alcançá-los (capítulo 4, p. 145). Os problemas ecológicos do mundo não podem ser entendidos isoladamente. São problemas sistêmicos, interligados e interdependentes, e sua compreensão e solução requerem um novo tipo de pensamento sistêmico, ou ecológico.

Outro fator importante a ser considerado pela empresa é a adoção voluntária dos princípios do TQEM, antes que seja pressionada a fazê-lo ou tenha suas atividades interrompidas. Devido à sua natureza e modo de operação, as pressões potenciais mais prováveis sobre a empresa seriam (capítulo 4, p. 153):

- *Observância da lei;*
- *Multas e custos punitivos;*
- *Culpabilidade pessoal e prisão;*
- *Organizações ativistas ambientais;*
- *Cidadania despertada;*
- *Sociedades, coalizões e associações;*
- *Códigos internacionais de desempenho ambiental;*
- *Investidores ambientalmente conscientes;*
- *Preferência do consumidor;*
- *Concorrência;*
- *Outras pressões, como a avaliação dos verdadeiros custos da degradação ambiental associados à operação da empresa e organizações com bom histórico ambiental.*

O enlace entre Gestão da Qualidade Total (TQM) e Gestão Ambiental da Qualidade Total (TQEM) é um agente para mudança cultural da organização, um veículo através do qual as empresas aprendem a se tornar mais sensíveis aos consumidores e às suas necessidades, avaliando o próprio sucesso nestes novos termos. A ampliação do conceito de TQM para TQEM requer o acréscimo dos seguintes pontos (capítulo 4, p. 150):

- definição de políticas que estejam comprometidas com a melhoria do desempenho ambiental;
- integração dos planos ambientais à rotina operacional;
- medidas de desempenho e auditorias ambientais;
- treinamento direcionado para a compreensão dos problemas ambientais;
- foco da preocupação ambiental em produção e segurança.

A empresa deve assumir que um sistema de gestão da qualidade com destaque ao controle da qualidade ambiental é fundamental para que se alcancem os objetivos de desempenho sustentável e passe cada vez mais a representar uma condição irrefutável de competitividade (capítulo 4, p. 156).

12. Adotar forte e consistente política de Recursos Humanos

A empresa deve compreender a importância do fator humano em suas operações, seu desempenho e seu sucesso, adotando uma forte e consistente política de Recursos Humanos. Embora prevista como parte de ISO 9000, ISO 14000, SGA, TQM e TQEM, o enfoque da empresa deve transcender as expectativas dos sistemas e se firmar como um aspecto estratégico de grande porte, com total apoio da alta administração.

Intensamente pregados pelos autores de TQM, treinamento, conscientização, competências e comunicação devem ser elementos de alta prioridade na empresa, para que todas as pessoas sejam treinadas sobre a importância e operação do SGA, suas responsabilidades, sobre os impactos ambientais que suas tarefas podem causar e como agir em situações de emergência, evitando prejuízos ao meio ambiente (capítulo 4, p. 133).

Sob o mesmo enfoque, a empresa deve realizar auditorias internas periódicas, para verificar se o que foi planejado e implementado está de acordo com os requisitos fixados e se realmente está sendo cumprido. Os resultados das auditorias ambientais são informações importantes para que a administração da empresa possa realizar a análise crítica do SGA (capítulo 4, p. 134).

Segundo Oliveira (2004, p. 87):

Para que o sucesso dos Programas de Qualidade tenha retorno consolidado, beneficiando capital e trabalho, a política organizacional deverá enfatizar:

- um ambiente de trabalho em que prevaleça um clima positivo e sincero entre a coordenação e os subordinados;
- a disposição de respeitar o direito de cada um, nas relações funcionais;

- o comprometimento da direção da empresa com a qualidade, que não se limite ao mero discurso organizacional;
- a possibilidade de o trabalhador ter satisfação no trabalho, promovendo seu envolvimento e sua participação ativa.

13. Adotar controles operacionais e melhoria contínua

Para que a empresa alcance seus objetivos estratégicos através de seus resultados táticos, é fundamental que os processos sejam mantidos sob controle, por meio da supervisão periódica de seus parâmetros operacionais.

A empresa deve elaborar e manter atualizada uma base de dados referente a todos os seus processos, que servirá de referência para todos os controles a serem efetuados na planta, segundo os passos (capítulo 4, p. 132):

- identificar os aspectos ambientais e impactos associados;
- identificar os requisitos legais corporativos;
- estabelecer indicadores internos de desempenho ambiental;
- estabelecer objetivos e metas alinhados com o compromisso ambiental;
- elaborar planos e programas de gestão para o cumprimento dos objetivos e metas estabelecidos.

Para garantir completa identificação dos aspectos ambientais, a empresa deve levar em conta todas as atividades e tarefas do processo produtivo, incluindo todas as entradas e saídas do processo produtivo e os aspectos ambientais associados às atividades:

- emissões atmosféricas;
- efluentes líquidos;
- resíduos;
- contaminação do solo;
- impacto nas comunidades;
- uso de matéria-prima e de recursos naturais;

- outras emissões ambientais.

A base para o gerenciamento da rotina dos processos poderá ser conforme os passos:

- definir as pessoas responsáveis pelos objetivos ambientais , que tenham a autoridade e os recursos necessários para a realização das suas atividades;
- treinar e orientar todas as pessoas com atividades na planta sobre a importância e a operação do SGA, suas responsabilidades e que especialmente as pessoas que executam tarefas com potenciais impactos ambientais sejam treinadas sobre os impactos ambientais que suas tarefas podem causar e como agir em situações de emergências, evitando prejuízos ao meio ambiente;
- assegurar que a comunicação em ambos os sentidos seja clara e efetiva;
- documentar todas as informações referentes ao SGA;
- garantir que os documentos sejam elaborados, aprovados e alterados por pessoas com conhecimento e autoridade, não podendo existir documentos desatualizados na empresa e todas as pessoas devam ter acesso aos documentos necessários para a execução de suas tarefas;
- assegurar que todas as atividades, operações e processos que possam causar impactos ambientais, estejam identificados junto com os parâmetros (valores) aceitáveis de trabalho, devendo ser constantemente controlados, ou seja, supervisionados;
- garantir que todas as ações para atender a acidentes e emergências, com impactos no meio ambiente já estejam planejadas, padronizadas e documentadas em procedimentos;
- a empresa deve monitorar e medir, com instrumentos calibrados, todas as características das operações e atividades que possam causar impactos ambientais, sendo as medições sempre registradas e constantemente comparadas com os parâmetros da legislação ambiental;
- no caso de ocorrência de não conformidade e necessidade de ações corretivas e preventivas, sempre que se identificarem problemas em atividades que possam causar impactos ambientais, deve-se:
 - adotar medidas para amenizar qualquer prejuízo ao meio ambiente;

- tomar ações corretivas para eliminar as causas do problema;
 - ações preventivas para evitar que o mesmo problema se repita.
- periodicamente, a empresa deve realizar auditorias internas do SGA para verificar se o que foi planejado e implementado está de acordo com os requisitos estabelecidos e se realmente está sendo cumprido. Os resultados das auditorias ambientais são informações importantes, para que a administração da empresa possa realizar a análise crítica do SGA, fechando o ciclo para a melhoria contínua (ciclo PDCA).

14. Adotar recomendações práticas

Como apontam Seider (1999) e Woods (1995), todo projeto tem início a partir de um problema primário, básico, que deve ser resolvido. Para o desenvolvimento do projeto, uma série de medidas é tomada pela equipe, inclusive a formação de um banco de dados técnicos que possa auxiliar nas diversas etapas intermediárias de cálculos e decisões. Faz parte desse banco de dados um repositório de informações práticas e já consagradas a respeito de processos / produtos similares, que possa servir como referência em diversas etapas, principalmente nos difíceis momentos de decisão, reduzindo a margem de erros e aumentando a precisão dos enfoques.

Isso é válido também para o processo e a empresa objetos desse estudo, considerando a extensão dos processos e a diversidade de equipamentos envolvida, além dos efeitos potenciais junto ao meio ambiente e à comunidade vizinha.

A empresa deveria consultar, avaliar e utilizar as informações contidas no capítulo 4, a partir da página 165, segundo suas necessidades mais latentes e suas prioridades mais definidas. O conjunto de recomendações serve como base para reflexões desde a fase de projeto até o aspecto operacional, incluindo algumas considerações efetivas sobre o relacionamento com as comunidades vizinhas à planta.

15. Adotar planos de contingência

Devido à natureza da empresa e sua operação, muita atenção deve ser dada a situações em que os parâmetros reais do processo estejam em desacordo com os parâmetros de controle estabelecidos, configurando uma situação de contingência, gerada por desvios, acidentes ou estados emergenciais. A empresa deve adotar planos de contingência, para eliminar, minimizar ou reduzir tanto quanto possível os impactos ambientais decorrentes dessas situações. A ocorrência de impactos também pode ser abordada sob o enfoque preventivo, dentro das providências e organização operacionais, iniciando por (capítulo 4, p. 133):

- definição das pessoas responsáveis pelos objetivos ambientais, que tenham a autoridade e os recursos necessários para a realização das suas atividades;
- treinar e orientar todas as pessoas que executam tarefas que podem criar impactos ambientais sobre a importância e operação do SGA, sobre os potenciais impactos ambientais de suas tarefas e como agir em situações de emergências, evitando prejuízos ao meio ambiente;
- assegurar que a comunicação em ambos os sentidos seja clara e efetiva;
- documentar todas as informações referentes ao SGA;
- garantir que todos os documentos essenciais a planos de contingência sejam elaborados, aprovados e alterados por pessoas com conhecimento e autoridade, não podendo existir documentos desatualizados na empresa, e que todos estejam identificados junto com os parâmetros (valores) aceitáveis de trabalho, devendo ser constantemente controlados, ou seja, supervisionados;
- assegurar que todas as ações para atender a acidentes e emergências, com impactos no meio ambiente, já estejam planejadas, padronizadas e documentadas em procedimentos;
- adotar medidas para amenizar qualquer prejuízo ao meio ambiente;
- tomar ações corretivas para eliminar as causas do problema;
- implementar ações preventivas para evitar que o mesmo problema se repita.

A empresa deverá elaborar e manter uma estrutura interna para atendimento a situações de contingência, com a aplicação dos respectivos planos, de acordo com os órgãos competentes locais, a legislação vigente e as associações representativas da comunidade local.

Capítulo 6 Conclusões e propostas de novos trabalhos

6.1 Conclusões

De forma resumida, pode-se apresentar as conclusões e observações desenvolvidas ao longo do trabalho como segue:

No primeiro capítulo - **Considerações Iniciais** – são apresentadas as observações iniciais:

1. O novo ambiente de negócios requer das organizações um modelo de gestão que confira eficácia e alta eficiência a suas operações. Isso inclui as empresas ambientais.

2. As empresas ambientais devem buscar constantemente e intensivamente a melhoria da qualidade e o controle de todos os seus processos e seus desempenhos, para que suas atividades sejam auto-sustentáveis e para que os resultados dessas atividades tenham importância econômica.

3. A partir da Revolução Industrial, as fábricas começaram a produzir objetos de consumo em larga escala e a introduzir novas embalagens no mercado, aumentando consideravelmente o volume e a diversidade de resíduos gerados nas áreas urbanas. Ao mesmo tempo, o crescimento acelerado das metrópoles fez com que as áreas disponíveis para dispor o lixo se tornassem escassas. A sujeira acumulada no ambiente aumentou a poluição do solo, das águas e piorou as condições de saúde das populações em todo o mundo, especialmente nas regiões menos desenvolvidas.

4. Neste estudo, lixo domiciliar ou lixo doméstico fresco será entendido como todo material, sem bagulho ou entulho, ao qual seu proprietário ou possuidor não mais atribui valor e dele deseja se descartar, atribuindo ao poder público a responsabilidade e os direitos pela sua disposição final. Esse lixo não terá origem industrial ou de obras civis.

5. A empresa ambiental adotada como base para este estudo de processo caracteriza-se pela introdução de nova tecnologia de processos na área industrial nacional, no que se refere ao processamento de lixo doméstico fresco, ou seja, lixo doméstico sem entulho, executado a frio

6. O Brasil já deveria considerar a implantação de termelétricas a gás e lixo e, desta forma, buscar o equacionamento simultâneo do tratamento ambientalmente correto do lixo, para atender as exigências do meio ambiente, e dos problemas de energia. O aumento progressivo e implacável dos depósitos de lixo em todo o país e as medidas drásticas de racionamento de energia impostas em 2001, conhecidas como “apagão”, são exemplos de vivência desse fato em escala nacional.

7. O estudo bibliográfico compreendeu pesquisas em bibliografia básica, publicações, teses em bibliotecas, bancos de dados e sites de internet. É importante destacar que, na literatura pesquisada, não foram encontradas aplicações de sistemas da Qualidade em empresas ambientais, especialmente do ramo de processamento de lixo.

No segundo capítulo – **Características da empresa ambiental** – são apresentadas as seguintes observações e conclusões, baseadas em estudo de enquadramento da empresa na legislação vigente, em estudo dos processos tentados para o tratamento do lixo e nos desenvolvimentos técnicos e ambientais de processos:

1. As esferas de poder público, através dos Departamentos de Limpeza Urbana têm, como principal função, gerenciar os resíduos sólidos que compreendem coleta, tratamento e destinação final como, por exemplo, o lixo doméstico fresco.

2. Considerando a natureza de seu insumo principal (lixo doméstico fresco), sua finalidade (processamento do lixo e transformação de seus componentes ou seu encaminhamento para destinação final) e os possíveis enquadramentos para fins de licenciamento ambiental, constata-se que o empreendimento tem todas as suas atividades relacionadas ao meio ambiente e pode, portanto, ser considerado como uma empresa do setor ambiental.

3. O aumento descontrolado do consumo pelo Homem, em geral, tem provocado a geração de volumes progressivamente crescentes de lixo de todos os tipos, causando desequilíbrios, problemas associados à saúde pública, danos ambientais e degradação de recursos naturais.

4. Esgotadas as alternativas já conhecidas e experimentadas, sem que o problema pudesse ser resolvido de forma satisfatória, o Homem está se conscientizando da necessidade de efetuar o processamento do lixo, ou seja, adotar processos que permitam destinações e aproveitamentos diferenciados de seus diferentes componentes:

- separar os componentes do lixo segundo sua natureza e sua destinação,
- efetuar o processamento do lixo sem provocar implicações ambientais,
- minimizar o consumo de recursos naturais aplicados no processo, e
- otimizar a possibilidade de reciclagem dos materiais obtidos no processo.

5. Existem evidências de que a prática dos 4 Rs (Redução, Reutilização, Reciclagem e Recuperação) pode gerar economia para as empresas, por meio da redução dos custos de descarte e tratamento dos resíduos, de energia, de regulamentações, de matéria prima e de estoque de materiais e pela recuperação de receita através da venda de produtos reciclados/recicláveis.

6. Surgiram tecnologias avançadas de tratamento, como o uso do plasma térmico, para a produção de resíduos finais inertes, que podem ser reciclados ou dispostos sem problemas para o meio ambiente. Vários processos estão se sofisticando atualmente no pré-tratamento do lixo, anterior à incineração, para aumentar a sua homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico, de forma a transformá-lo em um combustível de qualidade para a máxima

geração de energia. Sofisticam-se também os processos de combustão, com o refinamento dos sistemas de turbilhonamento, secagem, ignição e controle da combustão.

O terceiro capítulo – **Processo industrial proposto para lixo** – apresenta observações e conclusões baseadas na análise técnica do processo proposto:

1. O processo básico proposto para este estudo considera o aproveitamento integral do lixo, em que é processado e tem, como subprodutos, os materiais recicláveis, a água e a massa sólida, para diferentes destinações.

2. As destinações imediatas a partir da usina de processamento de lixo são: o mercado, para os materiais recicláveis; a estação de tratamento de água, para a água separada, e a unidade de geração de energia elétrica, para a massa sólida

3. Todos os materiais separados são continuamente transportados para fora do setor de separação e recolhidos aos meios de transporte adequados (caçambas, caixas, gaiolas, etc.), segundo o critério da empresa recicladora em questão, e devidamente transportados para reciclagem.

4. A água retirada do lixo é conduzida à unidade de tratamento, que opera de forma hermética. Conforme a destinação pretendida, a água pode ser tratada para atingir os requisitos de pureza especificados pela legislação vigente e pelos órgãos de controle designados.

5. Na configuração adotada para o Brasil e para este estudo, optou-se por aproveitar a capacidade de geração de calor da massa seca do lixo para a geração de energia elétrica.

6. O projeto em estudo considera uma instalação que possa atender uma cidade ou grupo de cidades com cerca de 750.000 a 1.000.000 de habitantes, entrando em operação à capacidade nominal e permitindo progressiva expansão ao longo dos anos.

7. Segundo a composição do lixo bruto a ser processado, os resultados da instalação podem diferir bastante. É necessário definir qual o padrão médio de composição que pode representar da melhor maneira possível esse lixo a ser processado e isso pode ser feito através de análise prévia.

8. A instalação deve atender requisitos de controle ambientais, definidos pelos órgãos competentes segundo a legislação e os regulamentos aplicáveis. A não conformidade com esses requisitos pode resultar em multas e até mesmo na paralisação da unidade até que o problema seja resolvido de forma satisfatória. Dessa forma, os principais requisitos a serem atendidos pela empresa envolvem controles de processo e controles de emissões.

9. Os controles de processo dizem respeito aos controles definidos para as diversas etapas que exercem real influência no processo como um todo, buscando o melhor resultado do conjunto.

10. Os pontos críticos de controle ambiental estão concentrados em: tratamento da água (qualidade final da água), secagem da massa seca (qualidade final do ar - toxicidade de vapores/gases) e geração de energia elétrica (caldeira: qualidade das emissões da combustão - toxicidade).

11. O controle das emissões geradas pelo processo deve atender as especificações da regulamentação e da legislação ambiental do local de instalação. A coleta de dados e a emissão de relatórios deve ocorrer garantindo que providências possam ser tomadas de imediato para sanar os problemas surgidos. O controle da qualidade especificada para a água deve ser realizado de forma constante, baseado em análises de laboratório devidamente registradas. As emissões da combustão da caldeira devem ser controladas com bastante rigor e a ocorrência de poluição de qualquer espécie deve ser evitada através de análises de laboratório.

O quarto capítulo – **Sistema de qualidade** – apresenta observações e conclusões com base nos aspectos de qualidade envolvidos na gestão de uma empresa:

1. A gestão estratégica da qualidade revela a qualidade como um alto nível de amadurecimento, expandindo as responsabilidades de departamentos para a alta direção da empresa, requerendo formulação de estratégias, estabelecendo metas e objetivos, elaboração de planos e suas implantações, e acompanhamento do processo para obter "feedback" (retro-alimentação), fazendo uso de ações corretivas se necessário.

2. A ISO 14000 é uma família de normas que trata da gestão ambiental e nasceu com o intuito de dar suporte ao chamado "desenvolvimento sustentável", discutido na Eco'92. É uma ferramenta para sistemas de gestão ambiental, capaz de ser aplicada em empresas de qualquer porte ou finalidade, de modo a permitir o controle do impacto de suas atividades, produtos e serviços ao meio ambiente.

3. A ISO 14000 resulta em redução de custo no gerenciamento de resíduos, economias no consumo de energia e materiais, redução nos custos de distribuição, melhoria da imagem corporativa perante consumidores e órgãos reguladores, além de estabelecer diretrizes para uma melhoria contínua do desempenho ambiental. Pode ser implantada como um sistema independente ou um sistema integrado à ISO 9000.

4. A ISO 9000 especifica em termos amplos os componentes necessários a um Sistema de Gestão da Qualidade, incentivando a gestão por processos para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente.

5. O processo de integração da ISO 9000 com a ISO 14000 pode minimizar o impacto para a certificação no que se refere a controle de documentos, tempo necessário para revisão e emissão de documentos e quanto aos custos da auditoria externa. A integração de ambos os sistemas resulta em um gerenciamento da organização mais robusto e mais abrangente.

6. O TQM é um sistema gerencial que parte do reconhecimento das necessidades das partes interessadas e estabelece padrões para o atendimento destas necessidades. O TQM não só visa

manter os padrões que atendem a estas necessidades, mas também visa melhorar continuamente estes padrões a partir de uma visão estratégica.

7. O Sistema de Gestão Ambiental consiste em um conjunto de atividades planejadas, formalmente, que a empresa realiza para gerir ou administrar sua relação com o meio ambiente. É a forma pela qual a empresa se mobiliza, interna e externamente, para atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, controlando os impactos de suas atividades, produtos e serviços no meio ambiente.

8. O Sistema de Gestão Ambiental de acordo com as normas ISO 14000 introduz na empresa uma postura de prevenção de ocorrências de impactos adversos ao meio ambiente. Se a empresa já implantou ou está implantando a ISO 9000, as vantagens são ainda maiores quando da implantação do SGA.

9. Um fator importante em um SGA é a legislação ambiental, pois para uma empresa receber certificação, além de implantar um SGA, é necessário o atendimento das exigências contidas na legislação ambiental em vigor, à qual a empresa deve se submeter quando da licença do projeto, da instalação ou da expansão da capacidade.

10. A qualidade total TQM envolve um desempenho ambiental satisfatório como ponto integrante do processo de gerenciamento. A TQEM, por sua vez, busca um melhor aproveitamento das fontes energéticas e das matérias-primas, conduzindo para a constante redução de emissões e dos impactos ambientais, caracterizando uma produção mais limpa. Desta forma, a TQEM constitui-se em um instrumento de obtenção de lucros, à medida que contribui para a competitividade da empresa no mercado.

11. Para a melhoria contínua dos processos, ou para sustentar uma melhoria alcançada, o principal método utilizado é o ciclo PDCA - *Plan - Do - Check - Act*. Esse método é adotado para o gerenciamento de rotinas e para proposição e acompanhamento de melhorias. A obtenção de melhorias é possível conjugando as duas formas de gerenciamento (manutenção e melhoria), assim, melhorando e incrementando continuamente os padrões.

12. A norma ISO 14001 está estruturada segundo o ciclo PDCA e a norma ISO 9000:2000 também prevê a utilização da melhoria contínua.

13. Pode ser formado um banco de dados de informações técnicas práticas e comprovadas relativas a projeto e processos para consulta desde a fase conceitual do empreendimento até a fase operacional.

O quinto capítulo –**Recomendações para um Sistema de Qualidade do processo industrial** – apresenta as observações referentes à análise do processo por meio da utilização da sistemografia e o conjunto de recomendações objeto do trabalho.

1. A utilização da sistemografia facilita a análise de sistemas complexos, permitindo identificar o nível de relacionamento, os níveis de complexidade (de 01 a 09) e o tipo do processador (Espaço, Tempo ou Forma), suas conexões e objetivos dentro do sistema.

2. A sistemografia permite identificar incoerências, incompletudes e redundâncias do sistema analisado, possibilitando o replanejamento do mesmo e as correções necessárias.

3. A elaboração do quadro com as principais características dos processadores permite, de forma rápida e objetiva, uma análise comparativa e a identificação dos pontos de restrição do sistema, possibilitando apresentar propostas que levem a sua racionalização, agilização e flexibilização.

4. A metodologia introduz, na análise do sistema, o conceito de complexidade a partir da classificação dos processadores em níveis e permite a identificação dos mesmos de forma clara.

5. Antes de sua automação / informatização, os processos devem ser analisados quanto ao fluxo de matéria, energia e informação, sendo a técnica da sistemografia bastante importante na realização dessa análise.

6. No processo em estudo, a utilização da sistemografia permitiu identificar a forte concentração de processadores de maior nível em alguns subsistemas, associados a processos específicos que, por sua vez, estavam relacionados a processadores externos de nível superior. Essa constatação permitiu também a proposta de adoção de um *software* especializado para facilitar o processamento das informações.

7. Como conjunto de recomendações são apresentadas as conclusões relativas ao desenvolvimento do trabalho e das análises efetuadas, com base nos princípios e sistemas focados.

Neste sexto capítulo – **Conclusões e propostas de novos trabalhos** – são apresentadas as conclusões finais do estudo e as propostas para novos trabalhos.

6.2 Propostas de novos trabalhos

Considerando a complexidade do assunto tratado neste estudo e os diversos enfoques que podem ser adotados na análise de uma empresa dessa natureza, pode-se sugerir como propostas de novos trabalhos para o desenvolvimento da compreensão deste tema:

1. Investigação dos custos de reciclagem dos produtos fornecidos pela empresa (ferrosos, não ferrosos, plásticos, vidros, embalagens) para melhor entendimento das cadeias de processos envolvidas e contribuir para adequação/definição de políticas de incentivo ou tributação.

2. Pesquisa e análise de *softwares*, como produtos de suporte à decisão, que permitam o atendimento das necessidades de sistemas de informação para uma efetiva gestão da empresa.

3. Investigação e detalhamento dos componentes que formam os custos da qualidade e análise de ferramentas para sua identificação e quantificação em uma empresa deste tipo.

4. Análise do aspecto ambiental da empresa após implantação da norma ISO 14031 – Avaliação da Performance Ambiental.

5. Estudo para definição e quantificação dos custos ambientais e seu real impacto nos resultados financeiros da empresa.

6. Análise do balanço energético do empreendimento e determinação das variáveis críticas que podem influenciar seus resultados, especialmente em cenário econômico como o nacional.

7. Estudo sob a perspectiva de Recursos Humanos do ambiente e das condições de trabalho na empresa, das necessidades de qualificação de pessoal e de adoção dos princípios de Responsabilidade Social e Responsible Care.

8. Investigação das modalidades de financiamento para projetos dessa natureza, considerando a finalidade sócio-ambiental do empreendimento e as condições de retorno do investimento no período útil de operação da empresa.

Referências Bibliográficas

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR ISO 8402, gestão da qualidade e garantia da qualidade – terminologia. Rio de Janeiro, 1994
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR ISO 9001; sistemas de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR 10.703; disposição final do lixo. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR 12.980; coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR ISO 14001; sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. NBR ISO 14004; sistemas de gestão ambiental – diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro, 1996.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. AAAS ATLAS OF POPULATION & ENVIRONMENT. Disponível em: <<http://atlas.aaas.org>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY ASQ. Disponível em: <<http://www.asq.org>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- ANDRADE, Fábio Felipe de. **O método de melhorias PDCA**. São Paulo: USP, 2003. Dissertação (Mestrado).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- ÁVILA FILHO, S. Um Modelo de Gestão da Qualidade e Ambiental. **CQ-Qualidade**, p.38-40, ago.96

- BALCHEN, J. G. **Process control: structures and applications**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- BARBOSA, E. F. **A implantação da qualidade total na educação**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.
- BARNES, Philip.E. “Green” Standards. **B&E Review**, p.24-28, out./dez. 1996.
- BEGLEY, R. Is ISO 14000 worth it? **Journal of Business Strategy**, p. 50 - 55, sep/oct 1996.
- BELLIA, Renato. Gerenciamento da informação em um sistema de vendas por telefone. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, Campinas, v.1 n. 1, , 2001. Disponível em: <http://www.ii.puc-campinas.br/revista_ii/>. Acesso em: 23 out. 2003.
- BIDO, Diógenes de Souza. **Implementação de sistemas da qualidade para a busca de certificação em pequenas e médias indústrias do ramo automotivo**. São Paulo: USP, 1999. Dissertação (Mestrado).
- BITENCOURT, José Guilherme de Araújo L. **Qualidade total: aspectos comerciais e sociais da qualidade e infra-estrutura brasileira**. Belo Horizonte. Fundação Christiano Ottoni (edição provisória circulação restrita), 1988.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2003.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Industria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2003.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2003.
- BRESCIANI Filho, Ettore. Métodos de estudo de sistema: Sistemografia. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, v.1, n. 1, PUC-Campinas, 2001 (ISSN 1519 7956). Disponível em: <http://www.puc-campinas.edu.br/centros/ceatec/revista_eletronica/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2003.
- BRESCIANI Filho, Ettore. **Sistemografia: técnicas de modelagem de sistemas complexos**. Campinas: Unicamp, 2001. Apostila de curso.
- BRESCIANI, Renato. **Sistema da qualidade de uma empresa industrial do setor químico**. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp, 1997. Dissertação (Mestrado).

- BROCKA, B. **Gerenciamento da Qualidade**. Implementando TQM, passo a passo, através dos processos e ferramentas recomendadas por Juran, Deming, Crosby e outros mestres. São Paulo: Makron Books, 1994.
- CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanitas/FFLCH/USP. 1999.
- CALLENBACH, E. et al. **Ecomanagement: the Elmwood guide to ecological auditing and sustainable business**. San Francisco: Berret-Koehler, 1993. 188 p.
- CAMPOS, V. F. **Gerência da qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira**. Rio de Janeiro, Bloch editores, 1990.
- CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês), 2.ed. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni - Escola de Engenharia da UFMG, 1992. 220p.
- CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total: no estilo japonês**. Rio de Janeiro, Bloch editores, 1992a.
- CAMPOS, V. F. **Qualidade Total - padronização de empresas**. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1992b.
- CAPLAN, F. **The quality system: a sourcebook for managers and engineers**. Radnor: Chilton Book Company, 1990.
- CAPUANO, Ethel Airton. Sistemógrafo de administração do SIAPE. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, Campinas, v. 2, n. 1, 2002. Disponível em: <http://www.ii.puc-campinas.br/revista_ii/>. Acesso em: 17 dez. 2003.
- CED CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO. Disponível em: <<http://www.klickeducação.com.br>>. Acesso em: 3 junho 2002
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL CETESB. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 15 jul. 2002 a 23 out. 2003.
- CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento**. Rio de Janeiro, José Olympio, 1984.
- CULLEY, W. C. Integrating ISO 14000 Into Your Quality System. **Professional Safety**. American Society of Safety Engineers. p20-24, aug. 1996.
- DAIA DEPARTAMENTO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/daia.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2002 a 23 out. 2003.
- DASHEFSKY, H. S. **Dicionário de ciência ambiental**. São Paulo: Gaia. 1997.

- DEMING, W. E. **As chaves da excelência**. São Paulo: McGraw-Hill. 1992.
- DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva. 1990.
- DEPRN DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO DE RECURSOS NATURAIS.
Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/deprn.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2002 a 23 out. 2003.
- DESIMONE, L. D., POPOFF, F. **Eco-efficiency – the business link to sustainable development**. Cambridge: The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- DUSM DEPARTAMENTO DE USO DO SOLO METROPOLITANO. Disponível em:
<<http://www.ambiente.sp.gov.br/cprn/dusm.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2002 a 23 out. 2003.
- EARTH ODISSEY. Disponível em <<http://www.earthodyssey.com/symbols.html>>. Acesso em: 15 julho 2003 a 22 julho 2003.
- ENVIRONMENT CANADA. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/envhome.html>>. Acesso em 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- EURITS European Union for Responsible Incineration and Treatment of Special Waste. **The incineration of hazardous waste: how to achieve high environmental protection in a free market**. Disponível em: <<http://www.eurits.org/pages/hazardouswaste.asp>>. Acesso em: 16 outubro 2003.
- EUROPA European Commission Environment. **Waste incineration**. Disponível em
<<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/index.htm>>. Acesso em: 16 outubro 2003.
- FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total**. São Paulo: Makron Books. 1992.
- FERREIRA, V. H., BRESCIANI FILHO, E. Reorganização do atendimento ao cliente em uma empresa de saneamento básico. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, v.1, n. 1, PUC-Campinas, 2001 (ISSN 1519 7956). Disponível em: <http://www.puc-campinas.edu.br/centros/ceatec/revista_eletronica/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2003.
- FUNASA - Fundação Nacional da Saúde – Ministério da Saúde. Disponível em:
<<http://www.funasa.gov.br/san/san01.htm>>. Acesso em: 12 novembro 2003.
- GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.
- GEARHART, M. **Case Studies in the Implementation of Voluntary Environmental Management System Standards**, ISO 14000 News & Views, 1997. Disponível em:

<<http://www.lawinfo.com/law/CA/Environmentallaw/archives/Gearhart.htm>>. Acesso em: 25 julho 2003.

GEMI Global Environmental Management Initiative. Disponível em: <<http://www.gemi.org>>. Acesso em: 7 jul. 2002.

GONZÁLEZ, J. L. P. O ambiente de desenvolvimento de software educativo. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, v.1, n. 1, PUC-Campinas, 2001 (ISSN 1519 7956).

Disponível em: <http://www.puc-campinas.edu.br/centros/ceatec/revista_eletronica/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2003.

HAKLIK, J. E. **ISO 14000 environmental management: benefiting companies, saving the environment**. Disponível em: <<http://www.trst.com/article-haklik-1.htm>> - Acesso em: 21 maio 2002.

HANNA, M.D., NEWMAN, W. R. Operations and environment: An expanded focus for TQM. **International Journal of Quality and Reliability Management** vol.12 (5): p.38-53, 1995.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando processos empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HARRINGTON, H. J. **The improvement process**. New York: McGraw Hill, 1987.

HARVARD BUSINESS REVIEW. Disponível em:

<<http://harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.

HIWATASHI, Erica. **O estudo de cadeias de processo de reciclagem dos resíduos domiciliares inorgânicos de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. Dissertação (Mestrado).

IBAM INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Disponível em: <<http://www.ibam.org>>. Acesso em: 10 fev. 2002 a 22 out. 2003.

IBBOTSON, B., PHYPER J. D. **Environmental Management in Canada**. Toronto: McGraw-Hill Ryerson, 1996.

ICC INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE. **ICC Business Charter for sustainable development**. Disponível em:

<http://www.bsdglobal.com/tools/principles_icc.asp>. Acesso em: 15 set. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS

RENOVÁVEIS – IBAMA. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.

ISHIKAWA, Kaoru. **T Q C Total Quality Control: estratégia e administração da qualidade**. São Paulo, IMC, 1986.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Disponível em: <<http://www.iso.ch> >. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo: Pioneira, 2002.

JURAN, J. M., GRZYNA, F. M. **Juran controle da qualidade handbook: qualidade em diferentes sistemas de produção**. v. 8. São Paulo: Makron Books, 1993.

JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade**. São Paulo: Pioneira. 1990.

JURAN, J. M. **Juran planejando para a qualidade**. São Paulo: Pioneira. 1990.

JURAN, J. M. Managereal breakthrough. New York, McGraw-Hill, 1984.

KINLAW, D. C. **Empresa Competitiva e Ecológica: Desempenho Sustentado na Era Ambiental**. São Paulo: Makron Books, 1997.

LAYRARGUES, P. P. Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 20, p. 80-88, abr/jun 2000.

KINTSCHNER, Fernando Ernesto. Racionalização e informatização da área de administração de materiais. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, Campinas, v.1, n. 1, 2001. Disponível em: <http://www.ii.puc-campinas.br/revista_ii/>. Acesso em: 16 jul. 2003.

KIRKPATRICK, D., POULIOT, C. Environmental Management, ISO 14000 offer multiple rewards. **Pollution Engineer**, p.62-65, jun. 1996.

LEACH, L.P. TQM, Reengineering, and the Edge of Chaos. **Quality Progress**, vol. 29, n° 2, p. 85-90, 1996.

LE MOIGNE, J. L. **La modélisation des systèmes complexes**. Afcet Systèmes. Paris: Editeur Dunod, 1990.

LE MOIGNE, J. L. **La théorie du système général: théorie de la modélisation**. Paris, 3^a Ed., Editeur Presses Universitaires de France, 1990 b.

LIMA, M. A. M., RESENDE, M., HASENCLEVER, L. Quality certification and performance on Brazilian firms: an empirical study. **Int. J. Production Economics**, 66, p.143-147, 2000.

- LOURENÇO FILHO, Rui de C. B. **Controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos editora, 1989.
- MAIMON, D. Eco-estratégia nas empresas brasileiras: realidade ou discurso? **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.34, n.4, p. 119-130, jul/ago 1994.
- MAKOWER, J. **The e-factor: the bottom-line approach to environmentally responsible business**. New York: Times Books, 1994. 293 p.
- MARGARIDO, A . C.; YAMADA, A . H.; SILVA, E. R. F. Total quality management e a atualização tecnológica. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 19, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1996. p. 1652 -1664.
- MCINEMEY, F., WHITE, S. **The Total Quality Corporation – How 10 Major Companies Turned Quality and Environmental Challenges to Competitive Advantage in the 1990s**. Dutton, New York: Truman Talley Books, 1995.
- MELLO, C. H. P. et al. **ISO 9000:2000: Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- MISSIAGGIA, Rita Rutigliano. **Gestão de resíduos em solos industriais**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. Dissertação (Mestrado).
- MUÑOZ, Susana Inês Segura. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. Ribeirão Preto: USP, 2002. Tese (Doutorado).
- NEGRI, J. C. **Modelo preditivo da emissão e dispersão do NOx gerado em usinas termelétricas como instrumento de análise de inserção e capacidade de suporte regional da qualidade do ar**. São Paulo: USP, 2002. Tese (Doutorado).
- NEGRI, L; GALL, M. Enhancing quality and productivity within the sustainable development frame. In: LEFEBVRE, L.; MASON, R. M.; KHALIL, T (Eds.) **Management of technology, sustainable development and eco-efficiency: selected papers from the Seventh International Conference on Management of Technology**. Elsevier, 1998.
- OAKLAND, J. **Gerenciamento da qualidade total**. São Paulo: Nobel. 1994.
- OLIVEIRA, J. O. (org.) **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

- OLIVER, J. **Sustainable Development: achievable by system or by management philosophy?**. Haldsdale Quality Management. dez.1996. Disponível em:
<www.haldsdale.demon.co.uk/tqem.htm>. Acesso em: 15 julho 2003.
- PALADINI, E. P. **Avaliação estratégica da qualidade**. São Paulo: Atlas, 2002.
- PAULI, G. **Upsizing: how to generate more income, create more jobs and eliminate pollution**. Sheffield: Greenleaf Publishing, 1998.
- PEREIRA, J.A.R. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental**. Disponível em:
<<http://mdic.gov.br/tecnologia/revistas/artigos/200112pa/josealmirfinal.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2003.
- POJASEK, R. B. How do you measure environmental performance? **Environmental quality management**, Summer 2001, p. 79-88, 2001.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. LIMPEZA URBANA. Disponível em:
<<http://www.prodam.sp.gov.br/limpurb.htm>>. Acesso em: 31 maio 2002.
- REIS, M. J. L. **ISO 14000 - Gerenciamento ambiental - um novo desafio para a sua competitividade**. Rio de Janeiro: Quality Mark Editora Ltda, 1996. 200p.
- REIS, Maurício J. Um Fator de Sobrevivência para as Empresas. **CQ-Qualidade**, p39-44, jul. 1996.
- REVISTA CARTA CAPITAL, Edição 80. Disponível em: <<http://www.klickeducação.com.br>>. Acesso em: 3 junho 2002
- REVISTA COLETA SELETIVA. REPORTAGEM “POLIS”. Disponível em:
<<http://www.klickeducação.com.br>>. Acesso em: 3 junho 2002.
- REZAEI, Z. ISO 14000. **International Auditor**. p. 56-61, oct/1996.
- RIBEIRO, M. W. S. Análise de um sistema de biblioteca usando a sistemografia. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, v.2, n. 1, PUC-Campinas, 2002 (ISSN 1519 7956). Disponível em: <http://www.puc-campinas.edu.br/centros/ceatec/revista_eletronica/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2003.
- ROCHA, C. Business and the Environment in **Alternatives Journal**, Vol. 24, no. 2, Spring 1998.
- ROMM, J. J. **Um passo além da qualidade**. Como aumentar seus lucros e produtividade através de uma administração ecológica. São Paulo: Futura, 1996. 245p
- ROSATI, R. J. **Total organizational commitment: a quality ethic at kodak**. 1988.

- SABETAI CALDERONI. Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- SALLES, Valério Maronni. **Gestão de projetos de infra-estrutura para implantação de sistemas de informação**. Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2000. Dissertação (Mestrado)
- SEBRAE. **A questão ambiental e as empresas**. Brasília, 1998.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- SEIDER, W. D., SEADER, J. D., LEWIN, D. R. **Process design principles: synthesis, analysis and evaluation**. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1997.
- SHINSKEY, F. G. **Energy conservation through control**. New York: Academic Press, 1978.
- STITT, J. B. **Managing for excellence**. Milwaukee: Quality Press, 1990.
- STURTEVANT, N.; TROWBRIDGE, B.; EDGEMAN, R. L. **Quality and the environmental steward. Management of technology V - technology management in a changing world**. England. Elsevier Science Ltd., 1996.
- SULLIVAN, L. P. **The seven stages in company-wide quality control**. Quality Progress, 1986
- TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. São Paulo: Atlas, 2002.
- THIMMIG, Rolando Antonio. **Reorganização do sistema de matrícula de uma faculdade**. Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2000. Dissertação (Mestrado)
- TNS THE NATURAL STEP FOUNDATION. Disponível em: <<http://naturalstep.org>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- TURRIONI, João Batista. **Uma análise comparativa das principais abordagens para o gerenciamento da qualidade**. Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1991.
- UNICEF UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. Disponível em: <<http://www.unicef.org>> e <<http://www.unicef.org.br>>. Acesso em: 11 maio 2002 a 21 julho 2002.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. Disponível em: <<http://www.undp.org>>. Acesso em: 23 setembro 2003 a 02 outubro 2003.

UNIVERSITY OF ARIZONA. Disponível em:

<http://wacky.ccit.arizona.edu/~bara/gbg_in~1.htm>. Acesso em 14 maio 2003 a 21 maio 2003.

USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Programa Educar. Disponível em:

<<http://educar.sc.usp.br/biologia/textos.html>>. Acesso em: 14 maio 2003 a 21 maio 2003.

U.S. CENSUS BUREAU. Disponível em: <<http://www.census.gov>>. Acesso em: 28 julho 2002.

WEVER, G. **Strategic environmental management- using TQEM and ISO 14000 for competitive advantage**. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1996.

WILHELMS NETO, E. Gerenciamento do desenvolvimento de sistemas de informação. **Revista Eletrônica do Instituto de Informática**, v.1, n. 1, PUC-Campinas, 2001 (ISSN 1519 7956). Disponível em: <http://www.puc-campinas.edu.br/centros/ceatec/revista_eletronica/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2003.

WITHERS, B. E., EBRAHIMPOUR, M., HIKMET, N. An exploration of the impact of TQM and JIT on ISO 9000 registered companies. **Int. J. Production Economics**, 53, p.209-216, 1997.

WOOD, T. J., Teoria Sistêmica Avançada e Terceira Onda da Qualidade. **Revista Politécnica**, nº 211, out/ dez, 1993.

WOODS, D. R. **Process design and engineering practice**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall PTR, 1995.

YUKI, Mauro Mitio. **Uma metodologia de implantação de técnicas e filosofias japonesas na gestão de empresas brasileiras**. Florianópolis: UFSC, 1988. Dissertação (Mestrado).

ZERO WASTE. Disponível em: <<http://www.zerowaste.org/files.html>>. Acesso em 11 maio 2002 a 21 julho 2002.