



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Murilo Alves do Amaral

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE EQUIPAMENTOS DO
SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO (SEP): UMA
ESTRATÉGIA DE REMANUFATURA**

Rio de Janeiro

2010



UFRJ

Murilo Alves do Amaral

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE EQUIPAMENTOS DO
SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO (SEP): UMA
ESTRATÉGIA DE REMANUFATURA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental (PEA), Escola Politécnica e Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadores: Cláudia do Rosário Vaz Morgado
Josimar Ribeiro de Almeida

Rio de Janeiro
Dezembro 2010

A485a Amaral, Murilo Alves do
Avaliação do desempenho ambiental de equipamentos do sistema elétrico de potência brasileiro (SEP): uma estratégia de remanufatura / Murilo Alves do Amaral. – 2010.
149 f.: il.; 31 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2010.

Orientadores: Cláudia do Rosário Vaz Morgado e Josimar Ribeiro de Almeida

1. Gestão ambiental. 2. Avaliação de desempenho ambiental. 3. Remanufatura 4. Logística reversa 5. Avaliação do ciclo de vida (ACV) I. Morgado, Cláudia do Rosário Vaz. II. Almeida, Josimar Ribeiro. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. IV. Título.

CDD: 658.4083



UFRJ

**AValiação DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE EQUIPAMENTOS DO
SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO (SEP): UMA
ESTRATÉGIA DE REMANUFATURA**

Murilo Alves do Amaral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PEA), Escola Politécnica e Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental

Aprovada em: 13/12/2010

Prof. Cláudia do Rosário Vaz Morgado, D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Josimar Ribeiro de Almeida, D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Eduardo Gonçalves Serra, D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Rafael Garcia Barbastefano, D.Sc., Centro Federal de Educação Tecnológica/CEFET-RJ

Eng.º Sérgio Vargas da Silva, D.Sc., ELETROBRAS FURNAS



DEDICATÓRIAS

Dedico a minha esposa Elair, pelo incentivo, compreensão, amor e amizade eterna.

A Érica, Gabriela e Clara, minhas três filhas amadas e dedicadas que me deram motivação para continuar esta pesquisa. Meus maiores tesouros, minhas fontes de inspiração para almejar grandes ideais.

A minha família querida, por todo tempo de dedicação a este trabalho em que estive ausente do seu convívio.

Murilo Alves do Amaral

"Mede o que é mensurável e torna mensurável o que não o é".

Galileu Galilei



AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, esse poder onipresente, por me conceder saúde, por permitir que eu concluísse este trabalho e a fé que me fez seguir, mesmo frente a todos os obstáculos encontrados pelo caminho.

A minha querida esposa Elair Maria, companheira de todos os momentos, pelo amor incondicional, carinho e apoio nas horas difíceis, estímulo na conquista dos meus objetivos, e incentivo ao meu progresso pessoal e profissional.

As minhas filhas, Érica pelo estímulo nas suas conversas, sempre buscando sua independência e cuidando de sua formação acadêmica, Gabriela pelo seu interesse pelas ciências, dedicação aos estudos e por me ensinar a ser melhor a cada dia, Clara pelo interesse pelas letras, dedicação aos estudos e por fortalecer, com suas joviais opiniões, o nosso convívio.

À minha família querida, berço dos meus projetos e dos melhores momentos da minha vida.

Ao meu pai Jaim, incentivador na carreira de engenharia (*in memoriam*), a minha mãe Rosa Maria, que me ensinou as primeiras letras e a trilhar o caminho do bem, a minha irmã Rosana e a todos sobrinhos, sobrinhas e familiares pelo incentivo, como é importante este convívio.

Àqueles que acreditaram e me apoiaram incondicionalmente, os engenheiros:

Pedro Moreira, Sérgio Vargas e Francisco Cavalcante.

A engenheira Florys Fábila pelo compartilhamento dos conhecimentos de controle estatístico de processos e de gestão utilizando Lean Seis Sigma.

Aos engenheiros, supervisores, técnicos e a todos da equipe de operação e manutenção eletromecânica do sistema elétrico de potência, que comigo compartilharam seus conhecimentos.

A orientadora Professora D. Sc. Cláudia do Rosário Vaz Morgado, pela confiança, iniciação nos conceitos de Gerenciamento de Riscos e Metodologia Científica, pelo apoio incondicional

e estímulo no estudo de métodos inovadores, propulsores para a transposição de fronteiras do conhecimento.

Ao co-orientador Professor D. Sc. Josimar Ribeiro de Almeida, pelos ensinamentos de Gestão Ambiental, pelo apoio e incentivo, nas fases de pesquisa, os quais foram imprescindíveis para o êxito deste trabalho.

Aos professores da banca de defesa, que dedicaram seu tempo para a avaliação do trabalho e para as críticas que contribuíram para a melhoria do resultado final.

Aos Gestores do Inmetro Dr. Antônio Carlos Godinho, Diretor de Administração e Finanças, ao Rogério Fernandes Assessor daquela Diretoria, ao Álvaro Baião Gerente de Administração de Pessoas e Saúde Ocupacional, pela compreensão e incentivo ao estudo da gestão de riscos ocupacionais, e ambientais, a todos os Dirigentes do Inmetro que possibilitaram a continuidade desta pesquisa, ao Ivan Fonseca, Chefe do Serviço de Saúde e Segurança Ocupacional, a todos os meus colegas Analistas e Pesquisadores do Inmetro, tempo maior da qualidade, que contribuíram com incentivo e sugestões, para a realização deste trabalho.

A todos os meus colegas alunos da UFRJ, companheiros nessa fase de mestrado, tão importante em nossas vidas, com os quais compartilhei momentos de dúvidas, de conquistas, em especial ao Luiz Arigony e Fátima Souza, com os quais pude interagir de maneira mais intensa durante nosso convívio acadêmico.

Aos funcionários do Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ, em especial a secretaria do PEA, na pessoa da secretária Valéria Vieira, sempre presente e atuante em todas as nossas etapas acadêmicas.

Aos funcionários da biblioteca do CT da UFRJ, as bibliotecárias Zoraide Freitas, e Daniele da Fonseca pelo apoio durante as fases de pesquisas nos periódicos e a bibliotecária Josiete de Souza pela maneira paciente com que nos transmitiu os conhecimentos acumulados na gestão da documentação de normalização de trabalhos científicos e no auxílio da adequação da Dissertação aos padrões da ABNT e do SIBI da UFRJ.

A todos os funcionários da UFRJ que nos deram, durante todo esse período acadêmico, apoio técnico e logístico nessa jornada pioneira da primeira turma do mestrado profissional no seio acadêmico da universidade.

Murilo Alves do Amaral

RESUMO

AMARAL, Murilo Alves do. **Avaliação do Desempenho Ambiental de Equipamentos do Setor Elétrico de Potência Brasileiro (SEP): Uma Estratégia de Remanufatura**. Rio de Janeiro, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

O presente trabalho desenvolve um estudo sobre a avaliação do desempenho ambiental dos equipamentos utilizados na transmissão de energia elétrica no sistema elétrico de potência brasileiro (SEP). A avaliação foi realizada nas atividades de operação e manutenção no setor elétrico industrial, sendo foi baseada em critérios aplicados pelo conjunto de normas NBR ISO 14000 de gestão ambiental. O método utilizado, para a determinação dos riscos ambientais, foi a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), realizada a partir do inventário de aspectos ambientais produzidos na operação e manutenção de equipamentos de extra-alta tensão, utilizados no sistema elétrico de potência (SEP) no Brasil. Para determinação da amostra de equipamentos a ser estudada, foi seguida a aplicação do controle estatístico de processo (CEP), a ferramenta de gerenciamento da qualidade utilizada foi o diagrama de Pareto. A categorização dos dados “em pouco vitais” foi realizada a partir dos resultados de não-conformidades em inspeção de recebimento de equipamentos. O nível de risco de contaminação ambiental apresentado nos equipamentos foi obtido através da combinação da técnica de matriz de risco, associado à metodologia de gestão de risco recomendada pela NBR ISO 31000. A avaliação do desempenho de fornecedores considerou a avaliação de desempenho ambiental (ADA), descrita na norma ABNT NBR ISO 14031. A ACV foi conduzida segundo a NBR ISO 14040 - Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição de objetivo, escopo e análise de inventário. A avaliação do desempenho ambiental dos equipamentos utilizados no Sistema de Energia Elétrica, a partir da avaliação do ciclo de vida (ACV), demonstrou que neste estudo a remanufatura é economicamente viável e ambientalmente sustentável, contribuindo para a aplicação da cadeia de suprimento em logística reversa. O estudo mostrou que a avaliação do desempenho ambiental com base na aplicação da NBR ISO 14031, pode ser utilizada como critério para qualificação do grau de atendimento de fornecedores para o setor elétrico.

Palavras-chave: gestão ambiental, desempenho ambiental, remanufatura, logística reversa, avaliação do ciclo de vida (ACV).

ABSTRACT

AMARAL, Murilo Alves do. **Environmental Performance Evaluation of the Equipments in Electricity Power Sector, (EPS): A Strategy of Remanufacturing.** Rio de Janeiro, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

This dissertation aims to conduct a study on the evaluation of environmental performance of equipment used in Brazilian electrical power system (EPS). The evaluation was performed in the operation and maintenance activities in electricity sector industrial and was based on criteria applied from set of standards ISO 14000 environmental management. The method used to determine the environmental risks evaluation was the Life Cycle Assessment (LCA), held from the inventory analysis of the environmental aspects produced in the operation and maintenance of the transmission activity of extra-high voltage in electric power system (EPS) in Brazil. To determine equipments sample to be studied, was followed application of the statistical process control (SPC), tool for managing quality used was the Pareto diagram. For statistical analysis, was calculated the rate of cumulative frequency (RCF) of nonconformities in incoming inspection, the categorization of incoming data, in “vital few”, were obtained from the results in inspection record into database industry equipment inspection. The risk level of environmental hazard presented in equipment was obtained by combining the technique of hazard matrix, associated with the risk management methodology recommended by ISO 31.000. For supplier performance approach, was considered the environmental performance evaluation (EPE), described in document ABNT NBR ISO 14031. The life cycle assessment (LCA), was conducted according to ABNT NBR ISO 14040 - Environmental management - Life cycle assessment - goal scope definition and inventory analysis. The assessment of the environmental performance of equipment used in the Electrical Power System, from the life-cycle assessment (LCA) showed that in this case study remanufacturing is economically viable and environmentally sustainable, contributing to the implementation of supply chain in reverse logistics. The study showed that the assessment of environmental performance based on application of ISO 14031 can be used as a criterion for qualifying the level of service suppliers for the electricity sector.

Key-words: environmental management, environmental performance, remanufacturing, reverse logistics, life cycle assessment (LCA).

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BIG	Banco de Informação de Geração
CA	Custo Anual
CCEE	Central de Comercialização de Energia Elétrica
CCT	Contratos de Conexão ao Sistema de Transmissão
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CPST	Contratos de Prestação do Serviço de Transmissão
CUST	Contratos de Uso do Sistema de Transmissão
ELETROBRAS	Centrais Elétrica Brasileira S.A.
ELETROPAR	Eletrobras Participações
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental)
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases do Efeito Estufa
GVO	Grande Volume de Óleo
ICA	Indicador de Condição Ambiental
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IDA	Indicador de Desempenho Ambiental
IDG	Indicador de Desempenho de Gestão
IDO	Indicador de Desempenho Operacional

IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
LA	Lucro Anual
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
NBR	Norma Brasileira
OMC	Organização Mundial do Comércio
ONS	Operador Nacional do Sistema
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PCH's	Pequenas Centrais Elétricas
PDTI	Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial
PV	Parcela Variável
RAP	Receita Anual Permitida da Transmissora
REQ	Requisição de Compra
RNC	Relatório de Não Conformidade
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade
SE	Subestação de Energia Elétrica
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i> (Sociedade de Toxicologia Ambiental e Química dos EUA)
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SIBI	Sistema Informatizado de Bibliotecas da UFRJ
SIN	Sistema Integrado Nacional
SPE	Sociedade de Propósito de Específico
SPIE	Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos
TFA	Taxa de Frequência Acumulada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 MOTIVAÇÃO	20
1.2 OBJETIVOS	22
1.3 HIPÓTESES	23
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	23
2. O CENÁRIO DA PESQUISA	25
2.1 O SERVIÇO DE ELETRICIDADE NO BRASIL	25
2.2 SISTEMA INTEGRADO NACIONAL (SIN)	25
2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	27
2.4 O SISTEMA ELETROBRAS	28
2.4.1 Geração hidrelétrica no sistema integrado nacional (SIN)	29
2.4.2 Geração termelétrica no sistema integrado nacional (SIN)	29
2.5 ATIVOS E EQUIPAMENTOS DO SISTEMA ESTUDADO	30
2.5.1 O sistema de transmissão	30
2.5.2 Equipamentos do sistema de geração	30
2.5.3 Equipamentos do sistema de transmissão	30
2.5.3.1 Subestações de transmissão (SE)	31
2.6 O NOVO MODELO DO SETOR ELÉTRICO	32
2.7 TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	33
2.8 ESTRUTURA DE UM SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA	35
2.8.1 Estruturação do setor elétrico brasileiro	35
2.9 O MODELO ECONÔMICO APÓS O MARCO REGULATÓRIO	37
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	40
3.1 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL	41
3.1.1 Práticas sustentáveis	42
3.1.2 Fluxo reverso de suprimentos	42
3.1.3 Prevenção da poluição	42

3.2.	GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM FLUXO REVERSO	43
3.2.1	O princípio de logística reversa	43
3.2.2	Conceitos e definições acerca do ciclo de vida de produtos	44
3.2.3	O princípio dos “3R”	45
3.2.4	Reuso ou reutilização	45
3.2.5	Reciclagem	45
3.2.6	Remanufatura	45
3.2.7	A responsabilidade compartilhada pela gestão de resíduos	46
3.2.8	Cadeia de suprimento para remanufatura	47
3.2.9	O fluxo reverso de suprimento	48
3.2.9.1	Inspeção	48
3.2.9.2	Limpeza	49
3.2.9.3	Desmontagem	49
3.2.9.4	Armazenagem	50
3.3	AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DA ACV	51
3.3.1	O estado da arte para identificação de impactos ambientais	52
3.3.1.1.	Conceito básico da avaliação do ciclo de vida (ACV)	52
3.4	ESTRUTURA DE UMA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)	53
3.4.1	O escopo e objetivo	54
3.4.2	O inventário do ciclo de vida (ICV)	54
3.4.2.1	Aspectos ambientais que devem ser considerados	54
3.4.3	Análise do ciclo de vida e avaliação de impactos ambientais	55
3.4.4	Interpretação dos resultados da análise do ciclo de vida	56
3.5	CONFIABILIDADE DE SISTEMAS	56
3.5.1	Conceitos de confiabilidade de sistemas	56
3.5.1.1	Confiabilidade	56
3.5.1.2	Disponibilidade	56
3.6	INCERTEZAS ASSOCIADAS AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	58
3.6.1	Gerenciamento dos riscos	58
3.6.2	Conceitos de gestão de riscos	59
3.7	AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE PRODUTOS	60

4. METODOLOGIA DA PESQUISA	63
4.1 METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO	63
4.1.1 Delimitação	63
4.1.2 O método científico	63
4.1.3 Etapas do método hipotético-dedutivo	64
4.2 A ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA	64
4.2.1 O problema	64
4.2.2 Conjecturas sobre os critérios de avaliação	65
4.2.3 Validação das hipóteses	65
4.2.4 Coleta de dados	66
4.2.5 Instrumentos utilizados na pesquisa	66
4.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM	67
4.3.1 A função manutenção de equipamentos	67
4.3.2 O projeto NBR 19000	68
4.3.3 Inspeção de equipamentos	68
4.4 ESTUDO DA INCERTEZA	72
4.4.1 Análise do risco de falha	72
4.4.2 Avaliação do risco de falha	75
4.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS	77
4.5.1 Análise do ciclo de vida (ACV)	77
4.5.2 Metas, definição do escopo e fronteiras do estudo	78
4.5.3 Inventário do ciclo de vida	78
4.5.4 Análise dos impactos	78
4.5.5 Interpretação dos resultados	79
5. ESTUDO DE CASO	81
5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE DISJUNTORES	81
5.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE DISJUNTORES	83
5.2.1 Inventário do ciclo de vida (ICV)	83
5.3 ANÁLISE DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)	85
5.3.1 Bases do estudo de caso	85
5.3.2 Relatório de análise dos equipamentos	85
5.3.3 Análise dos riscos operacionais	86
5.3.4 Sistemas anexos	86

5.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DO CICLO DE VIDA (IRCV)	86
5.5 VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES H1: E H2:	88
5.5.1 Remanufatura de óleo isolante	88
5.5.2 Recondicionamento de óleo isolante	90
5.5.3 Regeneração de óleo isolante	90
5.5.4 O processo de regeneração de óleo isolante	90
5.5.5 Comparação econômica entre os processos de regeneração de óleo	92
5.6 REMANUFATURA DE CONTATOS DE DISJUNTORES	93
5.6.1 Análise do relatório de redução das degradações em contatos Elétricos	94
5.6.2 Comprovação do desempenho dos contatos elétricos	95
5.6.3 Avaliação econômica da remanufatura de contatos elétricos	95
5.7 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO	97
5.7.1 Potencial de aquecimento global (PAG)	97
5.7.2 Reuso de gás SF ₆ (hexafluoreto de enxofre)	98
5.8 VERIFICAÇÃO DA HIPÓTESE H3:	100
5.8.1 Indicadores de desempenho ambiental	100
5.9 ESCOLHA DOS INDICADORES AMBIENTAIS	101
5.9.1 Pesquisa exploratória	101
5.10 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE FORNECEDORES	102
5.10.1 Análise dos resultados da pesquisa	102
5.10.2 Avaliação do resultado da pesquisa	103
6. DISCUSSÃO E PROPOSIÇÕES	104
6.1 VALIDAÇÃO DOS PROCESSOS DE REMANUFATURA	104
6.1.1 Remanufatura de óleo isolante	104
6.1.2 Remanufatura de contatos elétricos	105
6.1.3 Prevenção da poluição	106
6.2 PROPOSTA PARA UMA ESTRUTURA DE LOGÍSTICA REVERSA	107
6.2.1 Elaboração de requisitos para o SGA integrado proposto	108
6.2.2 Serviço próprio de inspeção (SPIE)	110

7. CONCLUSÃO	112
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
9. APÊNDICES	118
10. ANEXOS	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama esquemático de um SEP, a fronteira do estudo	26
Figura 2.2 Estrutura elétrica de um sistema de potência	32
Figura 2.3 Sistema brasileiro de transmissão de energia elétrica	34
Figura 2.4 Estrutura organizacional dos agentes do setor elétrico brasileiro	35
Figura 3.1 Relacionamento entre manutenção e gestão ambiental	41
Figura 3.2 Etapas de um processo genérico de remanufatura	48
Figura 3.3 Cadeia de suprimentos para um modelo de ciclo de vida	51
Figura 3.4 Objetivos da ACV	52
Figura 3.5 Estrutura para avaliação do ciclo de vida	53
Figura 3.6 Fluxograma de suprimento de material	62
Figura 4.1 As etapas do método hipotético-dedutivo	64
Figura 4.2 Painel elétrico	71
Figura 4.3 Estrutura metálica ensaios dinâmicos	71
Figura 4.4 Disjuntor ensaio de laboratório	71
Figura 4.5 Ferragens ensaio de cisalhamento	71
Figura 4.6 Transformador de potência	71
Figura 4.7 Chave seccionadora e condutores	71
Figura 5.1 Escopo e fronteira do estudo da ACV	82
Figura 5.1 Unidade móvel de regeneração da ENERVAC	91
Figura 5.2 Diagrama esquemático do processo de regeneração de óleo isolante	91
Figura 6.1 Estrutura conceitual para sistema de remanufatura	108
Figura 6.2 Proposição de estrutura para gestão integrada de riscos	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Análise de Pareto de não-conformidades em inspeção de 2007 a 2009	70
Gráfico 5.1 Resumo da avaliação econômica de remanufatura de óleo isolante	92
Gráfico 6.1 Resultado da avaliação econômica da remanufatura de contatos elétricos de disjuntores	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Relação entre as propriedades essenciais do produto e as etapas do processo de remanufatura	51
Tabela 3.2 Tendência dos níveis de disponibilidade do sistema	57
Tabela 4.1 Análise estatística dos resultados de inspeção do período de 2007 a 2009	69
Tabela 4.2 Associação da frequência de falha com categoria de probabilidade	72
Tabela 4.3 Associação com a categoria de probabilidade	73
Tabela 4.4 Severidade de danos por falhas	73
Tabela 4.5 Quantificação da frequência e classificação do dano	74
Tabela 4.6 Matriz de perigos x Consequência adaptada ao setor elétrico	75
Tabela 4.7 Avaliação do nível de risco de falha em inspeção	76
Tabela 4.8 Definição do gerenciamento em função dos níveis de risco	77
Tabela 5.1 Características principais dos disjuntores estudados	82
Tabela 5.2 Identificação de aspectos ambientais, utilizando a AICV	84
Tabela 5.3 Interpretação dos resultados da análise do ciclo de vida	87
Tabela 5.4 Critérios mínimos para a aceitação de regeneração de óleo isolante	89
Tabela 5.5 Avaliação econômica da remanufatura de óleo isolante em fábrica	92
Tabela 5.6 Comparação do custo da remanufatura com o preço de compra de contato de disjuntores novos importados	96
Tabela 5.7 Potencial de aquecimento global de GEE	98
Tabela 5.8 Estimativa econômica da recuperação de gás SF ₆ (hexafluoreto de enxofre)	99
Tabela 5.9 Indicadores utilizados na avaliação de desempenho ambiental	101
Tabela 6.1 Avaliação econômica da recuperação de gás SF ₆ (hexafluoreto de enxofre)	106

1. INTRODUÇÃO

Apresentação geral e relevância

No século passado havia uma previsão de exaustão de diversas fontes de recursos naturais. Apesar disto, o preço de quase todas as fontes naturais tem vindo a decrescer ao longo do tempo, o que estimula o aumento do uso desses recursos (HENDRICKSON, *et al.*, 2006).

Há 50 anos, a mineração descarregava enormes quantidades de poluição na atmosfera, rios e em despejos sólidos, o que causava graves problemas, como doenças, mortes de pessoas e mortandade de aves e mamíferos e o surgimento de peixes mortos em rios (HENDRICKSON, *et al.*, 2006).

No mesmo sentido do aumento das atividades industriais mais poluidoras, crescia a dependência da indústria de base pela necessidade de energia elétrica. Essa energia, presente na maioria das atividades industriais, era gerada e transmitida sem grandes preocupações ambientais.

Até o fim do século XX, a oferta de energia, obtida principalmente a partir dos combustíveis fósseis, deu suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial. Já nos primeiros anos do século atual, este cenário mudou (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008).

Conforme observado no Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008), a disponibilidade energética deveria se manter compatível com o acentuado aumento do consumo provocado por um novo ciclo de crescimento econômico, observado principalmente nos países em desenvolvimento.

Neste sentido, cita o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008), as fontes tradicionais de energia deveriam ser substituídas por recursos menos agressivos ao meio ambiente.

Da mesma forma, os consumidores seriam estimulados a substituir produtos e processos, considerados de elevado potencial de impacto ambiental por outros de menor impacto e mais eficientes economicamente.

Atualmente, as projeções da ANEEL, dão como crescimento para os próximos anos proporção semelhante à atual em termos de distribuição das fontes, assim, podem ser esperados aumentos dos potenciais impactos ambientais.

A matriz energética das empresas do sistema Eletrobras é predominantemente limpa, sendo 87,1% da capacidade instalada proveniente da hidroeletricidade e 5,09%, de fonte nuclear, apenas 6,5% provêm de petróleo e 1,24% de carvão (RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ELETROBRAS, 2009).

De acordo com RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ELETROBRAS (2008), os principais impactos produzidos pela matriz energética brasileira, são o alagamento de extensas áreas de florestas para a criação dos lagos para o potencial hídrico, alterações dos ecossistemas e emissão de carbono, por conta das massas de matéria orgânica submersa.

Entretanto, outros aspectos apresentados pela operação e manutenção de equipamentos, podem gerar impactos ambientais não menos importantes e pouco conhecidos, como depleção de fontes naturais, redução de insumos, deposição no meio ambiente de excedentes das atividades industriais e geração de poluição ambiental.

Desta forma, a Política Ambiental das organizações, principalmente as de gestão estatal, devem perseguir padrões sustentáveis de produção, consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações permitindo melhores condições de vida, sem, no entanto, comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras.

1.1 MOTIVAÇÃO

Na atualidade uma das principais preocupações que tem o Setor Elétrico, é a questão dos resíduos industriais gerados nas atividades de operação e manutenção. Também a questão do descarte bem como a logística reversa dos resíduos gerados a partir dos produtos que são adquiridos para utilização no parque industrial de Geração e Transmissão de Energia Elétrica, necessitam de estudo mais aprofundado para melhoria das exigências nos contratos de fornecimento.

O estudo foi realizado no sistema integrado nacional (SIN) e a análise foi feita no sistema organizacional Eletrobras. O negócio se concentra na geração, transmissão e comercialização de energia elétrica.

O impacto da Gestão Ambiental é percebido em diversos momentos da administração do negócio da geração e transmissão de energia elétrica, como engenharia, novos empreendimentos, administração de material, inspeção de equipamentos e operação e

manutenção. Porém, ressalta-se que em todos os processos de gestão, existe a falta de definição de responsabilidades prévias quanto à destinação final de resíduos industriais.

Desta forma, a falta de responsabilidade quanto à gestão ambiental, tem acarretado sobrecarga para as empresas de geração e transmissão de energia, que por sua característica de contrato de administração e diante da impossibilidade de rastreabilidade do proprietário legal do resíduo, terminam por assumir toda a responsabilidade, quanto à gestão dos destes resíduos.

Com relação às práticas de gestão ambiental, o estudo aborda a sustentabilidade empresarial, através da avaliação de fornecedores segundo critérios de redução do desperdício, reaproveitamento de recursos naturais, uso racional de energia elétrica e estímulo à logística reversa pelo reaproveitamento de partes de equipamentos através da remanufatura.

Neste sentido, a edição da Lei 12.305, de 10 de agosto de 2010, que criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituindo também, no seu art. 30, a figura jurídica da responsabilidade compartilhada, vem lançar sobre o tema, novas perspectivas mais alvissareiras quanto à definição da gestão de resíduos e criação de novas práticas de logística reversa.

O setor industrial do presente estudo se concentra no negócio de geração e transmissão de energia elétrica e tem como cenário o mercado regulado de energia elétrica brasileira.

No estudo atual é abordada a etapa da transmissão de energia. Nesta abordagem são destacadas as atividades responsáveis pela continuidade de funcionamento do sistema, denominadas funções de operação e manutenção de equipamentos industriais. Estas funções consomem grandes quantidades de matéria-prima e energia que são retiradas do meio ambiente ao longo de um grande intervalo de tempo, denominado ciclo de vida do equipamento.

A pesquisa se concentra na avaliação do desempenho ambiental de equipamentos elétricos do SEP (Sistema Elétrico de Potência), para identificação dos aspectos, análise e interpretação dos impactos ambientais desses equipamentos do sistema de transmissão de extra-alta tensão foi utilizado o método de análise do ciclo de vida (ACV).

O “processo de análise do ciclo de vida” ACV foi inicialmente desenvolvido pela *Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)* e o *U.S Environmental Protection Agency (EPA)* (HENDRICKSON, 2006).

Neste sentido, a ACV é um processo consagrado para tornar os produtos menos poluentes, mais baratos e mais competitivos no mercado.

Para avaliação do desempenho ambiental de equipamentos o estudo verificou o retorno econômico e ambiental das práticas de otimização do ciclo de vida de produtos. A

pesquisa considerou práticas sustentáveis, como a remanufatura de contatos elétricos de disjuntores, remanufatura de óleo isolante e o reuso de gás isolante dielétrico SF₆ (hexafluoreto de enxofre).

No tocante à avaliação de fornecedores e criação de indicadores de desempenho ambiental, o estudo aplica a avaliação de desempenho ambiental (ADA), preconizada pela NBR ISO 14.031.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo geral

Aplicar princípios de sustentabilidade empresarial na cadeia de suprimentos de materiais e de sobressalentes utilizados nas atividades de operação e manutenção de equipamentos, com foco na avaliação do desempenho ambiental de equipamentos elétricos e redução de impactos ambientais através da remanufatura, reuso e logística reversa.

Objetivos específicos

1. Identificar e avaliar o desempenho de equipamentos de potência com maior risco de geração de impacto ambiental por falha de operação.
2. Identificar e quantificar os impactos ambientais através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de Equipamentos do sistema de transmissão de energia elétrica, na fronteira da operação e manutenção:
3. Avaliar fornecedores quanto ao desempenho da gestão ambiental, no processo de fabricação de equipamentos elétricos.

1.3 HIPÓTESES

- H1: A remanufatura de equipamentos elétricos reduz a utilização de recursos naturais;
- H2: A remanufatura reduz a quantidade de despejos oriundos de equipamentos elétricos, no meio ambiente;
- H3: A avaliação de desempenho em gestão ambiental qualifica a atuação de fornecedores com relação à produção sustentável.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Para atingir os objetivos propostos, de aplicação da sustentabilidade através de critérios de avaliação do ciclo de vida e remanufatura de produtos, segundo a Norma Brasileira NBR 14040 (2009), foi adotada no presente trabalho, a estruturação por capítulos. Nesta estruturação, se pretende fazer um encadeamento da metodologia apresentada com as vidências de práticas sustentáveis já utilizadas no negócio. Neste sentido, será feita a inserção no cenário de geração e transmissão de energia elétrica no Brasil, de forma a entender, ainda que superficialmente, as regras de contratação e as modificações introduzidas no setor pela Lei nº 10.848 de 2004.

Como produto final, o trabalho pretende introduzir uma discussão sobre a validade da aplicação de uma ferramenta de avaliação de fornecedores, baseada na Norma Técnica (ABNT) a NBR ISO 14031 (2004), como forma de assegurar a contratação de fornecimentos de produtos alinhados com a política de sustentabilidade empresarial desenhada para o setor elétrico pela Eletrobras.

O capítulo 2, cenário da pesquisa, tem por objetivo descrever o contorno das atividades de geração e transmissão de energia elétrica. Nesta abordagem, são explicitadas as questões técnicas básicas, relacionadas à atividade de geração e transmissão de energia elétrica e os aspectos econômicos ligados às implicações da regulação do setor, introduzidas pela Lei nº 10.848 de 2004. Esta lei alterou a forma de tarifação, estabelecendo a cobrança de acordo com o menor preço oferecido em leilões de energia realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e criou a avaliação do desempenho da qualidade dos serviços, representada pela dedução da parcela variável.

No capítulo 3, revisão bibliográfica, apresentam-se as técnicas pesquisadas a ser aplicadas nos processos de desenvolvimento e análise de desempenho ambiental de equipamentos de potência, de avaliação de desempenho de fornecedores, a qualificação de fornecedores e do produto.

O capítulo 4, metodologia da pesquisa, apresenta a utilização do método da avaliação de riscos de falha de equipamentos na operação. Neste capítulo, busca-se identificar a priorização para avaliação de impactos ambientais devido à operação e manutenção de equipamentos elétricos de potência. Esse estudo é fundamentado na análise do desempenho em inspeção de ensaios e a determinação do nível de riscos de falhas desses equipamentos considerando a série histórica dos resultados de inspeção realizada no período de 2007 a 2009.

O capítulo 5, estudo de caso, apresenta a aplicação da técnica de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), para a operação e manutenção de equipamentos elétricos. Neste capítulo, são analisados os ciclos de vida de diversos tipos de disjuntores de alta tensão e as avaliações econômicas e ambientais de práticas de otimização do ciclo de vida de produtos, como a remanufatura, reutilização e logística reversa. Neste capítulo, também são analisados os resultados da avaliação da gestão de desempenho ambiental de fornecedores do setor elétrico. Este estudo foi baseado na aplicação dos princípios das Normas ABNT NBR ISO 14001 Gestão Ambiental da e ABNT NBR ISO 14031- Avaliação de Desempenho Ambiental. A metodologia de ensaio utilizada foi a combinação de duas técnicas de pesquisa, aplicação direta de questionários e a análise de informações em publicações especializadas de gestão ambiental. Neste estudo, foi utilizada a pesquisa no anuário de análise de gestão ambiental de 2009, publicado pela análise.com.

O capítulo 6, discussão e proposições, apresenta os resultados da análise do ciclo de vida realizada na operação e manutenção de equipamentos elétricos de potência, da avaliação de desempenho ambiental de fornecedores de equipamentos e da viabilidade econômica realizada na aplicação de práticas sustentáveis. Este capítulo apresenta também uma proposta de um Sistema de Gestão Integrada para administração de um fluxo reverso de suprimento, contemplando a remanufatura, reutilização e reciclagem de produtos retornados da operação e manutenção.

Na conclusão, apresentam-se as principais contribuições do trabalho, principais dificuldades encontradas e sugestões para continuidade para o estudo.

2. O CENÁRIO DA PESQUISA

O Sistema Integrado Nacional (SIN)

Neste capítulo, será feita a contextualização do cenário onde ocorrem às atividades de transmissão de energia elétrica no Brasil. Neste cenário serão apresentadas as atividades de geração e transmissão de energia elétrica e o impacto dos custos ambientais nos componentes do faturamento da receita das empresas concessionárias de energia elétrica.

2.1 O SERVIÇO DE ELETRICIDADE NO BRASIL

A Constituição Federal, no seu artigo 21, inciso XII, letra b, estabelece como competência da União, a responsabilidade pelos serviços, instalações elétricas e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos.

Desta forma, a legislação prevê a atuação estatal nas atividades de geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica. Assim o Estado atua neste setor através da concessão de serviços, cuja outorga as empresas, subsidiárias, paraestatais e privadas ocorre através da realização de Leilões de Energia, onde o vencedor da concessão é escolhido através da oferta do menor preço pelo fornecimento.

2.2 SISTEMA INTEGRADO NACIONAL (SIN)

De acordo com a ANEEL (2008), o SIN contempla 96,6% de toda a capacidade de produção de energia elétrica do país, oriunda de fontes internas ou de importações, principalmente do Paraguai por conta da operação compartilhada da usina hidrelétrica de Itaipu.

O SIN abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte. Em 2008, concentrava aproximadamente 900 linhas de transmissão que somavam 89,2 mil quilômetros nas tensões de 230, 345, 440, 500 e 750 kV, também chamada rede básica, que além das grandes linhas entre uma região e outra, é composta pelos ativos de conexão das usinas e aqueles necessários às interligações internacionais.

A Figura 2.1, a seguir, representa esquematicamente o SEP (Sistema Elétrico de Potência) brasileiro. As subestações SE 1 e SE 2, interligam os sistemas de geração, transmissão e de distribuição de energia elétrica.

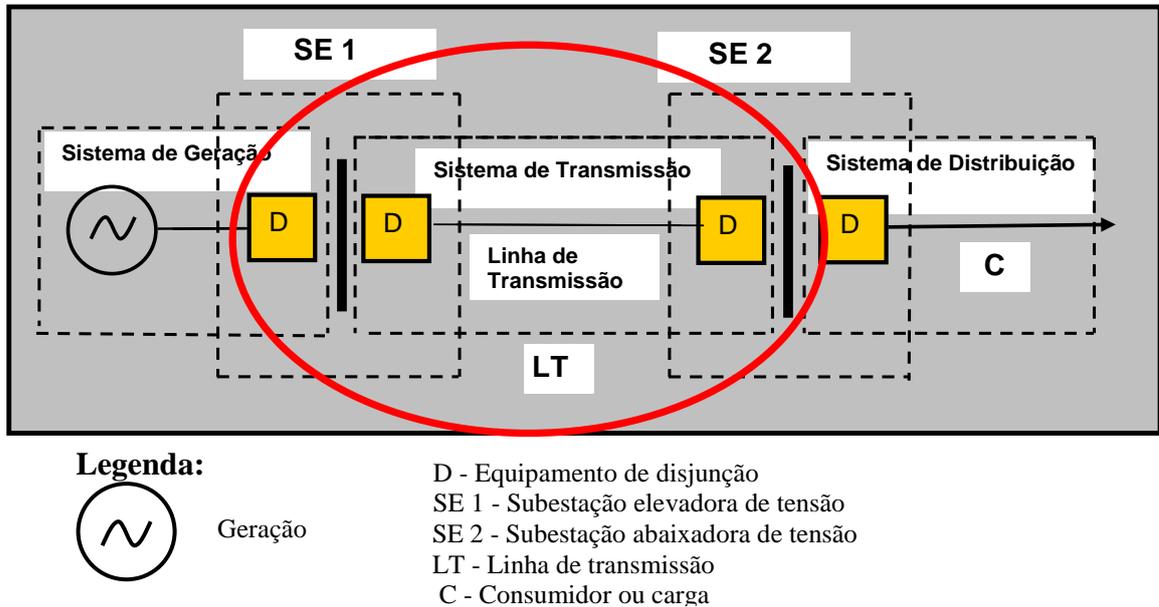


Figura 2.1 – Diagrama esquemático de um SEP, a fronteira do estudo.
Fonte: Autor (2010).

A região demarcada pela elipse no desenho esquemático da figura 2.1 representa a fronteira onde se encontram os equipamentos de potência objeto deste estudo que englobam os circuitos onde se encontram as subestações SE 1 e SE 2.

Conforme a ANEEL (2008), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é órgão responsável pela coordenação e controle da operação do SIN, realizada pelas companhias geradoras e transmissoras, sob a fiscalização e regulação da ANEEL.

A integração e operação coordenada, através do SIN, permitem a troca de energia elétrica entre as diversas regiões geográficas do território nacional. Este é um fato importante em um país como o Brasil, que possui usinas hidrelétricas localizadas em regiões com regimes hidrológicos diferentes. Como os períodos de estiagem de uma região podem corresponder ao período chuvoso de outra, a integração permite que a localidade em que os reservatórios estão mais cheios transmita energia elétrica para a outra região do país, onde os reservatórios estão mais vazios. Desta forma, é possível a preservação de energia represada sob a forma de água, que em momentos de escassez poderá gerar energia elétrica.

A troca de energia entre as diversas regiões pode ocorrer entre todos os consumidores e produtores interligados ao SIN. Também é possível, neste sistema, a integração e a operação

de usinas hidrelétricas e termelétricas em regime de complementaridade, que podem ser despachadas em momentos de baixa produção de hidrelétricas.

Tendo em vista que os custos da produção têm influência nas tarifas pagas pelo consumidor e dependem diretamente da fonte utilizada, estas se tornam variáveis passíveis de avaliação pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) para determinar que tipo de usina geradora deva entrar em operação.

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica Brasileiro (ANEEL, 2008), a energia hidrelétrica, no Brasil é mais barata, tendo em vista a abundância de fontes hídricas, é prioritária no abastecimento do mercado.

As termelétricas, normalmente, são acionadas para reforçar o sistema em momentos chamados como picos de demanda (em que o consumo sobe instantaneamente) ou como forma de preservar o nível dos reservatórios.

Na história recente do Brasil, há registro dessas ocorrências no início de 2008, quando o aumento na demanda por energia, aliada ao atraso no início do período chuvoso da região Sudeste, apontou para a necessidade de uma ação preventiva de uso racionalizado de energia, com objetivo de preservação dos reservatórios.

2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Banco de Informações de Geração (BIG), da ANEEL, *apud* Atlas de Energia Elétrica do Brasil, ANEEL (2008, p. 34), informa que em novembro de 2008, o Brasil contava com os seguintes empreendimentos de geração elétrica:

1.768 usinas em operação, que correspondem a uma capacidade instalada de 104.816 MW (megawatts) – número que exclui a participação paraguaia na usina de Itaipu. Do total de usinas, 159 são hidrelétricas, 1.042 térmicas abastecidas por fontes diversas (gás natural, biomassa, óleo diesel e óleo combustível), 320 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's), duas nucleares, 227 centrais geradoras hidrelétricas (pequenas usinas hidrelétricas) e uma solar. Este segmento conta com mais de 1.100 agentes regulados entre concessionários de serviço público de geração, comercializadores, autoprodutores e produtores independentes. As informações da Agência também demonstram que, desde 1999, o aumento na capacidade instalada do país tem sido permanente – ao contrário do que ocorreu no final dos anos 80 e início da década de 90, quando os investimentos em expansão foram praticamente paralisados. Em 2007, quatro mil MW foram agregados à capacidade instalada. O BIG relaciona, ainda, 130 empreendimentos em construção e mais 469 outorgados, o que permitirá a inserção de mais 33,8 mil MW à capacidade instalada no país nos próximos anos.

A maior parcela da potência elétrica nacional, tanto instalada quanto prevista, é oriunda de usinas hidrelétricas. Em segundo lugar, estão as térmicas e, logo a seguir, o conjunto de empreendimentos menores.

2.4 O SISTEMA ELETROBRAS

A controladora do sistema (*holding*)

De acordo com a Eletrobras (2008), esta empresa *holding* do Sistema Elétrico Brasileiro, Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras), é uma empresa de capital aberto, controlada pelo governo brasileiro e foi criada no ano de 1962, com características de gestão governamental.

Sua atribuição compreende:

Promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações destinadas ao suprimento de energia elétrica do país. Presente em todo o Brasil, o Sistema Eletrobras tem capacidade instalada para a produção de 39.413 MW, incluindo metade da potência da usina de Itaipu. A criação de uma *holding* para a gestão do Sistema Elétrico Brasileiro havia sido proposta em 1954, pelo então Presidente da República Getúlio Vargas, porém o projeto sofreu grande oposição, só sendo aprovado após sete anos de intensas discussões (ELETROBRAS, 2009 Disponível em: < <http://www.eletrobras.com>>. Acesso: em 26 dez. 2009).

De acordo com dados da própria Eletrobras (2009), a instalação da *holding*, ocorreu oficialmente no dia 11 de junho de 1962, no Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), no Palácio Laranjeiras, no Rio de Janeiro, com a presença do presidente João Goulart.

Na condição de *holding*, a Eletrobras controla grande parte dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil por intermédio de seis subsidiárias: CHESF, Furnas, Eletrosul, Eletronorte, CGTEE e Eletronuclear.

Além de principal acionista dessas empresas, a Eletrobras, em nome do governo brasileiro, detém metade do capital de Itaipu Binacional.

A *holding* também controla o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e a Eletrobras Participações S.A. (Eletropar). Além disso, atua na área de distribuição de energia por meio das empresas Eletroacre (AC), Ceal (AL), Cepisa (PI), Ceron (RO), Amazonas Energia (AM) e Boa Vista Energia (RR) (ELETROBRAS, 2009).

Segundo a Eletrobras (2009), a capacidade de geração do Sistema, incluindo metade da potência de Itaipu pertencente ao Brasil, é de 39.402 MW, o que corresponde a 38% do total nacional.

As linhas de transmissão do sistema têm 59.765 km de extensão, representando cerca de 56 % do total das linhas de transmissão do Brasil.

2.4.1 Geração hidrelétrica no sistema integrado nacional (SIN)

No processo de geração, a corrente elétrica é produzida nas grandes centrais elétricas por geradores. Estes geradores são dispositivos que transformam uma forma de energia (hidráulica, térmica, eólica, etc.), em energia elétrica. Em uma usina hidrelétrica, por exemplo, a energia mecânica da queda d'água é usada para colocar o gerador em rotação e, portanto, nestas usinas, temos a transformação de energia mecânica em energia elétrica.

Para cumprimento da atividade de geração hidrelétrica, onde necessita transformar a energia mecânica do movimento da água em energia elétrica a ser transmitida aos centros de consumo, diversos tipos de equipamentos de geração de energia, como geradores de transformação hidrelétrica, diversos tipos de turbinas motogeradoras e outros variados equipamentos eletromecânicos são necessários

2.4.2 Geração termelétrica no sistema integrado nacional (SIN)

Nas usinas termelétricas, o gerador é acionado pelo vapor d'água produzido por uma caldeira aquecida. Para aquecer esta caldeira, utiliza-se o calor desenvolvido na combustão de óleo ou carvão e, assim, nestas usinas temos a transformação da energia térmica em energia elétrica. As usinas nucleares funcionam da mesma maneira que uma usina termelétrica, com a única diferença que o calor utilizado para produzir o vapor que aciona o gerador é obtido por meio de reações nucleares que se desenvolvem em um reator atômico. Portanto, nestas usinas, há a transformação de energia nuclear em energia elétrica.

Nestas usinas são necessários uma grande variedade de equipamentos de transformação eletromecânica, como turbinas geradoras a gás natural, motores a combustão interna, motores elétricos e diversos equipamentos eletromecânicos.

2.5 ATIVOS E EQUIPAMENTOS DO SISTEMA ESTUDADO

O sistema elétrico estudado participa nas atividades de geração, transmissão e comercialização de energia, desta forma não é de sua competência a atividade de distribuição de energia elétrica. Atividade de distribuição é considerada uma atividade de varejo, que fica a cargo de distribuidores regionais, que atuam no âmbito de cada estado da federação.

2.5.1 O sistema de transmissão

Segundo dados da ANEEL (2009), o Brasil tem hoje mais de 176 mil quilômetros de Linhas de Transmissão, o que o coloca entre os quatro maiores no *ranking* mundial em extensão na área de transmissão.

A rede nacional está configurada em linhas com tensões de 138, 230, 345, 500, 750 e ± 600 kV (linhas de Itaipu).

Um sistema de transmissão é definido como um conjunto de Linhas de Transmissão interligadas a Subestações, que funcionam como abaixadoras e elevadoras de tensão.

2.5.2 Equipamentos do sistema de geração

A energia elétrica produzida em um gerador de potência é normalmente gerada em 13,8 kV. Os equipamentos mais relevantes na geração são os conjuntos eletromecânicos, as turbinas de geração e os motores a combustão interna, no caso das usinas termelétricas.

2.5.3 Equipamentos do sistema de transmissão

Devido ao efeito “*Joule*”, que representa a perda de energia por dissipação térmica nos meios de transmissão, a energia elétrica gerada nas usinas para ser transmitida necessita ser elevada a ordem de centenas de milhares de volts. Para executar esta tarefa são necessárias diversas subestações elevadoras e abaixadoras de tensão, que são instaladas ao longo do percurso de toda linha de transmissão.

Para efetuar a transmissão da energia elétrica gerada nas usinas, quer sejam hidrelétricas ou termelétricas, torna-se necessário à utilização de um sistema de transmissão de potência elétrica. A função deste sistema de potência é conduzir a energia elétrica

produzida nos geradores de transmissão, através de Linhas de Transmissão, até os centros de consumo, geralmente situados em regiões de grande densidade populacional.

2.5.3.1 Subestações de transmissão (SE)

Subestações são instalações do sistema de potência, responsáveis por elevar, abaixar a tensão ou mesmo de fazer a retificação da tensão, de corrente alternada para contínua ou vice-versa. O funcionamento do sistema de transmissão, considerando as subestações e as linhas de transmissão, consiste basicamente em elevar a tensão de cerca de 13,8 KV (tensão básica de geração) para ser aplicada às linhas de transmissão em potência elevada, normalmente da ordem de milhares de volts, as faixas de transmissão mais utilizadas no Brasil, são as de faixas de energia elétrica, normalmente transmitidas no Brasil, estão nas classes de tensão de 138, 230, 345, 500, 750 e ± 600 KV, está última no sistema de corrente contínua de Itaipu.

Em uma subestação existem diversos equipamentos elétricos, que são responsáveis pelo serviço de transmissão, além de outros elementos de telecomunicação e de supervisão do sistema. Entre os diversos equipamentos de transmissão, podemos citar como mais importantes: transformadores de tensão, chaves seccionadoras e disjuntores de circuito. Entre estes, o transformador de tensão, elemento responsável por realizar a transformação de níveis de tensão, tanto abaixando, como elevando as tensões, de maneira a permitir a sua transmissão através das subestações, desempenha papel crucial na atividade de transmissão.

A Figura 2.2, a seguir, ilustra o posicionamento das subestações nos sistemas de transmissão de energia elétrica.

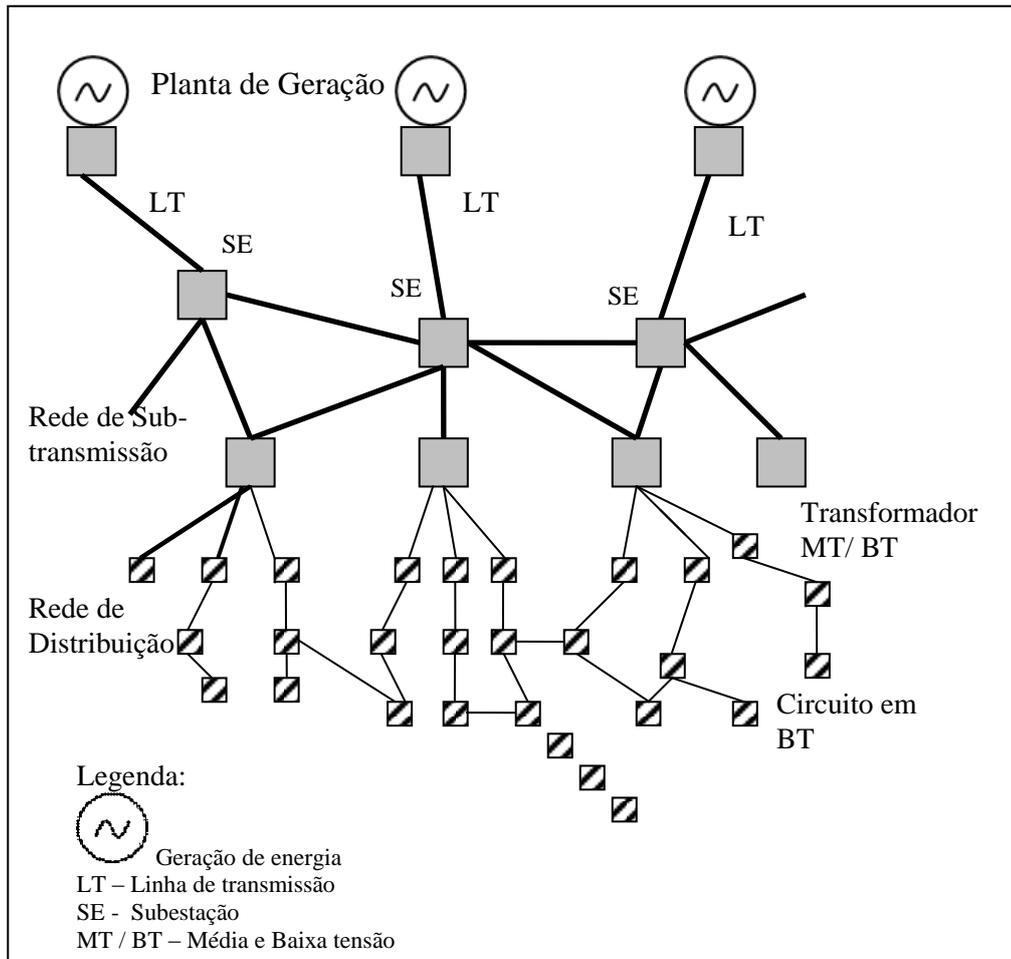


Figura 2.2 - Estrutura elétrica de um sistema de potência.
Fonte: Autor (2010)

2.6 O NOVO MODELO DO SETOR ELÉTRICO

De acordo com Júnior (2009), o modelo institucional do setor de energia elétrica sofreu duas grandes mudanças desde a década de 90.

A primeira mudança ocorrida no setor envolveu a privatização das companhias operadoras, teve início com a Lei nº 9.427, de dezembro de 1996, que criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e determinou que a exploração dos potenciais hidráulicos fosse concedida por meio de concorrência ou leilão, em que o maior valor oferecido pela outorga (uso do bem público) determinaria o vencedor.

A segunda mudança sofrida pelo setor elétrico ocorreu em 2004, com a introdução do Novo Modelo do Setor Elétrico, que teve como objetivos principais: garantir a segurança no suprimento; promover a modicidade tarifária; e promover a inserção social, em particular pelos programas de universalização. A implantação destes programas marcou a retomada da

responsabilidade do governo, pelo planejamento do setor de energia elétrica no Brasil (ANEEL, 2009).

A partir de 2004, houve uma mudança no critério utilizado para concessão de novos empreendimentos de geração. Passaram a haver os leilões de energia, onde o investidor que oferecesse o menor preço para a venda da produção das futuras usinas seria considerado o vencedor da licitação. O novo modelo, também, instituiu dois ambientes para a celebração de contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), exclusivo para geradoras e distribuidoras, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres.

2.7 TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo a ANEEL (2009), o segmento de transmissão no Brasil em 2008 estava composto, por cerca de 90 mil quilômetros de linhas e operado por 64 concessionárias.

As empresas que obtiveram as concessões ao participar de leilões públicos promovidos pela ANEEL são responsáveis pela implantação e operação da rede que liga as usinas às instalações das companhias distribuidoras localizadas junto aos centros consumidores (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008).

A principal característica do setor elétrico de transmissão brasileiro é a sua divisão em dois grandes blocos: o Sistema Interligado Nacional (SIN), que abrange a quase totalidade do território brasileiro, e os Sistemas Isolados, instalados principalmente na região Norte do país.

A Figura 2.3, a seguir, apresenta a malha de transmissão presente no território nacional, incluindo as previsões de ampliações estudadas pela ANEEL.

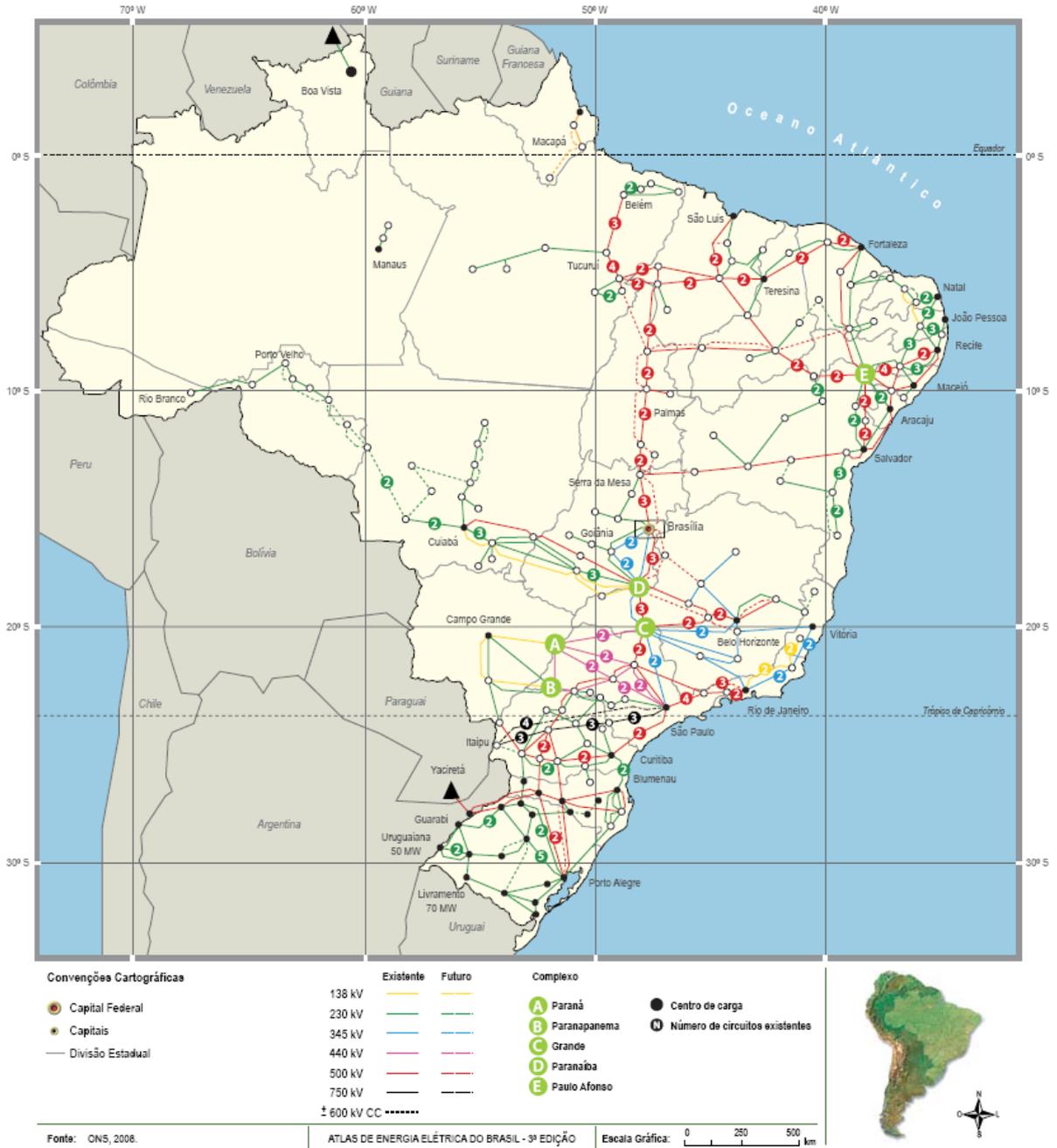


Figura 2.3 – Sistema brasileiro de transmissão de energia elétrica – horizonte 2007-2009.
 Fonte: ANEEL, *apud* Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008).

2.8 ESTRUTURA DE UM SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA (SEP)

O setor elétrico mundial tem passado por amplo processo de reestruturação organizacional. No modelo atual os sistemas elétricos são tipicamente divididos em segmentos como: geração, transmissão, distribuição, e comercialização.

2.8.1 Estruturação do setor elétrico brasileiro

No Brasil, o processo de reestruturação foi desencadeado com a criação de um novo marco regulatório, a desestatização das empresas do setor elétrico, e a abertura do mercado de energia elétrica.

A Figura 2.4, a seguir, apresenta a estrutura organizacional do SEP brasileiro após a reestruturação ocorrida no setor, em 2004 com a criação dos órgãos reguladores.

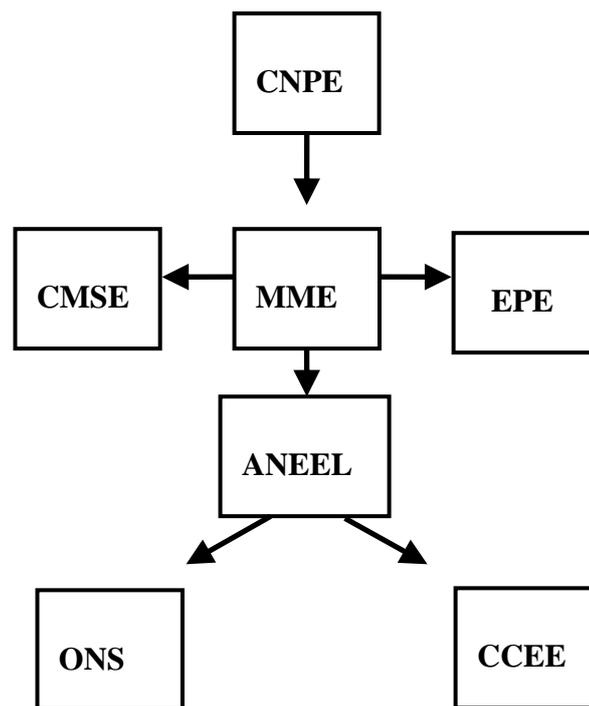


Figura 2.4 - Estrutura organizacional dos agentes do setor elétrico brasileiro.
Fonte: ANEEL. Elaboração Autor (2010).

Para gerenciar este novo modelo do setor elétrico, o Governo Federal criou a estrutura organizacional apresentada pela ANEEL e definida a seguir:

- a) Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) - órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia,

visando, dentre outros, o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país, a revisão periódica da matriz energética e a definição de diretrizes para programas específicos;

- b) Ministério de Minas e Energia (MME) - encarregado de formulação, do planejamento e da implantação de ações do Governo Federal no âmbito da política energética nacional. O MME detém o poder concedente;
- c) Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) - constituído no âmbito do MME e sob sua coordenação direta, com a função precípua de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletro energético em todo o território;
- d) Empresa de Pesquisa Energética (EPE) - empresa pública federal vinculada ao MME tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético;
- e) Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - autarquia vinculada ao MME, com finalidade de regular a fiscalização, a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal. A ANEEL detém os poderes reguladores e fiscalizador;
- f) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, tem por objetivo executar as atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão, no âmbito do SIN (Sistema Interligado Nacional). O ONS é responsável pela operação física do sistema e pelo despacho energético centralizado;
- g) Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) - pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, com finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional - SIN. Administra os contratos de compra e venda de energia elétrica, sua contabilização e liquidação. A CCEE é responsável pela operação comercial do sistema.

A comercialização de energia elétrica é atualmente realizada em dois ambientes diferentes:

- Ambiente de Contratação Livre (ACL): destinado ao atendimento de consumidores livres por meio de contratos bilaterais firmados com produtores independentes de energia, agentes comercializadores ou geradores estatais. Estes últimos só podem fazer suas ofertas por meio de leilões públicos;

- Ambiente de Contratação Regulada (ACR): destinado ao atendimento de consumidores cativos por meio das distribuidoras, sendo estas supridas por geradores estatais ou independentes que vendem energia em leilões públicos anuais.

2.9 O MODELO ECONÔMICO APÓS O MARCO REGULATÓRIO

Segundo a ANEEL (2009), conforme critérios editados em Resoluções Normativas, a rede básica de transmissão, é definida em síntese, como o conjunto dos equipamentos de transmissão de energia que operam sob determinados níveis de tensão, geralmente iguais ou superiores a 230 KV.

Neste sentido, o modelo econômico que norteia a prestação de serviços de transmissão de energia elétrica na Rede Básica de Transmissão é fundamentado em uma nova estrutura reguladora.

De acordo com Junior (2009, p.45), o setor elétrico brasileiro está organizado segundo um conjunto de resoluções e documentos da ANEEL, que definem a cobrança tarifária no novo marco regulatório é mostrado a seguir:

- a) A resolução número 066 ANEEL, 066/99, estabelece a composição da chamada rede básica do sistema elétrico interligado brasileiro, suas conexões e as respectivas empresas proprietárias das instalações;
- b) a resolução número 247 ANEEL, 247/99, alterou as condições gerais da prestação de serviços de transmissão e contratação do serviço do acesso, compreendendo os Contratos de Prestação do Serviço de Transmissão - CPST, Contratos de Uso do Sistema de Transmissão - CUST e dos Contratos de Conexão ao Sistema de Transmissão - CCT, vinculados à celebração dos Contratos Iniciais de Compra e Venda de Energia Elétrica;
- c) a partir das resoluções normativas 066 e 247 ficaram estabelecidas as regras para administração dos serviços de transmissão. A resolução 270 ANEEL (2007) publicada pela ANEEL em 26 de junho de 2007 estabeleceu as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à indisponibilidade das instalações integrantes da rede básica do SIN;
- d) com base no CPST e com os Critérios de Qualidade, definidos na Resolução nº 270/2007, da ANEEL, as empresas transmissoras poderão ter suas receitas anuais descontadas do valor da parcela variável da receita permitida (PV), de modo a refletir a efetiva disponibilidade das instalações de transmissão.

Considerando estas definições, de acordo com a ANEEL, a avaliação do Lucro Anual - LA da transmissora pode ser calculada através da equação:

$$LA = (RAP - PV) - CA$$

Onde:

LA - lucro anual da transmissora;

RAP - receita anual permitida da transmissora;

CA - custo anual, incluindo operação, manutenção, amortização do investimento, etc.;

PV - parcela variável da receita anual permitida.

Desta forma, quanto maior for a disponibilidade dos ativos da empresa, menor será a PV (dedução da receita assegurada), o que incentiva a empresa a buscar um menor patamar de indisponibilidade possível.

Observamos então, que diferentemente dos geradores e comercializadores, que têm liberdade para estabelecer seu preço no ambiente competitivo, a receita oriunda da transmissão é estabelecida pela ANEEL, como uma RAP paga pelo aluguel de seus ativos.

Assim, fica demonstrado que o lucro anual da transmissora (LA) é função de variáveis aleatórias, ou seja, depende dos índices de indisponibilidade programada (manutenção preventiva) e não programada. Por sua vez, esta última, depende da frequência e das durações das falhas dos ativos de transmissão.

O modelo do CPST de 31/07/2007 (ONS, 2007, p.6) define a parcela variável por indisponibilidade de equipamentos como:

Parcela a ser deduzida do PAGAMENTO BASE por DESLIGAMENTOS PROGRAMADOS ou OUTROS DESLIGAMENTOS decorrentes de eventos envolvendo o equipamento principal e/ou os complementares da FUNÇÃO TRANSMISSÃO, de responsabilidade da TRANSMISSORA.

A cláusula 26^a do modelo do CPST de 31/07/2007 (ONS, 2007, p.13) estabelece:

A TRANSMISSORA poderá ter sua RECEITA ANUAL PERMITIDA reduzida de uma PARCELA VARIÁVEL POR INDISPONIBILIDADE-PVI e de uma PARCELA VARIÁVEL POR RESTRIÇÃO OPERATIVA TEMPORÁRIA-PVRO, descontadas mensalmente do PAGAMENTO BASE - PB, refletindo a efetiva disponibilização e capacidade das FUNÇÕES TRANSMISSÃO-FT relacionadas nos ANEXOS I e II deste CONTRATO, nos termos dos parágrafos desta Cláusula e da regulamentação específica que trata da qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica da REDE BÁSICA.

Conceitos Básicos da Resolução ANEEL 270 (2007):

De acordo com os Procedimentos de Rede ONS 15.6, Rev. 01 (2009), são apuradas as indisponibilidades decorrentes de desligamentos e atrasos na entrada em operação dos seguintes componentes de uma empresa transmissora de energia:

- Linhas de transmissão;
- transformadores;
- bancos de capacitores;

- compensadores estáticos;
- compensadores síncronos;
- reatores;
- compensadores em série.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o resultado de uma pesquisa bibliográfica realizada em diversas fontes, como: legislação brasileira, livros, periódicos constantes da plataforma Capes, e publicações relativa ao tema Gestão Ambiental e Análise do Ciclo de Vida.

O objetivo desta revisão bibliográfica é fazer uma análise acerca dos diversos estudos que estão sendo realizados sobre o tema e, se possível, identificar o estado da arte nesta área do conhecimento.

Na pesquisa de periódicos constantes da plataforma Capes, foi realizada uma busca utilizando as palavras-chave: *environmental management*, *life cycle assessment (LCA)*, *logistic reverse*, *remanufacturing*, *electrical equipment* e *electrical power sector*. As combinações de conjunto de palavras resultaram em uma amostra de artigos, esses artigos foram utilizados como base da pesquisa e constam da referência bibliográfica deste trabalho.

Na identificação das ferramentas que serão importantes para avaliar o desempenho ambiental de equipamentos e a qualificação de fornecedores, foram considerados os interesses dos diversos *stakeholders* envolvidos. Esta abordagem considerou os interesses de vários atores, como governo, organizações internacionais, sociedade civil e o setor privado.

De acordo com Thabrew (2009), diversas ferramentas de avaliação, para integrar os aspectos de sustentabilidade, têm sido desenvolvidas, como avaliação de impactos ambientais (AIA), avaliação de impactos sociais (AIS) e avaliação de riscos (AR).

O método de avaliação do ciclo de vida (ACV), realizado ao longo de um processo de fabricação ou de serviços, pode apontar os impactos importantes para os envolvidos no negócio (THABREW, 2009).

Nesta abordagem de estudo, alguns estágios do processo devem ser considerados, como:

- Processo de extração de material;
- Fabricação;
- Transporte para o local de construção ou montagem;
- Montagem ou construção;
- Manutenção;
- Fim de vida ou disposição final.

3.1 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA)

O principal motivo pelo qual se utiliza um SGA (Sistema de Gestão Ambiental) deve ser a prevenção de ações que possam degradar o meio ambiente, o qual pode ser atingido através da criação de mecanismos que permitam minimizar a poluição ambiental tendo como consequência o desenvolvimento sustentável (PESSOA, 2007 *apud* ZOGBI, 2007).

Organizações de todos os setores estão cada vez mais preocupadas em atingir e demonstrar um desempenho ambiental adequado, por meio do controle dos impactos de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, coerente com sua política e seus objetivos ambientais (ABNT NBR ISO 14.001: 2004).

As empresas agem assim devido a um contexto de legislação cada vez mais exigente, devido ao desenvolvimento de políticas econômicas e outras medidas visando adotar a proteção ao meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelas partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável.

A Figura 3.1, a seguir, apresenta o relacionamento entre as atividades de manutenção, gerenciamento dos recursos e os resultados obtidos, alvos da gestão ambiental.

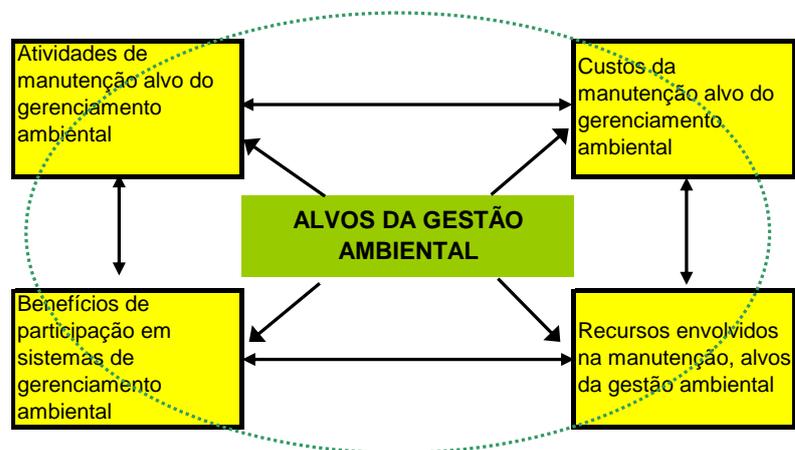


Figura 3.1 – Relacionamento entre as atividades de manutenção e gestão ambiental.

Fonte: Thabrew (2008), adaptação do autor.

3.1.1 Práticas sustentáveis

A taxa atual de extração de material da crosta terrestre não é sustentável. Esta falta de sustentabilidade, não é só devido ao esgotamento dos recursos, mas também devido aos problemas causados pelos resíduos (SUNDIN, *et. al.*, 2005).

Para Serra (2007), os riscos representados pelo esgotamento dos recursos naturais, aumento do consumo, devido ao crescimento populacional e pelo incremento da atividade industrial, fazem com que, haja uma tendência de redução do ciclo de vida de produtos.

A remanufatura é definida como o retorno sistemático e regular de um bem a cadeia produtiva, para que, após reparo, possa voltar ao uso como novo, mantendo as suas especificações originais, (SERRA e BARBAESTEFANO, *et. al.*, 2007).

3.1.2 Fluxo reverso de suprimentos

O rápido avanço da tecnologia resulta em um reduzido ciclo de vida do produto. Esta situação, e o desenvolvimento de hábitos de consumidores de produtos descartáveis tem causado uma grande quantidade de resíduos, esgotamento rápido de recursos e danos ao meio ambiente (HUANG, *et. al.*, 2008).

Stocker, *apud* Huang, *et. al.* (2008), definiu logística reversa como os processos associados aos fluxos de retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reutilização de materiais, redução da disposição de resíduos e remanufatura.

Logística reversa é um sistema recuperável que aumenta a vida útil do produto por meio da reciclagem, reparação, renovação e remanufatura (HUANG, *et. al.*, 2008).

Para Jaber, *et. al.* (2009), logística reversa deu origem ao impulso para coleta e remanufatura de produtos utilizados para assim, reduzir o desperdício e conservar recursos naturais.

3.1.3 Prevenção da poluição

O “efeito estufa” é a presença de gases na atmosfera, que formam uma camada que permite que a irradiação da luz do sol chegue à superfície da Terra, mas que impede o calor irradiado e refletido pelo solo retorne ao espaço, transformando-a numa estufa natural (CERQUEIRA, 2010, p. 96).

Neste sentido, para prevenção da poluição ambiental que pode contribuir significativamente para o efeito estufa, será utilizada neste estudo a abordagem de identificação e avaliação de potencial de geração de gases do efeito estufa prevista na NBR ISO 14.064 parte 1.

3.2. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS EM FLUXO REVERSO

De acordo com Sundin (2005), remanufatura não é um fenômeno novo, pois já tem sido utilizada na indústria durante algum tempo, especialmente na indústria automotiva americana.

Entretanto, como conceito a ser utilizado em um modelo voltado para a funcionalidade do produto, tem uma aplicação mais recente.

Por isso, remanufatura promove a múltiplas reutilizações dos materiais e também permite aos fabricantes atualizar a qualidade e as funções dos seus produtos de forma constante, sem fabricação de produtos novos.

Kerr *apud* Sunding (2005) apresentam uma descrição mais completa de um processo genérico de remanufatura. As empresas têm diferentes estratégias de remanufatura para escolher.

Na primeira hipótese, os produtos são totalmente desmontados e posteriormente, a identificação de erros é realizada. Na segunda possibilidade a inspeção ocorre como o primeiro passo, com a definição antecipada das partes componentes do produto que precisam ser substituídas.

3.2.1 O princípio de logística reversa

Com objetivo de encontrar registros de trabalhos que recomendassem a logística reversa de produtos como prática viável econômica e ambientalmente, a pesquisa bibliográfica foi direcionada a trabalhos nacionais e internacionais. Neste sentido, até a etapa de busca de dados deste trabalho a Regulação no país ainda se encontrava em fase bastante incipiente, no que tange a definição de responsabilidade quanto à destinação final, reaproveitamento e fluxo reverso de produtos reaproveitáveis ou passíveis de remanufatura. Entre as exceções estava a Resolução CONAMA nº 258 de 1999, que trata da obrigatoriedade de produtores de pneus serem responsabilizados pela reciclagem e destino final dos seus produtos.

Entretanto, confirmando notícias de projeto de lei em tramitação no Congresso Nacional, finalmente foi editada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que busca disciplinar a responsabilidade de cada participante da cadeia de suprimento, pela destinação adequada de resíduos em todo o ciclo de vida do produto fabricado. Neste sentido, em agosto de 2010 a Normalização legal brasileira sofreu um avanço no que tange a política de resíduos sólidos, neste mister destaca-se a edição da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa lei, além do seu objetivo precípuo de disciplinar a matéria da gestão e destinação final de resíduos alterou o texto da lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 que trata da questão das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

3.2.2 Conceitos e definições acerca do ciclo de vida de produtos

A Lei nº 12.305 de 2010, definiu diversas atividades e funções ambientais de interesse nesse estudo. Neste sentido, alguns termos se destacam para o entendimento da interface da Política Nacional de Resíduos e a abordagem adotada no presente estudo.

A seguir estão transcritas algumas definições contidas no Capítulo II Art. 3º do citado documento:

Logística reversa: é o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Ciclo de vida do produto: é a série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final.

Reutilização: é o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

Reciclagem: é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

Destaca-se que Lei 12.305 (2010), em seu capítulo II, não considerou a definição de remanufatura, constando apenas as definições de logística reversa, ciclo de vida do produto, reutilização e reciclagem entre outras definições ligadas à Política de Resíduos Sólidos.

3.2.3 O princípio dos “3R”

Segundo Kim, *et al.*, (2006), logística reversa pode ser categorizada em vários tipos, conforme a opção de tratamento dada ao produto antes de reutilizá-lo. Estas opções podem ser classificadas em três grandes categorias, como reuso ou reutilização, reciclagem e remanufatura (KIM, *et. al.*, 2006).

3.2.4 Reuso ou reutilização

Na reutilização o retorno do produto pode ser feito a partir de produtos usados mais de uma vez através de limpeza ou reprocessamento, como ocorre em produtos como cartuchos, pallets e garrafas (KIM, *et. al.*, 2006).

Como exemplos de processos de produtos retornáveis, mais conhecidos, podem ser citados: garrafas retornáveis de bebidas, embalagens de mudanças, *paletes* de entrega, entre outros.

3.2.5 Reciclagem

De outra forma, reciclagem denota material recuperado que volta a percorrer todo o fluxo de manufatura do produto original, como exemplo dessa prática tem o metal, vidro, papel e plástico (KIM, *et. al.*, 2006).

3.2.6 Remanufatura

O processo de remanufatura é definido de acordo com o contexto socioeconômico de cada região e suas relações de mercado (KIM, *et. al.*, 2006).

Neste sentido, Kim, *et. al.* (2006), ressalta que alguns aspectos, porém, são comuns a todos os processos de remanufatura, como a exigência de testes e controle de qualidade, compatibilidade com o produto novo e garantia total do produto remanufaturado.

Entretanto, é importante ressaltar que a remanufatura também consome recursos durante o processo, como energia, água e recursos naturais, além de embalagem e transporte para o retorno dos produtos, por isso é um processo que também deve levar em consideração os aspectos ambientais em que está inserido.

Desta forma, verifica-se que remanufatura é um processo distinto de uma operação de reparo, pois na remanufatura os produtos são completamente desmontados e algumas de suas partes são retornadas as condições de “como novas”, podendo ser feitas até, adaptações estéticas.

Este é um processo interessante para as empresas que podem se tornar ambientalmente mais eficazes, através do reuso e redução das quantidades de material utilizado na fabricação de seus produtos. Remanufatura pode ser importante para a sobrevivência das empresas, devido ao constante risco de questionamento de suas ações voltadas para o meio ambiente.

Na remanufatura, produtos descartados são completamente desmontados, através de uma série de processos industriais em centros ambientais. Partes aproveitáveis são limpas, recondiçionadas e armazenadas em um centro de suprimento (KIM, *et. al.*, 2006).

Quando um novo produto é remontado a partir de um antigo, onde novas partes são necessárias e inseridas para que haja equivalência, o que em alguns casos, pode torná-lo superior em desempenho e expectativa de vida útil, em relação ao produto original.

Nota-se que remanufatura, objeto deste estudo, é um processo industrial em que produtos descartados são restaurados à condição de novos, como acontece com máquinas eletrônicas, cartucho para impressoras e peças de automóveis.

Com o aumento dos impactos ambientais e a legislação ambiental cada vez mais restritiva, a logística reversa tem recebido crescente atenção desde a última década. Na logística reversa, produtos retornados pelo cliente, são novamente usados no mercado (KIM, *et. al.*, 2006).

3.2.7 A responsabilidade compartilhada pela gestão de resíduos

Os artigos 30 e 31 da Lei 12.305 (2010) instituíram a figura jurídica da responsabilidade compartilhada, a redação desses artigos ficou da seguinte forma:

Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.

Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com o de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;

- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
 - III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
 - IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
 - V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
 - VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
 - VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.
- Art. 31. Sem prejuízo das obrigações estabelecidas no plano de gerenciamento de resíduos sólidos e com vistas a fortalecer a responsabilidade compartilhada e seus objetivos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm responsabilidade que abrange:
- I - investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos:
 - a) que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada;
 - b) cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível;
 - II - divulgação de informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos;
 - III - recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, assim como sua subsequente destinação final ambientalmente adequada, no caso de produtos objeto de sistema de logística reversa na forma do art. 33;
 - IV - compromisso de, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o Município, participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, no caso de produtos ainda não inclusos no sistema de logística reversa.

3.2.8 Cadeia de suprimento para remanufatura

Existem diversos tipos de sistemas de remanufatura de acordo com o tipo de indústria considerado. Entretanto, também existem tipos de remanufatura que podem ser comuns a mais de um tipo de indústria, podendo ser classificados em etapas características, como: coleta, desmontagem, reparo e montagem. Neste sentido, considera-se esse sistema de remanufatura como padrão, sem perda da generalidade.

O sistema de remanufatura começa com produtos retornados pelo cliente, incluindo produtos que chegaram ao fim da vida útil (KIM, *et. al.*, 2006).

Produtos compostos de várias partes, ao serem retornados são desmontados para remanufatura, as partes que não podem ser remanufaturadas no local, podem ser enviadas para empresas de remanufatura subcontratadas.

De uma maneira geral, produtos destinados a remanufatura têm suas partes, retornadas, limpas no local de coleta, que posteriormente são enviadas para o local de desmontagem. Nesse local, as partes desmontadas são classificadas em utilizáveis e não utilizáveis.

3.2.9 O fluxo reverso de suprimento

As partes utilizáveis, oriundas de serviços de manutenção seguem para o local de manuseio, onde sofrem nova limpeza e reparo. As partes consideradas não aproveitáveis são encaminhadas como resíduos industriais para o local de disposição, onde deve ter o adequado tratamento de disposição final.

As partes reaproveitáveis, após sofrerem recondicionamento, voltam ao “estado de novas” e são estocadas no centro de suprimento ao lado das peças adquiridas no mercado e com as vindas da empresa de remanufatura contratada. Finalmente, partes estocadas no centro de suprimento, podem ser enviadas para a linha de fabricação ou frentes de manutenção.

Em um processo genérico de remanufatura que se inicia pela inspeção prévia do equipamento a ser remanufaturado, devem ser previstas sete etapas: inspeção, limpeza, desmontagem, armazenagem, reparo, remontagem e testes.

A Figura 3.2, a seguir mostra as sete etapas previstas em um processo genérico de remanufatura que tem como base a inspeção prévia.

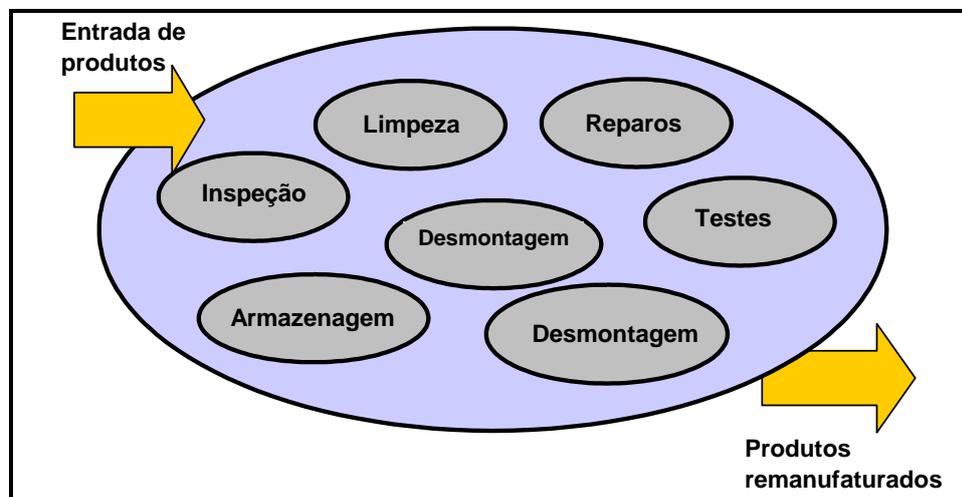


Figura 3.2 – Etapas de um processo genérico de remanufatura
Fonte: Sundin, *et. al.*, com adaptações (2010).

3.2.9.1 Inspeção

A primeira etapa do processo de remanufatura, neste caso, é a investigação a falha do produto, de forma a identificar as causas que levaram a falha e as partes que necessitam ser reparadas. Normalmente, nessa fase já existe um relatório de falha no histórico do

equipamento, fornecido pela atividade de operação e manutenção do sistema, que pode subsidiar esta fase de identificação.

Os critérios a serem observados nesta etapa, para a viabilidade do processo de remanufatura são:

- Facilidade de identificação;
- Facilidade de verificação;
- Facilidade de acesso.

3.2.9.2 Limpeza

Esta segunda etapa do processo de remanufatura deverá ser executada, preferencialmente, próximo ao local de armazenagem, por pessoal treinado e em local adequado, respeitando-se exigências ambientais e de segurança ocupacional, previstas na legislação vigente.

Os critérios a serem observados nesta etapa, para a viabilidade do processo de remanufatura são:

- Facilidade de acesso;
- Resistência ao desgaste.

3.2.9.3 Desmontagem

Esta terceira etapa do processo de remanufatura deverá ser executada de maneira análoga à etapa de limpeza, no que se refere aos cuidados com o meio ambiente e a saúde ocupacional. Nesta etapa, serão removidas as partes que apresentaram mau funcionamento e separados os componentes passíveis de serem recuperados.

Os critérios a serem observados nesta etapa, para a viabilidade do processo de remanufatura são:

- Facilidade de identificação;
- Facilidade de acesso;
- Facilidade de manuseio;
- Facilidade de separação;
- Resistência ao desgaste.

3.2.9.4 Armazenagem

A quarta etapa da remanufatura deverá ser operacionalizada na central de remanufatura, utilizando-se os parâmetros de gestão de material previstos para os materiais adquiridos no mercado. Este processo de gestão deverá adotar a mesma codificação de materiais prevista para a catalogação dos equipamentos permanentes e materiais sobressalentes existentes na cadeia convencional de suprimentos.

Os critérios a serem observados nesta etapa, para a viabilidade do processo de remanufatura são:

- Facilidade de identificação;
- Facilidade de manuseio;
- Facilidade de estocagem.

As demais etapas do processo de remanufatura, reparo, remontagem e testes deverão ser executados de maneira análoga às etapas anteriores.

Os principais cuidados a serem tomados, devem ser: a capacitação do pessoal de manutenção nos critérios observados na fabricação do equipamento e a montagem segundo o fiel cumprimento dos manuais de operação fornecidos pelo fabricante.

Quanto aos testes de pós-montagem, devem obedecer aos mesmos critérios previstos nas normas de fabricação do produto. A avaliação da conformidade da qualidade deve seguir os ensaios de tipo previstos nos testes de rotina previstos para o acompanhamento da fabricação.

A Tabela 3.1, a seguir, mostra a relação entre as propriedades essenciais do produto e as etapas propostas para um processo de remanufatura.

Tabela 3.1 – Relação entre as propriedades essenciais do produto e as etapas do processo de remanufatura

Etapas da remanufatura	Inspecção	Limpeza	Desmontagem	Armazenagem	Reparos	Remontagem	Testes
Propriedades do produto							
Identificação	X		X	X			X
Verificação	X						
Acesso	X	X	X		X		X
Manuseio			X	X	X	X	
Separação dos componentes			X		X		
Segurança						X	
Alinhamento						X	
Estocagem				X			
Resistência ao desgaste		X	X		X	X	

Fonte: Sundin, *et. al.*, com adaptações (2010).

3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DA (ACV)

Segundo Hendrickson (2006), a avaliação do ciclo de vida consiste de três componentes complementares – inventário, impacto e melhorias – e um processo integrado conhecido como “escopo”.

A Figura 3.3, a seguir, sumariza as fases de um “ciclo de vida” de um produto.

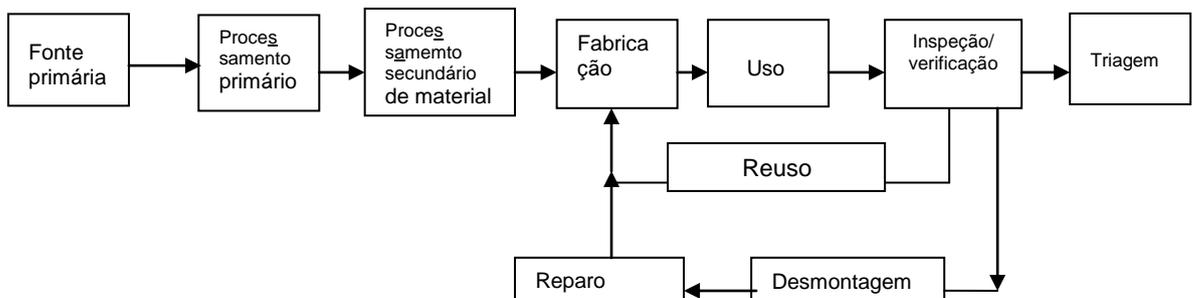


Figura 3.3 – Cadeia de suprimento para um modelo de ciclo de vida.

Fonte: Hendrickson, *et al.* (2006), com adaptações.

3.3.1 O estado da arte para identificação de impactos ambientais

A revisão bibliográfica realizada apontou após a análise de diversos trabalhos de diferentes autores, como o estado da arte para a identificação e avaliação de impactos ambientais a utilização da ferramenta de análise preconizada pela Norma NBR ISO 14.040 (2009), a seguir é realizada uma exposição de conceitos introduzida pelo próprio texto da norma estudada.

3.3.1.1 Conceito básico da avaliação do ciclo de vida (ACV)

A Norma Internacional ABNT NBR ISO 14040:2009, define a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como “uma ferramenta para a avaliação sistemática dos aspectos e impactos ambientais de um ou produto, através de todas as fases do seu ciclo de vida” (do berço ao túmulo).

Esta sistemática está contida em um conjunto padrão de diretrizes para estudos ambientais, no Brasil estas diretrizes são normalizadas na (ABNT NBR ISO 14040), documento utilizado para a realização de estudos de ACV.

A Figura 3.4, a seguir, mostra os objetivos de um ciclo de vida, que são a prevenção da poluição, conservação de reservas, sustentabilidade e redução de custos (CIAMBRONE, 2008).

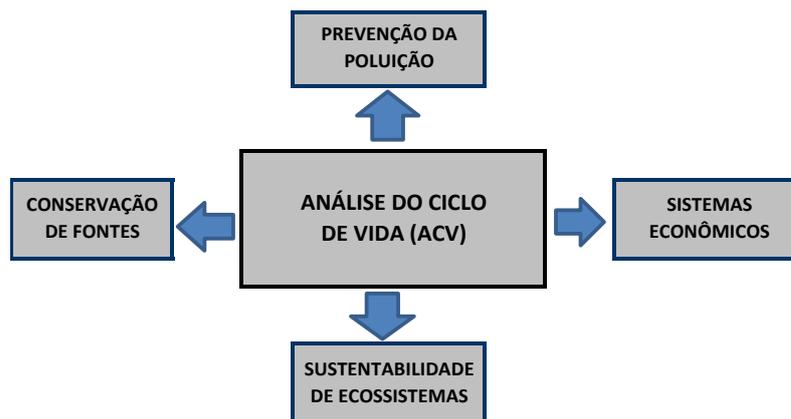


Figura 3.4 – Objetivos da ACV

Fonte: *Environmental Life Cycle Analysis*, Ciambrone (2008, p. 4).

3.4 ESTRUTURA DE UMA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

Conforme Ciambrone (2008), Análise do Ciclo de Vida é uma ferramenta sistemática utilizada para avaliar os impactos ambientais associados com um específico produto ou serviço.

Para a implementação de uma análise de um ciclo de vida, deve ser estabelecida uma estrutura mínima, que deve conter pelo menos: escopo e objetivo, inventário, avaliação do impacto e interpretação dos resultados da análise (CIAMBRONE, 2008).

As quatro fases da ACV, preconizadas na ABNT ISO 14040, são ilustradas e definidas na Figura 3.5, a seguir, que resume as fases convencionais de avaliação e as descrições dessas fases são apresentadas na sequência.

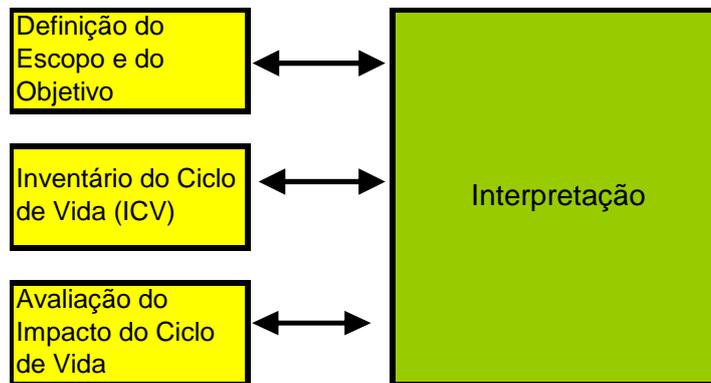


Figura 3.5 – Estrutura para Avaliação do Ciclo de Vida.
Fonte: ABNT NBR ISO 14040 (2009).

Segundo a ABNT NBR ISO 14040:2009, a descrição das quatro etapas da Avaliação do Ciclo de Vida, são:

- 1-Objetivo e definição do escopo: especificando o motivo para a realização do estudo, utilização dos resultados do estudo, destina-se audiência limites para a análise, à exigência de dados, e limitações do estudo;
- 2-Inventário do ciclo de vida (ICV): coleta, validação, agregando entrada e saída de dados para quantificar a utilização de materiais, uso de energia, descargas ambientais e resíduos associados a cada estágio do ciclo de vida;
- 3-Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV): o uso das categorias de impacto, indicadores de categoria, os modelos de caracterização, de fatores, e valores de ponderação para traduzir um inventário em impacto potencial na saúde humana e ao meio ambiente;
- 4-Interpretação: avaliar se os resultados estão de acordo com metas definidas e abrangência, fornecendo um resumo imparcial dos resultados, a definição de impactos significativos, e recomendando métodos para reduzir a utilização de materiais e encargos ambientais.

Assim a aplicação do processo de ACV, associada com práticas de redução de despejos, melhorias na gestão ambiental e de engenharia, podem também aumentar a eficácia

de produtos. Desta forma, a utilização da ACV pode ter um impacto positivo na saúde humana, no ecossistema e nas fontes naturais.

3.4.1 O escopo e objetivo

Para realizar um estudo de ciclo de vida, cujo impacto ambiental se pretende avaliar, torna-se necessário definir as fronteiras associadas com o produto, processo ou atividade, assim o escopo do estudo necessita ser claramente entendido (CIAMBRONE, 2008).

De acordo com a metodologia apresentada por Ciambone (2008), os seguintes componentes mínimos devem ser definidos:

- Como os resultados serão usados;
- O produto, processo e atividade a serem estudados;
- Razões para conduzir o estudo;
- Os elementos que não serão avaliados;
- Os elementos que serão analisados.

Neste estudo não serão considerados os levantamentos de fluxo econômico e de impacto social, tendo em vista estes aspectos estarem fora da fronteira delineada para a análise do ciclo de vida em questão.

3.4.2 O inventário do ciclo de vida (ICV)

Um inventário do ciclo de vida (ICV) deve conter: coleta, validação, agregando entrada e saída de dados para quantificar a utilização de materiais, uso de energia, descargas ambientais e resíduos associados a cada estágio do ciclo de vida (CIAMBRONE, 2008).

3.4.2.1 Aspectos ambientais que devem ser considerados

Segundo Reijnders (1996) *apud* Hendrickson, *et al.* (2006), um conjunto de recomendações de impactos para inclusão em uma análise de ciclo de vida, devem conter:

- 1- Impactos em fontes: uso de fontes não renováveis, usos de fontes renováveis, poluição de fontes;
- 2- Impacto direto sobre a natureza e a paisagem: perda da natureza, mudanças indesejáveis na paisagem;
- 3- Poluição atmosférica: contribuição para o aquecimento global, contribuição para a deterioração da camada de ozônio, materiais tóxicos no ar ambiente, contribuição para deposição ácida, produção de odores;

- 4-Poluição do solo: resíduos sólidos adicionados ao solo, eutrofização, toxinas adicionadas ao solo, contribuição para contaminação do lençol freático;
- 5-Qualidade das águas: descargas biológicas ou químicas com demandas de oxigênio, descargas tóxicas, aquecimento da água, contribuição para eutrofização;
- 6-Emissão de ruídos;
- 7-Radiação ou campos eletromagnéticos;
- 8-Radiação ionizante.

3.4.3 Análise do ciclo de vida e avaliação de impactos ambientais

A análise do ciclo de vida (ACV), a ser realizada no presente estudo destina-se a identificar e avaliar os impactos ambientais produzidos por equipamentos elétricos de potência. Para efeito de contemplar todos os aspectos e impactos presentes nas atividades de operação e manutenção, serão observadas quatro etapas de análise.

As quatro etapas previstas neste estudo são:

1. Metas, definição de escopo e fronteiras do estudo;
2. Análise de inventário;
3. Avaliação de impacto;
4. Interpretação.

Para a consecução dos objetivos preconizados, será adotada a seguinte orientação:

- Inventário dos tipos de equipamentos utilizados nas plantas industriais do sistema elétrico;
- Reconhecimento dos aspectos e impactos ambientais resultantes da operação e manutenção do sistema elétrico;
- Estudo de indicadores ambientais para futura utilização em instrumentos contratuais, para fornecimentos de equipamentos e serviços, com base no desempenho ambiental de fornecedores, segundo pesquisa baseada na ABNT NBR ISO 14.031.

Com o objetivo de identificar os principais aspectos ambientais que devem ser considerados em uma ACV, foi elaborada, a planilha constante do Apêndice 1. Nesta planilha estão considerados os oito tipos de aspectos ambientais recomendados por Reijnders (1996) *apud* Hendrickson (2006), para serem avaliados. A utilização desta tabela propiciou a sistematização e a posterior reprodutibilidade da coleta de dados CIAMBRONE (2008).

3.4.4 Interpretação dos resultados da análise do ciclo de vida

De acordo com a NBR ISO 14040 (2009), a interpretação dos resultados da análise do ciclo de vida deve: avaliar se os resultados estão de acordo com metas definidas e abrangência, fornecendo um resumo imparcial dos resultados, a definição de impactos significativos, e recomendando métodos para reduzir a utilização de materiais e encargos ambientais.

3.5 CONFIABILIDADE DE SISTEMAS

De acordo com Slack (2009), as frequentes mudanças ocorridas na economia têm levado as empresas a buscar diferenciar processos produtivos.

Não basta somente produzir a um menor custo, deve-se agregar ao produto qualidade, preço e prazo de entrega (SLACK, 2009).

Assim, na manutenção preventiva mostra-se indispensável à utilização de ferramentas quantitativas capazes de mensurar o risco de falha de um dado componente.

De acordo com o Simonetti (2009), duas características são fundamentais para a definição da disponibilidade de equipamentos a confiabilidade e a manutenção.

3.5.1 Conceitos de confiabilidade de sistemas

Esta seção introduz conceitos básicos para o entendimento da confiabilidade de sistemas elétricos de potência.

3.5.1.1 Confiabilidade

Freitas e Colosimo, *apud* Simonetti (2009), definem confiabilidade como sendo “a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo predeterminado”.

3.5.1.2 Disponibilidade

Se considerarmos os níveis de confiabilidade e de manutenção, então podemos quantificar a probabilidade de um sistema estar operacional em um dado momento.

A disponibilidade é definida como a probabilidade de que o sistema está operando corretamente quando ele é solicitado para uso (*Reliability Glossary*, em www.weibull.com, 2010).

A equação, a seguir, quantifica a disponibilidade de um sistema ou componente, em função do tempo médio entre falhas, tempo médio para falhar e tempo médio de reparo:

$$D = \frac{\text{TMEF (MTBF)}}{\text{TMPF (MTTF) + TMPR (MTTR) + O_{\text{inac.}}}$$

D – Disponibilidade ou (*availability*)

TMEF (MTBF) – tempo médio entre falhas

TMPF (MTTF) – tempo médio para falhar

TMPR (MTTR) – tempo médio para reparo - inclui desde a detecção até a retificação da falha.

Desta forma, como a confiabilidade e a duração da falha de um dado componente são eventos independentes, fica evidente a necessidade entre a avaliação da confiabilidade e a boa atuação da manutenção preventiva, para que seja possível realizar a avaliação da disponibilidade de um componente ou sistema.

A Tabela 3.2, a seguir, ilustra a relação entre confiabilidade, manutenção e disponibilidade.

Confiabilidade do Sistema	Atividades de Manutenção	Disponibilidade do Sistema
 Constante	 Decresce	 Decresce
 Constante	 Cresce	 Cresce
 Cresce	 Constante	 Cresce
 Decresce	 Constante	 Decresce

Tabela 3.2 – Tendência dos níveis de disponibilidade do sistema

Fonte: Disponível em: <<http://www.weibull.com/SystemRelWeb/availability.htm>>. Acesso em 23 dez 2009.

A disponibilidade é um critério de desempenho para sistemas reparáveis que representa as propriedades de confiabilidade e durabilidade de um componente ou sistema.

Em outras palavras, a disponibilidade é a probabilidade de que um sistema não vai falhar ou que se falhar, vai ser reparado e retornar à operação no tempo previsto.

A tendência do nível de disponibilidade do serviço é apresentada na última coluna da direita da Tabela 3.2 e, é resultante da combinação da tendência dos níveis de confiabilidade e da ação da manutenção.

Como pode ser visto na Tabela 3.2, se a confiabilidade é mantida constante, em um valor alto, isto não implica diretamente em uma alta disponibilidade. Quando o tempo para reparo aumenta, a disponibilidade diminui. A disponibilidade é função da confiabilidade e da frequência de manutenção. Se um sistema tem uma alta disponibilidade não necessariamente terá uma alta confiabilidade. Mesmo em um sistema com uma confiabilidade menor, poderemos ter uma alta disponibilidade se o tempo para reparo for curto.

3.6 INCERTEZAS ASSOCIADAS AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Segundo Slack (2009), empresas estão sujeitas a uma variedade de fontes de incerteza.

Nesse contexto, muitas dessas incertezas podem ter impacto sobre o lucro, atuando, portanto, como fontes de risco para empresas geradoras e transmissoras de energia elétrica.

Alguns desses riscos operacionais podem ser: interrupções de fluxos de plantas industriais, falhas na geração hidráulica, ou flutuação de demanda inerente à geração de energia. Desta forma, na transmissão de energia elétrica as principais falhas esperadas, são as devidas aos equipamentos e estão relacionadas às funções de operação e manutenção da planta industrial.

Uma estrutura de gestão de riscos compreende um conjunto de componentes que fornecem os fundamentos e os arranjos organizacionais para a concepção, implementação, monitoramento, análise crítica e melhoria contínua da gestão de riscos de toda uma organização (ABNT NBR ISO 31000: 2009).

3.6.1 Gerenciamento dos riscos

- Gestão de riscos:

Atividades coordenadas para atingir e controlar uma organização no que se refere a riscos (ABNT ISO GUIA 73: 2009);

- Estrutura da gestão de riscos:

Conjunto de componentes que fornecem os fundamentos e os arranjos organizacionais para a concepção, implementação e monitoramento, análise crítica e melhoria contínua da gestão de riscos através de toda a organização (ABNT NBR ISO 31000: 2009);

- Integração total da gestão de riscos na governança da organização.

A gestão de riscos é vista como central nos processos de gestão da organização, de tal forma que os riscos sejam considerados em termos do efeito da incerteza sobre os objetivos. O processo e a estrutura de governança são baseados na gestão de riscos (ABNT NBR ISO 31000: 2009).

3.6.2 Conceitos de gestão de riscos

Risco

Um efeito é um desvio em relação ao esperado positivo e/ou negativo (ABNT NBR ISO 31000: 2009).

A incerteza é o estado, mesmo que parcial, da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, sua consequência ou sua probabilidade (ABNT NBR ISO 31000: 2009).

Análise estatística

É utilizada a fim de entender sistemas variáveis, controle de processos de qualidade (chamado de "controle estatístico de processo" ou CEP), para sumarização de dados e também para a tomada de decisão baseada em dados (LEVINE, *et. al.*, 2008).

Assim, a estatística é uma ferramenta chave nos negócios e na industrialização como um todo, nessas funções ela é bastante utilizada nos processos produtivos.

Princípio de Pareto

O princípio de Pareto existe quando a maioria dos itens em conjunto de dados ocorre em uma pequena quantidade de categorias, e os poucos itens remanescentes estão espalhados por uma grande quantidade de categorias (LEVINE, *et. al.*, 2008).

Em um diagrama de Pareto, as respostas categorizadas são apresentadas sob a forma de um gráfico, em ordem decrescente, de acordo com suas respectivas frequências, e são combinadas com uma linha correspondente às porcentagens acumuladas no mesmo gráfico.

Levine (2008) cita que o diagrama de Pareto apresenta a capacidade de separar “os poucos vitais” dos “muito triviais”, possibilitando que a atenção seja concentrada nas categorias considerada mais importantes.

Nos casos em que os dados envolvidos consistem em itens com defeitos ou não-conformes, o diagrama de Pareto representa uma ferramenta poderosa para a priorização de esforços. A análise de Pareto está relacionada como uma das sete ferramentas da qualidade, o objetivo da sua aplicação é concentrar os recursos na eliminação das causas responsáveis pela maioria dos efeitos (problemas), ou seja, nas poucas vitais.

3.7 AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE PRODUTOS

De acordo com o Manual de Avaliação da Conformidade INMETRO (2007) a atividade de avaliação da conformidade deve considerar a promoção da competitividade, concorrência justa e proteção à saúde, segurança das pessoas e ao meio ambiente.

O Manual do SBAC apresenta três definições que complementam o conceito da atividade de avaliação da conformidade:

Segundo a NBR ISO/IEC 17000:2005: “demonstração de que os requisitos especificados relativos a um produto, sistema, pessoa ou organismo são atendidos”;

A OMC define a atividade como “qualquer procedimento utilizado, direto ou indiretamente, para determinar que as prescrições pertinentes de regulamentos técnicos ou normas são cumpridas”;

Para o Inmetro, avaliação da conformidade é um processo sistematizado com regras pré-estabelecidas, devidamente, acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou, ainda, um profissional, atende a requisitos pré-estabelecidos por normas ou regulamentos, com o menor custo possível para a sociedade.

Ainda segundo o Manual de Avaliação da Conformidade INMETRO (2007), um Programa de Avaliação da Conformidade pode ser de caráter voluntário ou compulsório, ou seja, pode ou não ser de atendimento obrigatório por parte dos representantes do segmento produtivo para o qual o programa é desenvolvido.

Desta forma, adotam-se programas de avaliação da conformidade quando o produto ou serviço em avaliação oferece um grau considerável de risco à saúde ou segurança dos cidadãos, ou ainda ao meio ambiente.

Segundo a Organização Mundial do Comércio – OMC, *apud* INMETRO (2007) a avaliação da conformidade de um produto pode ser realizada através de cinco mecanismos principais, que são utilizados para avaliar o atendimento aos requisitos estabelecidos em normas ou regulamentos.

São eles:

- A certificação;
- A declaração da conformidade pelo fornecedor;
- A etiquetagem;
- A inspeção;
- O ensaio.

Para a escolha de um mecanismo de avaliação da conformidade, podem ser considerados: o grau de risco que o produto oferece; a velocidade de sua obsolescência tecnológica, a facilidade de acompanhamento; o número de empresas, e o custo (INMETRO, 2007).

Neste sentido, a atividade de avaliação da conformidade visa assegurar o correto funcionamento e adequação dos produtos adquiridos às normas de projeto e fabricação de equipamentos especificada no momento da requisição de materiais.

De acordo com o Procedimento de Inspeção de Produto estudado, o processo de aquisição se inicia com a emissão da Requisição de Compra (REQ) pelo requisitante. A REQ segue para análise do Departamento de Material. Para produtos constantes da relação do projeto NBR 19000, nesta fase do processo são inseridos os critérios de ensaios previstos nas normas internacionais mencionadas no instrumento de compra.

Após conhecer os critérios de inspeção o fornecedor emite o Plano de Inspeção e Testes, o qual, se aprovado pela Divisão de Inspeção, norteará a inspeção do cliente e a validação dos ensaios a serem realizados.

O reconhecimento de que o produto avaliado está em conformidade com as especificações de engenharia, projeto e normas de fabricação, se dá com emissão, pelo agente inspetor, do documento denominado CLM (Certificado de Liberação de Material). Este documento atesta a conformidade do produto a ser fornecido e constitui ponto de liberação para embarque, liberação do produto autorização para emissão de documento de faturamento.

A Figura 3.6, a seguir, mostra todo o fluxo de gestão de suprimento de materiais e sobressalentes, no processo avaliado.

FLUXOGRAMA DE SUPRIMENTO DE MATERIAL

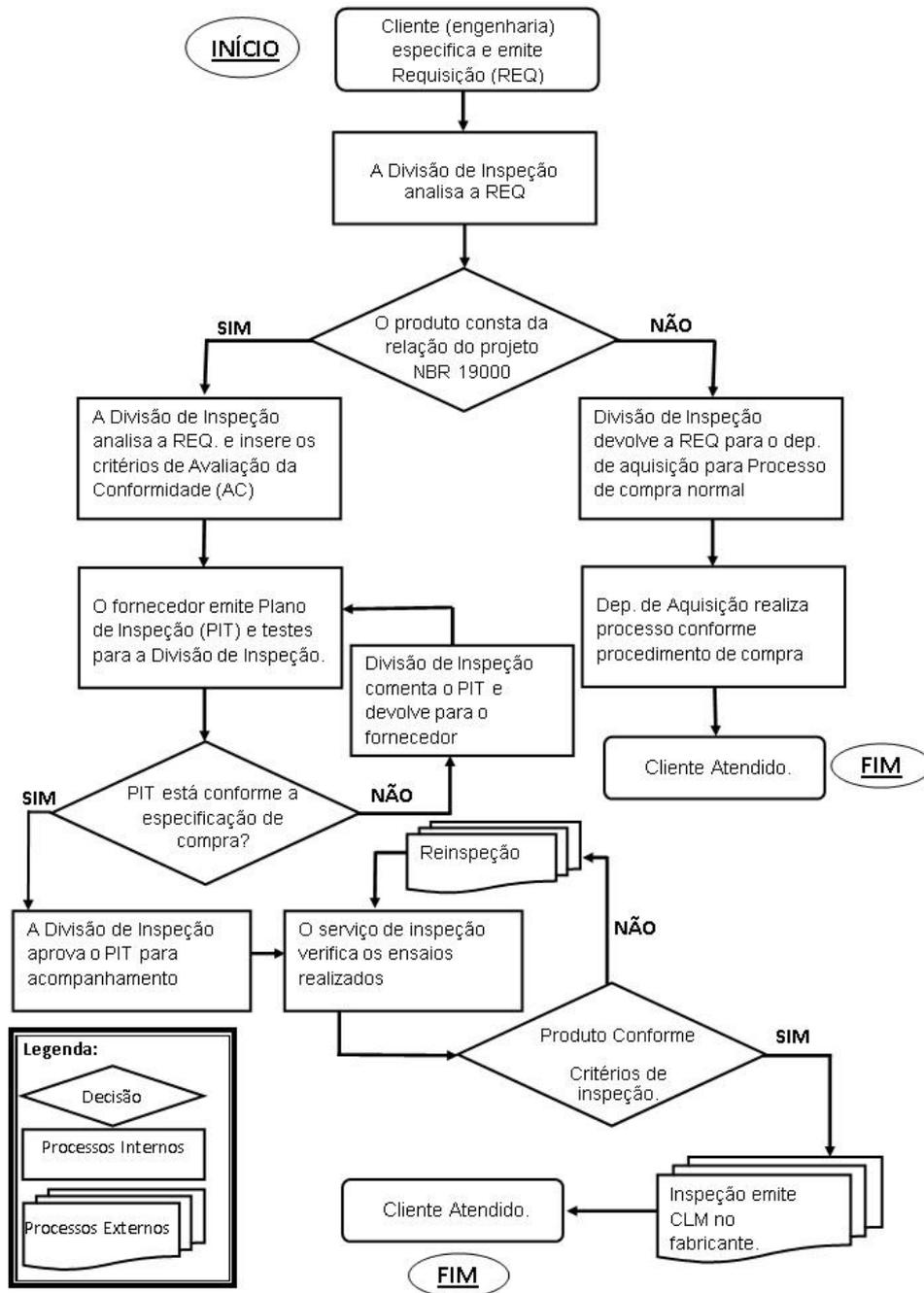


Figura 3.6 – Fluxograma de suprimento de material
Fonte: Autor (2010)

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO

Este capítulo tem por objetivo realizar uma descrição da metodologia aplicada ao trabalho em questão, determinando o caminho a ser seguido como forma de atendimento aos objetivos preconizados, bem como apresentar os métodos de validação das hipóteses, referenciados no Capítulo 1 Introdução.

4.1.1 Delimitação

Para o objeto deste estudo, podem ser destacadas três forças delimitadoras do escopo da pesquisa: quanto aos limites do parque industrial imposto pelas atividades de operação e manutenção da empresa, quanto à abrangência da atuação da atividade de inspeção nos fabricantes e quanto ao fluxo permitido de dados fornecidos pelos fabricantes e fornecedores.

4.1.2 O método científico

Conforme cita Lakatos, *et. al.* (2008, p. 44), a utilização de um método científico não é de alçada exclusiva da ciência, mas não há ciência sem o emprego de métodos científicos.

Entre os vários conceitos de método citados por Lakatos, os que mais se enquadram ao objeto desta pesquisa são:

“Método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para se atingir um dado (...) é o caminho a seguir para chegar à verdade nas ciências” (JOLIVET, 1979, p.71, *apud* LAKATOS, 2008, p. 45).

Método Científico é “um conjunto de procedimentos por intermédio dos quais (a) se propõe os problemas científicos e (b) colocam-se à prova as hipóteses científicas” (BUNGE, 1975, p. 55, *apud* LAKATOS, 2008, p.45).

O presente trabalho está estruturado, segundo o método hipotético-dedutivo. O processo investigatório adotado seguiu a sequência de formulação partindo do conhecimento prévio, em seguida foi formulado o problema, foram feitas as conjecturas (formulação das hipóteses) e finalmente o falseamento das hipóteses. As seções na sequência a seguir, apresentam o passo a passo do método científico adotado.

4.1.3 Etapas do método hipotético-dedutivo

Segundo Popper (1975) *apud* Lakatos (2008, p. 74), em processo investigatório devem existir as etapas, da formulação do problema, que pode surgir de teorias existentes, a solução proposta, através de conjecturas ou deduções e os testes de falseamento, que englobam tentativas de refutação, ou pela observação e experimentação.

A Figura 4.1, a seguir, apresenta as etapas propostas por Popper para a aplicação do método científico.

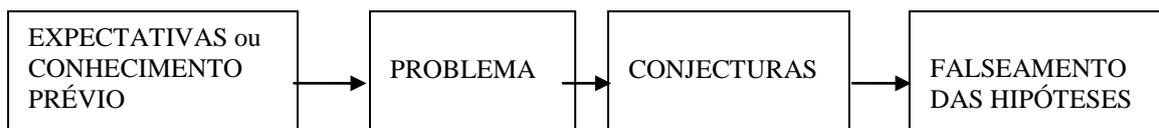


Figura 4.1 – As etapas do método hipotético-dedutivo
Fonte: Lakatos (2008).

4.2 A ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

4.2.1 O problema

É possível avaliar o desempenho ambiental de equipamentos do SEP. Para que em futuras contratações os fornecedores possam ser qualificados segundo seu desempenho ambiental.

Considerações sobre o foco da pesquisa:

Alinhamento do estudo à estratégia das atividades de Operação & Manutenção no processo de transmissão de energia elétrica;

- a) Identificação dos equipamentos a serem estudados, através da análise de resultados de avaliação da conformidade em inspeção e aplicação da matriz de perigos e riscos para os resultados de inspeção no período de 2007 a 2009 identificados através de análise estatística e com os tipos de não-conformidade em inspeção priorizados pela análise de *Pareto*;
- b) estudo de caso considerando a avaliação do desempenho ambiental e econômico de equipamentos elétricos utilizados no SEP;
- c) aplicação do método de avaliação do ciclo de vida, para identificação, inventário, análise dos aspectos e impactos ambientais dos equipamentos estudados, considerando os oito

tipos de aspectos ambientais segundo a metodologia proposta por Reijnders (1996) *apud* Hendrickson (2006).

4.2.2 Conjecturas sobre os critérios de avaliação

Para a identificação dos equipamentos a serem avaliados, quanto ao seu desempenho ambiental foram considerados os critérios:

- a) equipamentos com prevalência em falhas em ensaios de recebimento;
- b) equipamentos com maior potencial de impacto ambiental e de acidentes ocupacionais;
- c) equipamentos com possibilidade de redução de custo operacional, através de práticas sustentáveis.

4.2.3 Validação das hipóteses

Hipótese H1: A remanufatura de equipamentos elétricos é economicamente e ambientalmente viável:

Com o objetivo de testar essa hipótese, foi realizado no Capítulo 5 – Estudo de Caso, uma avaliação econômica e ambiental, através da quantificação da matéria prima que deixou de ser consumida em função do reaproveitamento de contatos elétricos de disjuntores e da reutilização de óleo isolante através da remanufatura desses produtos. Essas avaliações foram formuladas com base nas análises realizadas no capítulo 5 e tiveram a orientação de especialistas da área de operação e manutenção da planta industrial utilizada como local do estudo de caso, através da coleta de dados em entrevista estruturada constante do Apêndice 3.

Hipótese H2: A remanufatura reduz a quantidade de despejos oriundos de equipamentos elétricos, no meio ambiente:

Para testar a hipótese H2, foi realizada no Capítulo 5 – Estudo de Caso uma avaliação econômica e ambiental, através da quantificação da poluição evitada (*pollution prevent*), realizada através da quantificação do volume de gás hexafluoreto de enxofre SF₆ que deixou de ser liberada para a atmosfera em função da utilização de máquina de recuperação de gases.

Hipótese H3: A avaliação de desempenho em gestão ambiental qualifica a atuação de fornecedores com relação à produção sustentável:

Para testar a hipótese H3, foi utilizada a ferramenta constante do Apêndice 2. Essa pesquisa de campo baseada na aplicação de um questionário com perguntas fechadas orientadas pela utilização da Avaliação de Desempenho Ambiental prevista na ABNT (NBR ISO 14031: 2006) e demonstrada no Anexo 2. Também foram confrontados dados obtidos no Anexo 2 Pesquisa Exploratória de ADA, essa validação foi quantificada no Capítulo 5 Estudo de Caso, aparecendo sob a forma de gráficos de *pizza*.

4.2.4 Coleta de dados

O questionário constante do Apêndice 4, foi respondido por ocasião da realização de inspeções de ensaios de equipamentos durante a atividade de inspeção de recebimento de equipamentos e foram direcionados aos responsáveis pela área de meio ambiente das empresas pesquisadas. A pesquisa foi conduzida durante todo o ano de 2009 e foi concomitante ao recebimento de equipamentos.

As entrevistas estruturadas, constante do Apêndice 5, foram realizadas com gerentes de manutenção, os especialistas da área de operação e manutenção de equipamentos, a aplicação das entrevistas, ocorreu durante as visitas agendadas aos locais de operação dos equipamentos elétricos e as salas da gerência de programação de manutenção.

4.2.5 Instrumentos utilizados na pesquisa

1. Com o objetivo de inventariar os aspectos e impactos para a análise do ciclo de vida de disjuntores, foram utilizadas as planilhas constantes dos Apêndices 1 e 2.
2. Para obter dados do desempenho ambiental de fabricantes de equipamentos para o SEP foi elaborado, com questões fechadas e de auto- preenchimento. Antes de sua aplicação, foram realizados dois testes junto aos especialistas da área de inspeção, que avaliaram aspectos de conteúdo e forma do questionário. O tempo estimado para o preenchimento das questões foi de 20 minutos. O modelo de questionário aplicado está no Apêndice 4.
3. Para orientar a estruturação da avaliação do desempenho dos equipamentos do setor elétrico, foi elaborado um roteiro de perguntas a ser feito em entrevista aos operadores e especialistas de manutenção eletromecânica (engenheiros e técnicos). Esta ferramenta foi chamada de roteiro para entrevista estruturada e está no Apêndice 5.

4.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM

Para definição da amostra a ser ensaiada, como forma de avaliar o desempenho ambiental de equipamentos do SEP, foram definidos o contexto e o cenário do risco em questão.

Segundo ABNT ISO GUIA 73:2009, definição 3.3.1, definir o contexto de risco significa fixar os parâmetros externos e internos a serem levados em consideração ao gerenciar riscos, e estabelecimento do escopo e dos critérios de risco para a política de gestão de riscos.

Para definição da amostra a ser ensaiada foram consideradas as falhas de equipamentos sob inspeção, para definição da amostragem foram avaliados aspectos de frequência de falha e severidade da falha.

A definição do grau de risco da falha de cada equipamento foi definida a partir da utilização da matriz de perigos. Neste trabalho foi elaborada a matriz de risco de um conjunto de equipamentos inspecionados no período de 2007 a 2009, esta análise faz parte de um projeto de elaboração de “Prática Recomendada” para aplicação na inspeção baseada em risco

Para elaboração da matriz de risco, foram considerados aspectos de segurança das pessoas, segurança ambiental, e aspectos econômicos como a possibilidade de redução da receita através do desconto da parcela variável.

O cenário do risco está definido dentro do SEP brasileiro, com regras econômicas determinadas pela regulamentação do setor elétrico.

4.3.1 A função manutenção de equipamentos

De acordo com os Procedimentos de Rede Submódulo 15.6, Apuração dos desligamentos, restrições operativas temporárias, entradas em operação e sobrecargas em instalações da Rede ONS (2009, p. 1), (2009), a função da manutenção nos equipamentos de manobra, como em qualquer outro equipamento, é assegurar-lhes um elevado grau de disponibilidade quando se encontram desempenhando sua função nos Sistemas Elétricos, de maneira a permitir o retorno dos investimentos realizados com estes equipamentos.

Entende-se por disponibilidade o estado de estar pronto para uso em um instante de tempo escolhido ao acaso. Outras vantagens esperadas da manutenção são o aumento do

tempo de vida útil, a redução do número de falhas ou defeitos e a possibilidade de se detectar, previamente, anormalidades nos equipamentos.

4.3.2 O projeto NBR 19000

O Programa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial – PDTI (2005) intitulado “ Projeto NBR 19000” consiste na adoção de critérios da qualidade baseados nas normas da família ABNT NBR ISO 9000 para fornecimento de produtos e serviços.

O objetivo principal do projeto NBR 19000 é assegurar a definição do grau da qualidade dos equipamentos e serviços adquiridos para o setor elétrico.

4.3.3 Inspeção de equipamentos

No estudo em análise, foi adotado como mecanismo de avaliação da conformidade dos equipamentos o acompanhamento de ensaios realizados, em laboratórios pelos fornecedores, sendo estes ensaios testemunhados através da inspeção. Para esse fim atua um quadro de inspetores treinados e qualificados nas diversas disciplinas, de acordo com o tipo de produto a ser ensaiado.

Os resultados servirão para organizar e padronizar as definições de estudos de impactos, avaliação de desempenho ambiental e Análise do Ciclo de Vida (ACV), a serem implementadas no capítulo 5 – ESTUDO DE CASO.

A Tabela 4.1, a seguir, apresenta a análise estatística dos resultados de inspeção realizada em fabricantes de equipamentos e materiais nos anos de 2007, 2008 e 2009. Os dados do ano de 2010, ainda não haviam sido concluídos, quando do fechamento das atividades de levantamento de dados deste estudo.

Tabela 4.1 – Análise estatística dos resultados de inspeção no período de 2007 a 2009.

Item	Grupo de Materiais	2007		2008		2009		Total 2007 a 2009		Análise estatística de falhas por grupo de material no período			
		Nº RNC	Total de avaliações	=nº ocorrências /nº inspeções	=nº ocorrências/nº total de inspeções	Taxa de Falhas Acumuladas	=nº total de falhas/nº total de inspeções						
	Com inspeção pelo Projeto NBR 19.000	Nº de ocorrências	Nº de inspeções	Frequência de falhas por item de material	Frequência relativa de falhas	TFCA	Taxa relativa de falhas por tipo de equipamento						
01	Painel	21	21	22	34	38	55	81	110	74%	31,27%	31%	8,26%
02	Estrutura Metálica	7	9	15	16	14	45	36	70	51%	13,90%	45%	3,67%
03	Condutor	1	30	12	63	16	63	29	156	19%	11,20%	56%	2,96%
04	Disjuntor	6	23	8	17	8	25	22	65	34%	8,49%	65%	2,24%
05	Transformador/Autotransformador	4	15	5	13	13	21	22	49	45%	8,49%	73%	2,24%
06	Ferragens	3	58	4	39	9	45	16	142	11%	6,18%	80%	1,63%
07	Chave Seccionadora	2	12	8	17	5	20	15	49	31%	5,79%	85%	1,53%
08	Transformador para Instrumentos	0	0	1	12	8	15	9	27	33%	3,47%	89%	0,92%
10	Isolador - disco	1	18	3	13	2	30	6	61	10%	2,32%	91%	0,61%
11	Conector	2	24	0	33	2	19	4	76	5%	1,54%	93%	0,41%
12	Bateria	0	3	3	6	1	13	4	22	18%	1,54%	94%	0,41%
13	Gás	0	0	0	1	1	2	1	3	33%	0,39%	95%	0,10%
14	Óleo	0	4	0	7	0	4	0	15	0%	0,00%	95%	0,00%
15	Outros	3	24	4	46	7	66	14	136	10%	5,41%	100%	1,43%
Total geral		50	220	63	283	124	423	259	981		100,00%		

Fonte: Autor (2010)

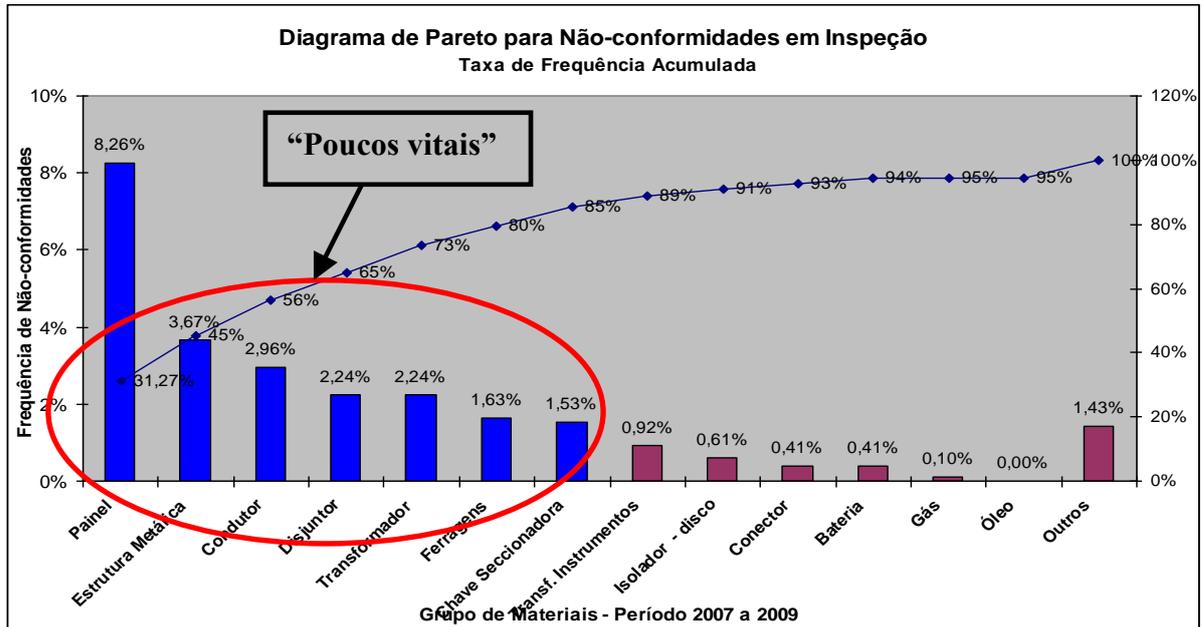
A categoria “outros”, no caso em análise, compreende os seguintes equipamentos e materiais: reator, condutor ótico, grupo gerador, barramento blindado, tubo, para-raios, isolador pedestal, capacitor, isolador coluna, tanques de reator-tanque-tampa e conservador.

O objetivo da aplicação do Princípio de *Pareto* é de selecionar as categorias que contêm os “poucos vitais”, deixando para um segundo momento a análise dos “muito triviais”.

Desta forma, pode ser dedicado esforço concentrado e recurso às categorias responsáveis pela maior parte dos problemas.

O Gráfico 4.1, a seguir, apresenta uma análise de *Pareto* conduzida utilizando-se os dados de não-conformidades de inspeção de equipamentos e materiais, considerando a Taxa de Frequência Acumulada (TFA) obtida da Tabela 4.1.

Gráfico 4.1 – Análise de Pareto com a TFA de não-conformidades em Inspeção de 2007 a 2009.



Fonte: Autor (2010).

Da análise do gráfico 4.1, verifica-se que os sete primeiros equipamentos da sequência de taxa de frequência acumulada correspondem a cerca de 23 % do total acumulado, relativo, de não-conformidades em inspeção. Este índice foi calculado utilizando-se o conceito de taxa relacionada de não-conformidades. Assim do total de inspeções realizadas, 23% correspondem às não-conformidades devidas ao grupo dos sete primeiros equipamentos.

Estas não conformidades são responsáveis por mais de 80% dos problemas em inspeção no período analisado de 2007 a 2009.

As Figuras de 4.2 a 4.7, a seguir, apresentam imagens dos principais tipos de equipamentos avaliados por ocasião da determinação do nível de risco de falha. Na sequência mostrada, estão os sete tipos de equipamentos que são responsáveis por cerca de 23 % das não-conformidades em ensaios de rotina, considerados como os “poucos vitais”. Estes tipos de equipamentos representam a amostra a ser ensaiada pelo método de avaliação do desempenho ambiental de equipamentos a ser realizado no Capítulo 5 – ESTUDO DE CASO.



Figura 4.2 – Painel elétrico
Fonte: Autor (2010).



Figura 4.3 – Estrutura metálica ensaios dinâmicos
Fonte: Autor (2010).



Figura 4.4 – Disjuntor ensaio de laboratório
Fonte: Autor (2010).



Figura 4.5 – Ferragens ensaio de cisalhamento
Fonte: Autor (2010).



Figura 4.6 – Transformador de potência
Fonte: Autor (2010).



Figura 4.7 – Chave seccionadora e condutores
Fonte: Autor (2010).

Desta forma, será adotada, dentro da metodologia proposta, a avaliação do risco de falha para o grupo de equipamentos considerados mais representativos pela análise de *Pareto*.

Através de inferência estatística, foi realizada a associação dos intervalos de falhas em inspeção com a categoria de probabilidade de ocorrência do evento. Essa associação está definida na tabela 4.2, apresentada a seguir, e contempla a avaliação realizada nos equipamentos constante da amostra, no período de 2007 a 2009.

Tabela 4.2 – Associação da frequência de falha com categoria de probabilidade.

Frequência de não conformidade em Inspeção (%)	Categoria de Probabilidade Associada
$\leq 10,0$	A
$10,0 < \% \text{ falha} \leq 20,0$	B
$20,0 < \% \text{ falha} \leq 40,0$	C
$40,0 < \% \text{ falha} \leq 70,0$	D
$\% \text{ falha} > 70,0$	E

Fonte: Autor (2010).

4.4 ESTUDO DA INCERTEZA

De acordo com Mota (2003), o risco associado a uma planta industrial pode ser definido pela combinação da Probabilidade ou Frequência da Falha com a consequência associada.

As consequências mais comuns de falhas de equipamentos são: fatalidades, danos aos equipamentos; perdas financeiras, danos ao meio ambiente, e indenizações.

4.4.1 Análise do risco de falha

(Risk Assessment)

A Tabela 4.3, a seguir, introduz o conceito de categoria de probabilidade, apresentado no V Workshop Internacional de Avaliação da Conformidade, realizado no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) em dezembro de 2009 no Brasil. Através da descrição de cenários de ocorrências associadas a cinco possíveis

categorias: muito improvável, improvável, ocasional, provável e frequente, é possível atribuir categorias de probabilidade.

Tabela 4.3 – Associação com a categoria de probabilidade.

Categoria	Denominação	Descrição
A	Muito Improvável	Cenários que dependam de falhas múltiplas de sistemas de proteção ou ruptura por falha mecânica/ elétrica intrínseca do material. Possível, mas extremamente improvável. Evento com baixa probabilidade de ocorrência, não esperado ao longo da vida útil da instalação.
B	Improvável	Falhas múltiplas no sistema (humanas e/ou equipamentos) Não esperado de ocorrer durante a vida útil da instalação. Evento com muito baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da instalação.
C	Ocasional	A ocorrência do cenário depende de uma única falha (humana ou equipamento)
D	Provável	Evento com pelo menos uma ocorrência esperada ao longo da vida útil da instalação.
E	Frequente	Evento com mais de uma ocorrência esperada ao longo da vida útil da instalação

Fonte: WG IRAG. Draft procedure, apud ABREU, V Workshop Internacional de Avaliação da Conformidade, INMETRO Brasil (2009)

A Tabela 4.4 a seguir, também apresentada no V Workshop da Avaliação da Conformidade no Brasil, define a severidade do dano introduzindo as categorias de consequências, de I a V, considerando as categorias de severidade do dano como: leve, moderado, sério, muito sério e catastrófico.

Tabela 4.4 – Severidade de Danos por Falhas.

Categorias de consequências	Severidade do dano	Consequências
I	Leve	Pequenos prejuízos materiais sem perda de receita são esperados
II	Moderado	Perdas de receita e impactos ambientais podem ocorrer
III	Sério	Danos ao meio ambiente, aos equipamentos e redução na receita são esperados
IV	Muito sério	Danos ao meio ambiente, às pessoas, equipamentos e perdas de receita são esperados
V	Catastrófico	Danos extensos ao meio ambiente, risco de morte, danos sérios aos equipamentos, paralisações na operação do sistema com perda de receita e impactos na imagem da empresa são esperados

Fonte: WG IRAG. Draft procedure, apud ABREU, J., V Workshop Internacional de Avaliação da Conformidade, INMETRO Brasil, dezembro 2009, com adaptações.

Matriz de perigos

A Matriz de Perigos é uma ferramenta de gestão de riscos que promove a avaliação global de uma organização em relação à saúde e segurança no trabalho. Esta metodologia permite uma visão geral dos riscos profissionais de uma empresa (HADDAD e MORGADO, et. al., 2008).

Haddad e Morgado, et. al. (2008) citam que com a utilização da metodologia da Matriz de Perigos é possível, para uma empresa, priorizar as estratégias de gestão de riscos, bem como os investimentos em segurança e saúde do trabalho podendo ser classificadas em ordem, as ações em prevenção.

Assim, pode ser otimizado o retorno do investimento e a percepção de segurança nas organizações.

A Tabela 4.5, a seguir, introduz o conceito de frequência da ocorrência do evento ao longo do ciclo de vida do produto. A associação da probabilidade quantitativa, registrada no banco de dados, é associada à probabilidade qualitativa apontada na Tabela 4.3. O critério de probabilidade adotado considerou o conceito de *likelihood* - do inglês chance de algo acontecer (ABNT NBR ISO 31.000: 2009)

Tabela 4.5 – Quantificação da frequência e classificação do dano.

Probabilidade do dano ocorrer no uso previsível do produto durante a sua vida útil		Severidade do dano			
		Muito sério	Sério	Moderado	Leve
Quase certo, pode ser esperado	> 50%	E	E	E	A
Bem possível	> 1/10	E	E	E	M
Não frequente, mas possível	> 1/100	E	E	E	M
Apenas remotamente possível	> 1/1.000	E	E	A	B
Concebível, mas altamente improvável	> 1/10.000	E	A	M	B
Quase impossível	> 1/100.000	A	M	B	B
Impossível a menos que provocado	> 1/1.000.000	M	B	B	B
(Virtualmente) Impossível	? 1/1.000.000	B	B	B	B

LEGENDA:

- E** - Extremo risco, necessária uma ação imediata
- A** - Alto risco, necessária a atenção da direção
- M** - Moderado risco, a responsabilidade da direção deve ser especificada
- B** - Baixo risco, gerenciado por procedimentos de rotina

Fonte: WG IRAG. Draft procedure, apud ABREU, J., V Workshop Internacional de Avaliação da Conformidade, INMETRO Brasil, dezembro 2009, com adaptações.

Adaptação da Análise ao Contexto

A Tabela 4.6, a seguir, apresenta a matriz de riscos adaptada ao cenário de transmissão de energia elétrica em um ambiente regulado.

Tabela 4.6 – Matriz de Perigos x Consequência adaptada ao setor elétrico

		Categoria de consequência				
		I	II	III	IV	V
Categoria de Probabilidade	E	A	A	A	E	E
	D	M	M	A	A	E
	C	B	B	M	A	E
	B	B	B	M	M	A
	A	B	B	M	M	A

Fonte: Haddad e Morgado et. al. (2008), com adaptações.

Para o presente estudo, foi feita uma extrapolação considerando a frequência tendendo à probabilidade, como consequência do conjunto da amostra tender para o conjunto de eventos possíveis.

Considerando a abrangência da severidade do dano catastrófico, previsto na tabela 4.4, que atribui a categoria catastrófica aos eventos com potencial de danos extensos ao meio ambiente, risco de morte, danos sérios aos equipamentos com perda de receita e impactos na imagem da empresa, foi redefinida a matriz de perigos com mais uma coluna para a categoria de consequência V, em função do cenário proposto para o SEP brasileiro.

4.4.2 Avaliação do risco de falha

(Risk evaluation)

A avaliação de riscos é o processo de comparar os resultados da análise de riscos com os critérios de risco para determinar se o risco e/ou a magnitude é aceitável ou tolerável (ABNT NBR ISO 31000: 2009).

Definição do Nível de Risco

Após considerar os resultados da análise de *Pareto*, que apontou o grupo de equipamentos responsáveis por mais de 80% das causas de falhas em inspeção, foi utilizada a metodologia proposta pelo draft da NBR ISO 31000:2009, apresentada por ABREU, no V Workshop Internacional de Avaliação da Conformidade, realizado pelo INMETRO Brasil, em dezembro de 2009. Esta metodologia leva em consideração, para definição do nível de risco, a categorias de probabilidade de ocorrência e categoria de consequência de cada evento.

Para definição do nível de risco apresentado pelo equipamento a ser estudado foi associada à metodologia proposta pelo *Draft* da NBR ISO 31.000:2009 com o TFA de não-conformidades em inspeção, para cada equipamento apresentada na tabela 4.1 e associada à respectiva categoria de probabilidade definida na tabela 4.2.

A Tabela 4.7, a seguir, apresenta de forma resumida o resultado da aplicação da metodologia de avaliação de risco proposta para definição dos níveis de risco de falha de cada equipamento analisado.

Tabela 4.7 – Avaliação do Nível de Risco de Falha em Inspeção.

Equipamento/ material (Gráfico de Pareto)	% de Não conformidade em inspeção (Tabela 4.1)	Categoria de probabilidade (Tabelas 4.2 e 4.3)	Categoria da consequência (Tabela 4.4)	Nível do Risco (NBR 31000:2009)
Painel elétrico	73,64	E	II	A
Estrutura metálica	51,43	D	II	M
Condutor	18,59	B	II	B
Disjuntor	33,85	C	V	E
Ferragens	11,27	B	III	M
Transformador/ autotransformador	44,90	D	III	A
Chave seccionadora	30,61	C	II	B

Fonte: Autor (2010).

A metodologia adotada definiu o produto disjuntor com nível de risco E (extremo risco), nível de risco mais elevado da escala considerada.

A tabela 4.8, a seguir, foi extraída dos conceitos da ABNT NBR ISO 31.000:2009 e apresenta o tipo de gerenciamento necessário a governança corporativa e deve ser adotado em função do nível de risco encontrado.

Tabela 4.8– Definição do gerenciamento em função dos níveis de risco.

Tratamento de Riscos (NBR 31000:2009 item 5.5)	
Nível do Risco	Tipo de Gerenciamento Exigido
B	Baixo risco, gerenciamento por procedimentos de rotina;
M	Moderado risco, a responsabilidade da direção deve ser especificada;
A	Alto risco, necessária a atenção da direção;
E	Extremo risco, necessário uma ação imediata.

Fonte: ABNT NBR ISO 31000 (2009)

De acordo com a Avaliação do risco, realizada nesta seção o nível de risco atribuído à operação e manutenção de disjuntores atingiu o grau “E”, considerado como o de Extremo Risco. Esse nível de avaliação enseja por parte da organização uma ação imediata no controle dos riscos.

4.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EQUIPAMENTOS

Para determinação do desempenho ambiental de equipamentos do SEP, serão realizados, a partir da amostragem definida na seção 4.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM, avaliação econômica de práticas de otimização do ciclo de vida e avaliação de impactos ambientais utilizando a análise do ciclo de vida de produtos (ACV).

4.5.1 Análise do ciclo de vida (ACV)

A análise do ciclo de vida (ACV), a ser realizada no presente estudo destina-se a identificar e avaliar os impactos ambientais produzidos por equipamentos elétricos de potência. Para efeito de contemplar todos os aspectos e impactos presentes nas atividades de operação e manutenção, serão observadas quatro etapas de análise.

As quatro etapas previstas neste estudo são:

- a. Metas, definição de escopo e fronteiras do estudo;

- b. Análise de inventário;
- c. Avaliação de impacto;
- d. Interpretação.

Para a consecução dos objetivos preconizados, será adotada a seguinte orientação:

- I. Inventário dos tipos de equipamentos utilizados nas plantas industriais do sistema elétrico;
- II. Reconhecimento dos aspectos e impactos ambientais resultantes da operação e manutenção do sistema elétrico;
- III. Estudo de indicadores ambientais para futura utilização em instrumentos contratuais, para fornecimentos de equipamentos e serviços, com base no desempenho ambiental de fornecedores, segundo pesquisa baseada na ABNT NBR ISO 14.031.

4.5.2 Metas, definição do escopo e fronteiras do estudo

O objetivo do presente estudo será definido como a avaliação do desempenho ambiental dos equipamentos do SEP. Para tal será necessário a identificação de riscos, análise de impactos e interpretação.

A fronteira do estudo está delimitada no início da operação dos equipamentos de potência até a sua desativação da operação, dentro dos limites da atividade de operação e manutenção de equipamentos.

4.5.3 Inventário do ciclo de vida

Com o objetivo de identificar os principais aspectos ambientais que devem ser considerados em uma ACV, foi elaborada, a planilha constante do Apêndice 1. Nesta planilha estão considerados os oito tipos de aspectos ambientais recomendados por Reijnders (1996) *apud* Hendrickson (2006), para serem avaliados. A utilização desta tabela propiciou a sistematização e a posterior reprodutibilidade da coleta de dados, sugerida por CIAMBRONE (2008).

4.5.4 Análise dos impactos

A avaliação dos impactos ambientais no ciclo de vida dos equipamentos de potência seguirá a análise dos seguintes aspectos ambientais.

Segundo Reijnders (1996) *apud* Hendrickson, *et al* (2006), um conjunto de recomendações de impactos para inclusão em uma análise de ciclo de vida, devem conter:

1. Impactos em fontes: uso de fontes não renováveis, usos de fontes renováveis, poluição de fontes;
2. Impacto direto sobre a natureza e a paisagem: perda da natureza, mudanças indesejáveis na paisagem;
3. Poluição atmosférica: contribuição para o aquecimento global, contribuição para a deterioração da camada de ozônio, materiais tóxicos no ar ambiente, contribuição para deposição ácida, produção de odores;
4. Poluição do solo: resíduos sólidos adicionados ao solo, eutrofização, toxinas adicionadas ao solo, contribuição para contaminação do lençol freático;
5. Qualidade das águas: descargas biológicas ou químicas com demandas de oxigênio, descargas tóxicas, aquecimento da água, contribuição para eutrofização;
6. Emissão de ruídos;
7. Radiação ou campos eletromagnéticos;
8. Radiação ionizante.

Com o objetivo de identificar os principais aspectos ambientais que devem ser considerados em uma ACV, foi elaborada, a planilha constante da Tabela 4.9 a seguir. Nesta planilha estão considerados os oito tipos de aspectos ambientais recomendados por Reijnders (1996) *apud* Hendrickson (2006), para serem avaliados. A utilização desta tabela propiciou a sistematização e a posterior reprodutibilidade da coleta de dados, sugerida por CIAMBRONE (2008).

4.5.5 Interpretação dos resultados

Na interpretação dos impactos inventariados, será considerada a abrangência do impacto, se local, regional ou global e magnitude do risco, se pequena, média ou grande. A magnitude dos impactos, nesse estudo, foi definida através a associação da relevância da perda e da abrangência do impacto. A metodologia proposta segue o citado por Reijnders (1996) *apud* Hendrickson, *et al* (2006).

A Tabela 4.11, a seguir, ilustra esta ferramenta de avaliação proposta que foi utilizado no trabalho, no Capítulo 5 – ESTUDO DE CASO, para definir o grau de importância dos resultados da avaliação do ciclo de vida do equipamento em análise.

A ferramenta utilizada neste estudo propõe, para encontrar este resultado de forma quantitativa, associar critérios de pesos a cada nível de perda e de abrangência geográfica do impacto, da multiplicação desses pesos resultou no grau de magnitude do impacto.

5. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso reúne o maior número de informações detalhadas, valendo-se de diferentes técnicas de pesquisa, visando apreender uma determinada situação e descrever a complexidade de um fato (LAKATOS, 2008).

O estudo de caso em questão tem como objeto o sistema de transmissão de energia elétrica.

Em que pese a escolha do objeto ter sido por conveniência, algumas pertinências foram observadas e mantidas, como a existência de diversas classes de extra-alta tensão e a presença, em operação e conseqüentemente em manutenção, dos mesmos tipos de equipamentos que foram analisados na definição da amostra do estudo na Seção 4.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA.

5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE DISJUNTORES

O objetivo desta seção é realizar um estudo de caso para a aplicação da metodologia apresentada no Capítulo 4 – METODOLOGIA DA PESQUISA.

O presente estudo de caso foi desenvolvido nas atividades de operação e manutenção de disjuntores de alta tensão utilizados na atividade de transmissão de energia elétrica no Brasil.

A Tabela 5.1, a seguir, resume os grupos de disjuntores estudados em função do critério de acionamento dos contatos e do dielétrico utilizado na extinção do arco elétrico. A definição do tipo de equipamento a ser analisado, foi desenvolvida na Seção 4.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM.

Tabela 5.1 – Características principais dos disjuntores estudados.

Item	Classe de tensão (KV)	Modelo	Acionamento dos contatos	Extinção do arco elétrico	Potência (MVA)
1	138	FK 145-3700/GEK-7223	Hidráulico	Óleo isolante	1000
2	138	FA2-40	Hidráulico	Gás SF6	1000
3	345	FA2AR-40	Hidráulico	Gás SF6	15000
4	345	PK4-D	Pneumático	Sopro de ar comprimido	15000
5	500	PK6-C	Pneumático	Sopro de ar comprimido	30000
6	500	FA4-40	Hidráulico	Gás SF6	30000
7	500	DLFV PC6	Pneumático	Gás SF6	30000

Fonte: autor (2010)

Os tipos de disjuntores estudados foram: Grande Volume de Óleo (GVO), sopro de ar e SF₆ (hexafluoreto de enxofre). O estudo de caso em análise possui três classes de transmissão de energia elétrica em corrente alternada. Foram avaliadas as classes de tensão de 138, 345 e 500 kV, foram analisados diversos tipos de equipamentos elétricos de disjunção de alta tensão. Para efeito da análise, os disjuntores foram reunidos em grupamentos que consideraram dois principais critérios, o tipo de acionamento dos contatos elétricos e o processo utilizado para extinção do arco elétrico.

A Figura 5.1, a seguir apresenta a definição dos objetivos desta Análise do Ciclo de Vida de disjuntores, delineando sua fronteira e fluxos de entrada e saída de energia e materiais considerados. Este planejamento considerou os resultados pretendidos, os dados disponíveis e as dificuldades de levantamento encontradas junto aos fabricantes de produtos e equipamentos.

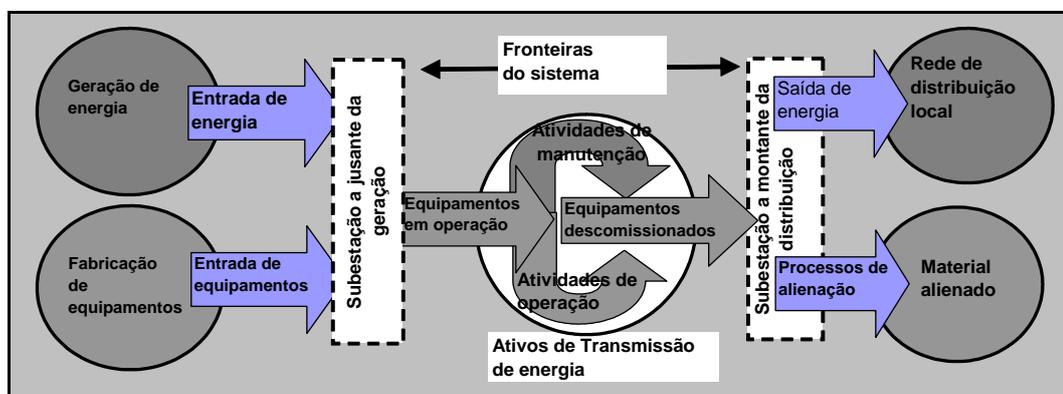


Figura 5.1 – Escopo e fronteira da ACV do estudo

Fonte: Baseado no Guia PMBOK, 3ª edição ANSI/PMI 99-001-2004. Adaptação do autor

5.2 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE DISJUNTORES

Com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental do equipamento disjuntor em todo o seu ciclo operacional, do momento em que entra em operação até sua desmobilização, foi adotado o método de avaliação de impactos ambientais denominados análise do ciclo de vida (ACV).

Para atingir o objetivo de análise do ciclo de vida, o passo a passo, a ser seguido, foi o seguinte: análise do inventário, avaliação do impacto e interpretação do ciclo de vida do produto (equipamento disjuntor).

5.2.1 Inventário do ciclo de vida (ICV)

Fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (ABNT NBR ISO 14040:2009).

Com o objetivo de identificar e inventariar os aspectos e impactos ambientais na operação e manutenção foi adotado a metodologia de acompanhamento do trabalho da equipe de manutenção durante suas atividades de campo. O método de acompanhamento utilizado constou de entrevista com as equipes de manutenção eletromecânica e verificações em campo.

A Tabela 5.2, Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de disjuntores de alta tensão - identificação de aspectos foi elaborada, com o objetivo de servir de ferramenta para inventário dos impactos ambientais devido à operação e manutenção de disjuntores no sistema de potência.

Os principais aspectos ambientais, identificados na operação e manutenção de disjuntores de alta potência, seguindo-se a metodologia proposta por Ciambone (2008), foram inventariados. Este inventário é apresentado na tabela 5.2.

A Tabela 5.2, a seguir, identifica os principais aspectos e impactos ambientais dos disjuntores de alta tensão avaliados e que são representativos dos equipamentos utilizados no Sistema Elétrico de Potência (SEP).

Tabela 5.2 - Identificação de aspectos ambientais, utilizando a (AICV).

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) - Operação e manutenção - identificação de aspectos

Sistema operacional:		Subestação de transmissão de energia elétrica				Subsistemas:		138, 345 e 500 KV
Item	Aspectos ambientais	Aspectos ambientais relacionados à operação e manutenção						
	Alterações ambientais consideradas	Tipos de disjuntores utilizados						
		Grande Volume de Óleo	FA2	FA2-40	PK4D e PK6C	FA4-40	DLFV-PC6	
1	Impacto em fontes	Uso de óleo isolante naftênico	Uso de SF6 como dielétrico	Uso de SF6 como dielétrico	Uso de ar comprimido como dielétrico	Uso de SF6 como dielétrico	Uso de ar comprimido como dielétrico	
		Uso de óleo hidráulico	Uso de óleo hidráulico	Uso de óleo hidráulico	Não identificado	Uso de óleo hidráulico	Não identificado	
2	Impacto direto sobre a natureza e paisagem	Ocupação do solo	Ocupação do solo	Ocupação do solo	Ocupação do solo	Ocupação do solo	Ocupação do solo	
3	Poluição atmosférica	Por ocasião da ionização do ar comprimido no momento da abertura do arco elétrico	Na ocorrência de liberações não pretendidas de SF6	Na ocorrência de liberações não pretendidas de SF6	Por ocasião da ionização do ar comprimido no momento da abertura do arco elétrico	Na ocorrência de liberações não pretendidas de SF6	Por ocasião da ionização do ar comprimido no momento da abertura do arco elétrico	
4	Poluição do solo	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico e de óleo naftênico isolante	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	N/A	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	N/A	
		Na ocorrência de vazamentos de óleo isolante	Possível em vazamentos de óleo hidráulico	Na ocorrência de liberações não pretendidas de óleo hidráulico	Na ocorrência de liberações não pretendidas de óleo hidráulico	Na ocorrência de liberações não pretendidas de óleo hidráulico	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	
5	Qualidade das águas	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	N/A	Na ocorrência de vazamentos de óleo hidráulico	N/A	
6	Emissão de ruídos	Ruídos de impacto	Ruídos de impacto	Ruídos de impacto	Ruídos de impacto	Ruídos de impacto	Ruídos de impacto	
		Ruídos contínuos na operação	Ruídos contínuos na operação	Ruídos contínuos na operação	Ruídos contínuos na operação	Ruídos contínuos na operação	Ruídos contínuos na operação	
7	Radiação ou campos eletromagnéticos	Campos de baixa intensidade	Campos de baixa intensidade	Campos de baixa intensidade	Campos de baixa intensidade	Campos de baixa intensidade	Campos de baixa intensidade	
8	Radiação ionizante	Não identificado	Não identificado	Não identificado	Não identificado	Não identificado	Não identificado	

Fonte: Autor (2010).

5.3 ANÁLISE DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)

Segundo a NBR 14.040 (2009), a Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) deve estabelecer: o uso das categorias de impacto, indicadores de categoria, os modelos de caracterização, de fatores, e valores de ponderação para traduzir um inventário em impacto potencial na saúde humana e ao meio ambiente.

Para atingir estes objetivos intermediários, de análise de impacto, foram adotadas as ferramentas de análise apontadas a seguir.

5.3.1 Bases do estudo de caso

As análises do estudo de caso foram realizadas através de entrevistas com elementos de equipes de manutenção e do acesso às fichas de operação e dos dados de manuais dos equipamentos estudados. A partir desse levantamento foram preenchidas as planilhas constantes dos apêndices 1 e 2 deste trabalho.

Os apêndices 1 e 2 foram elaborados com base na metodologia prevista na NBR ISO 14.040:2009, com o objetivo de inventariar todos os riscos de impactos ambientais na operação e manutenção dos disjuntores de alta-tensão estudados, utilizados no Sistema Elétrico de Potência (SEP).

5.3.2 Relatório de análise dos equipamentos

Com o objetivo de aumentar a efetividade do estudo de caso, também foram analisados os manuais dos equipamentos, folhas de dados (*data sheet*), fotografias dos equipamentos estudados e de suas placas de identificação. Este relatório teve por objetivo complementar os dados obtidos para o inventário de aspectos e impactos com dados de operação encontrados nas placas de identificação dos equipamentos.

Na fase de inventário foi realizado, através do relatório de análise das placas de identificação, registro permanente dos dados operacionais dos equipamentos. Esta providência permitiu resgatar, posteriormente, diversos dados dos equipamentos, como referência de identificação, capacidade de produção energética e consumo de matéria-prima.

5.3.3 Análise dos riscos operacionais

A análise dos riscos operacionais procurou identificar em cada tipo de disjuntor a classe de tensão, o tipo de acionamento e o isolante dielétrico utilizado. Esta análise realizada esta tem seus resultados apresentados na Tabela 5.2 - Identificação de aspectos ambientais, utilizando a (AICV).

5.3.4 Sistemas anexos

Os equipamentos eletromecânicos necessitam, para operar, de energia para movimentação de suas partes móveis. No caso dos disjuntores que utilizam ar comprimido esta energia mecânica vem da compressão do ar feita por grupos de moto-compressores. Estes equipamentos anexos, também, fazem parte da estrutura do ciclo de vida dos equipamentos e foram considerados nesta análise do ciclo de vida (ACV) desses equipamentos.

Os aspectos e impactos ambientais gerados pelos sistemas anexos, também, foram considerados na Tabela 5.2 - Identificação de aspectos ambientais, utilizando a Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida (AICV).

5.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DO CICLO DE VIDA (IRCV)

De acordo com a NBR 14040 (2009), a interpretação dos resultados de uma análise do ciclo de vida de produtos pretende: avaliar se os resultados estão de acordo com metas definidas e abrangência, fornecendo um resumo imparcial dos resultados, definir os impactos significativos, e recomendando métodos para reduzir a utilização de materiais e encargos ambientais.

A Tabela 5.3, a seguir, apresenta a interpretação dos impactos relacionados aos aspectos ambientais identificados nas tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.3 – Interpretação dos resultados da análise do ciclo de vida.

Principais aspectos ambientais	Principais impactos	Relevância da perda (P1)	Localização geográfica (Peso)	Abrangência (P2)	Magnitude (= P1 * P2)
Uso de óleo naftênico	Depleção em fontes	3	Regional	3	9
	Poluição do solo	1	Local	1	1
Uso de óleo hidráulico	Depleção em fontes	3	Regional	3	9
	Poluição do solo	1	Local	1	1
Uso de SF6 como dielétrico	Depleção em fontes	3	Regional	3	9
	Poluição da atmosfera	9	Global	9	27
Ocupação do solo	Perda de áreas florestadas e agriculturáveis	3	Local	1	3
Contaminação dos cursos d'água e lençol freático	Perda de recursos hídricos	1	Regional	3	3
	Prejuízo à vida aquática	1	Regional	3	3
Emissão de ruídos	Ruídos de impacto	1	Local	1	1
	Ruídos contínuos	3	Local	1	3
Emissão de campo magnético	Propagação de ondas eletromagnéticas	3	Local	1	3

Legenda:

Relevância da perda durante a operação:	Peso atribuído (P1)	Abrangência do impacto para o ambiente	Peso atribuído (P2)
Pequena	1	Local	1
Média	3	Regional	3
Grande	9	Global	9

Fonte: Autor (2010).

O equipamento disjuntor foi escolhido em função da avaliação de risco realizada na Seção 4.3 DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM. As classes de tensão estudadas foram: 138, 345 e 500 KV. Os aspectos analisados foram utilizando a Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV).

A Tabela 5.3, Interpretação do Ciclo de Vida de disjuntores de alta tensão, foi elaborada com o objetivo de servir de ferramenta para interpretação dos impactos ambientais

devido à operação e manutenção de disjuntores no sistema de potência. A magnitude, definida, está relacionada à relevância da perda e a abrangência do impacto. O objetivo desta ferramenta é realizar a interpretação dos impactos relacionados aos aspectos ambientais identificados e inventariados nas tabelas 5.1 e 5.2, definindo os impactos significativos.

Nas seções a seguir, serão realizadas avaliações econômicas da aplicação de técnicas de remanufatura. Estas técnicas consideram a regeneração de óleo isolante e recuperação de contatos elétricos de disjuntores. Para ambos os processos de remanufatura, estão previstos testes de avaliação da qualidade para assegurar o correto funcionamento dos produtos remanufaturados.

5.5 VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES H1: E H2:

A verificação se as hipóteses H1: e H2: são corroboradas, será feita através da validação das técnicas de remanufatura empregadas. Neste sentido, serão realizadas avaliações econômicas e ambientais de cada processo de recuperação, remanufatura e reutilização de produtos realizada.

5.5.1 Remanufatura de óleo isolante

O óleo isolante é um produto de petróleo, especialmente refinado de cru selecionado, geralmente naftênico, usado em transformadores, disjuntores, chaves elétricas, e outros equipamentos elétricos (CARRETEIRO *et. al.*, 1998).

Segundo Carreteiro (1998, p. 349), sabe-se que:

As principais funções de um óleo isolante são: isolar e resfriar. Para que haja isolação não deve haver a formação de arco entre dois condutores com diferença de potencial e a segunda função deve dissipar calor oriundo da operação do equipamento elétrico.

A Tabela 5.4, a seguir apresenta os níveis de início da regeneração e aceitação final com o produto remanufaturado.

Tabela 5.4 – Critérios mínimos para a aceitação de regeneração de óleos isolante.

TIPO DE ENSAIO	MÉTODO DE ENSAIO	SATISFATÓRIO		RECONDICIONAR (RECONDITIONING) UP TO 230 KV ABOVE		REGENERAR	RECONDICIONADO
		UP TO 230 KV ABOVE	UP TO 230 KV ABOVE	UP TO 230 KV ABOVE	UP TO 230 KV ABOVE		
Rigidez Dielétrica (Dielectric Breakdown), kV	ASTM D 877(óleos novos) elétrica plano, 2,5 mm	≥ 30	≥ 35	< 30	< 35	----	----
	IEC 156 / VDE 370 elétrica calota, 2,5 mm	≥ 50	≥ 60	< 50	< 60	----	≥ 80
	ASTM D 1816 (0,040") Elétrica calota, 1 mm	≥ 20	≥ 25	< 20	< 25	----	
	ASTM D 1816 (0,880) Elétrica calota, 2 mm	≥ 40	≥ 50	< 40	< 50	----	
Água (Water), ppm	ASTM D 1533 (method n°. 3)	≤ 40	≤ 30	> 40	> 30	----	≤ 15
Acidez (Acid num.), mgKOH/g	ASTM D 664	< 0, 2		----		≥ 0, 2	----
Tensão Interfacial (Interfacial Tension) 25°C, dina/cm	ASTM D 971	> 22		----		≤ 22	----
Fator de Dissipação (Dissipation Factor), %	IEC 247 @ 25°C	< 0,5		----		≥ 0,5	----
	IEC 247 @ 90°C	< 20		----		≥ 20	----
Partículas (Particles) Por 100 ml, ≥ 2 µm	IEC 970 / A	≤ 30.000		----		----	≤ 15.000

Fonte: Normas IEC e ASTM (2010).

Para desempenhar convenientemente a sua função, um óleo isolante deve possuir características, como: estar isento de umidade, livre de contaminantes e possuir baixa viscosidade a fim de circular rapidamente. De acordo com Carreteiro (1998, p. 349), além dessas características, o óleo isolante deve ser resistente à oxidação e a formação de ácidos e borra.

O crescimento na parcela de óleo remanufaturado ocorreu, principalmente, devido ao aumento da confiança na qualidade do óleo regenerado. Isto só foi possível devido à introdução de um Sistema de Controle da Qualidade, que se baseia no acompanhamento estatístico de indicadores de parâmetros dielétricos, descritos na Tabela 5.4.

5.5.2 Recondicionamento do óleo isolante

O recondicionamento consiste na remoção de partículas sólidas, umidade e gases dissolvidos por meios físicos, com objetivo de tornar o óleo isolante reutilizável.

Carreteiro (1998, p. 355), conceitua que:

Recondicionamento é a remoção de partículas, umidade e gases combustíveis e não combustíveis dissolvidos (H_2 , CH_4 , CO , CO_2 , N_2 , O_2 , C_2H_2 , C_2H_4 e C_2H_6), por meio de filtros, centrífugas e desidratadores, a fim de restaurar as condições operativas do óleo como confiáveis.

Desta forma, o recondicionamento ocorre como uma primeira etapa da remanufatura de óleo isolante. O critério que define a continuidade do processo de remanufatura, prosseguindo pela regeneração total do óleo está previstos na Tabela 5.4, e são:

- Rigidez dielétrica;
- Teor de água.

5.5.3 Regeneração de óleo isolante

A recuperação de um óleo isolante é um processo químico e de absorção que consiste na remoção de dos componentes ácidos e produtos de oxidação (CARRETEIRO, 1998, p. 355).

Desta forma, na regeneração ocorrem à remoção de compostos ácidos, borras solúveis e insolúveis a fim de aumentar a vida útil do óleo. Na regeneração é feita uma aditivação, com inibidores de oxidação (dibenzil para-crezol, conhecido como DBPC, na concentração 0,3 %).

5.5.4 O processo de regeneração de óleo isolante

O processo de “regeneração de óleo isolante” consiste basicamente, na remoção do óleo quimicamente alterado do interior do tanque do equipamento em manutenção e submetendo-o a diversas etapas de tratamento físico-químico, verificação da eficácia da regeneração e posterior devolução ao transformador em questão.

Durante a pesquisa realizada nos processos de transmissão de energia, dois tipos de processos de regeneração foram encontrados. Processo de contato e processo de percolação (este último usado com equipamento energizado).

O processo de contato é em batelada, o óleo fica em contato com argila sob agitação a $60\text{ }^\circ\text{C}$ durante 1,5 dias aproximadamente (1 a 2 dias, dependendo das condições do óleo).

Ambos utilizam argilas especiais, as quais removem, por adsorção, os produtos de oxidação. No processo de contato a argila possui o tamanho de grão muito fino e necessita descarte em aterro industrial após o tratamento. As perdas neste processo vão de 5 a 10% do óleo tratado.

O processo de percolação utiliza colunas de regeneração o óleo é forçado a passar pela argila em processo contínuo na argila granulometria maior, a fim de facilitar o fluxo. Após aproximadamente 16 horas está argila especial é reativada e novamente retorna ao processo. (aquecimento a 700 ° C). As perdas no processo de percolação são menores que 0,5 % e a argila pode ser usada até a regeneração de 1,5 milhão de litros, após este tempo de vida útil pode ser destinada a co-geração em processos de construção civil.

A Figura 5.1, a seguir mostra o aspecto de uma central móvel de regeneração de óleo isolante de fabricação da empresa ENERVAC.



Figura 5.1 – Unidade móvel de Regeneração da ENERVAC
Fonte: Disponível em:<<http://www.enervac.com.br>>. Acesso: em 04 abr. 2010.

A Figura 5.2, a seguir apresenta de forma esquemática o processo de regeneração do óleo isolante. Este processo é aplicável à unidade móvel de regeneração e, é utilizado na aplicação do tratamento com o equipamento em operação.

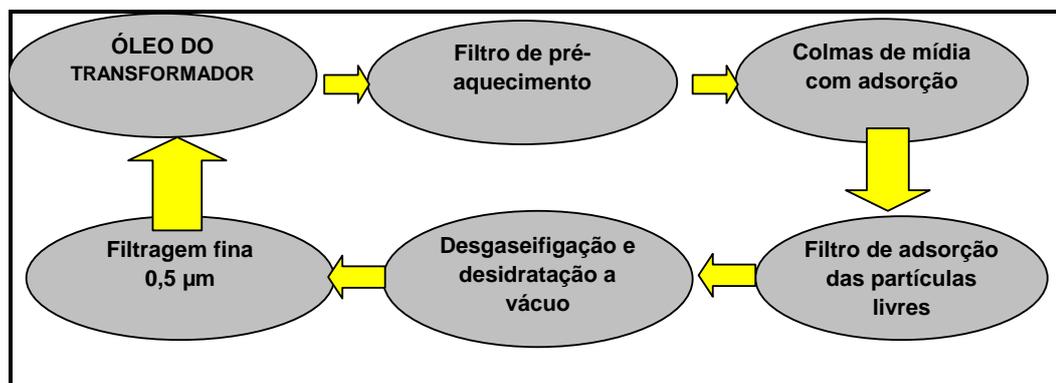


Figura 5.2 – Diagrama esquemático do processo de regeneração de óleo
Fonte: Disponível em:<<http://www.enervac.com.br>>. Acesso: em 04 abr. 2010.

5.5.5 Comparação econômica entre os processos de regeneração de óleo

A Tabela 5.5, a seguir, apresenta uma avaliação econômica dos processos de regeneração de óleo isolante em fábrica e no local.

Da análise da tabela 5.5 e comparação dos diferentes resultados encontrados para o custo final por litro de óleo isolante regenerado pelos diferentes processos, chega-se ao resultado que o processo que trata o óleo no local é bem mais vantajoso economicamente. Pois apresenta um resultado de R\$ 1,55/ litro regenerado, contra R\$ 1,76/ litro regenerado, apresentado pelo que regenera o óleo na fábrica.

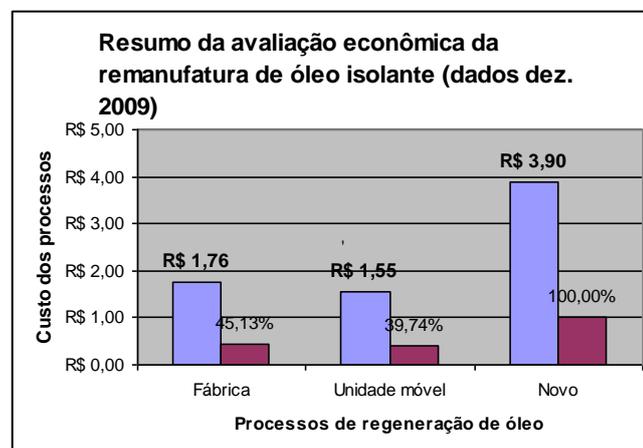
Tabela 5.5 – Avaliação econômica da remanufatura de óleo isolante em fábrica.

Resumo da avaliação econômica da remanufatura de óleo (Preços dezembro 2009)			
Processo	Fábrica	Unidade móvel	Novo
Preço (R\$)	R\$ 1,76	R\$ 1,55	R\$ 3,90
(%)	45,13%	39,74%	100,00%

Fonte: Autor (2010).

O Gráfico 5.1, a seguir, resume o resultado da avaliação econômica realizada considerando a remanufatura de óleo isolante em fábrica e no local da instalação dos equipamentos.

Gráfico 5.1 – Resumo da avaliação econômica de remanufatura de óleo isolante.



Fonte: Autor (2010)

Também comparando os custos dos processos de regeneração/ litro, com o preço de mercado do óleo isolante (preço médio de R\$ 3,90/litro), a regeneração ainda assim é economicamente vantajosa à aquisição de óleo novo no mercado.

5.6 REMANUFATURA DE CONTATOS DE DISJUNTORES

Contatos elétricos desgastados em disjuntores têm onerado as concessionárias em seus custos de manutenção. Alguns disjuntores já não são produzidos pelos fabricantes, o que dificulta a aquisição dos contatos de reposição (PEREIRA, *et. al. apud* II CITENEL, 2003).

Desta forma, a possibilidade de extensão da vida útil dos contatos tem relação direta com o prolongamento da vida útil dos disjuntores, podendo, também, estender os períodos de revisão e de troca dos equipamentos.

Devido à realização de manutenção dos equipamentos elétricos de potência, existe a necessidade de substituição de componentes desgastados pela contínua operação ou por tempo de serviço.

Com o objetivo de estudar a viabilidade técnico-econômica, da aplicação da remanufatura de contatos elétricos de disjuntores, foi analisado o relatório realizado por PEREIRA *et. al.*, apresentado no II CITENEL em 2003.

O objetivo do relatório em análise foi o de apresentar os resultados obtidos através dos ensaios laboratoriais em protótipos de contatos elétricos de disjuntores.

Como resultado, foi levantado um conjunto de critérios para fabricação e recuperação dos contatos que buscam melhorar a qualidade e o desempenho em serviço destes componentes, e também a extensão de sua vida útil e conseqüentemente, aumento do seu ciclo de vida.

A remanufatura dos contatos elétricos de disjuntores é feita através da chamada recapacitação desses contatos. Esta recapacitação consiste na remoção do revestimento de prata danificado, através de usinagem até a exposição do substrato de cobre, reaplicação de nova camada de prata e realização de ensaios de laboratório, conforme Normas IEC, para verificação das características mecânicas e elétricas do contato remanufaturado.

A chamada “recapacitação dos contatos” é um exemplo de remanufatura aplicada à engenharia de manutenção eletromecânica.

5.6.1 Análise do relatório de redução das degradações em contatos elétricos

A análise apresentada nessa seção baseia-se no estudo realizado em pesquisas de verificação de desempenho de recapitação de equipamentos elétricos e foi realizada em duas fases.

De acordo com Pereira (2003), na primeira fase foram ensaiados dois contatos móveis e dois conjuntos de molas corrugadas, fabricados pela empresa vencedora da licitação, dentro da especificação solicitada.

Ainda conforme Pereira (2003), na segunda fase houve a redefinição do projeto e a adequação aos padrões de projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, quando foram estabelecidos os seguintes marcos previstos para serem cumpridos em duas etapas:

1ª etapa

- Elaboração de procedimentos operacional e de segurança para o projeto;
- Projeto e construção de dispositivo para os ensaios de operações mecânicas;
- Recuperação de oito contatos com diferentes características construtivas;
- Ensaios de operações mecânicas em vazio dos protótipos, à temperatura ambiente, com medições periódicas de resistência elétrica de contato; Ensaios de elevação de temperatura;
- Seleção dos contatos a serem submetidos aos ensaios de interrupção; Ensaios de interrupção de corrente de curto circuito com medições de resistência elétrica de contato;
- Ensaios de operações mecânicas em vazio, à temperatura ambiente, com medições periódicas de resistência elétrica de contato;
- Ensaios de elevação de temperatura;
- Ensaios de condutividade;
- Análise metalográfica; Análise por dispersão de energia de raios-X;
- Ensaio de dureza e Medição da camada de prata (revestimento).

2ª etapa

- Análise e seleção dos contatos com melhor desempenho para confecção de protótipos com características construtivas padrão do processo de recuperação e de fabricação;
- Comprovação do desempenho dos novos contatos recuperados e fabricados (protótipos padrão) através da repetição da mesma sequência de ensaios, medições e análises da primeira etapa.

5.6.2 Comprovação do desempenho dos contatos elétricos

Pereira (2003), informa que para verificação da conformidade das características eletromecânicas dos contatos remanufaturados aos padrões de norma, foram realizados diversos ensaios de laboratório descritos a seguir:

- a) Ensaios de operações mecânicas em vazio, à temperatura ambiente;
- b) ensaios de resistência elétrica de contato;
- c) ensaios de elevação de temperatura;
- d) ensaios de interrupção com corrente de curto-circuito de 24 kA em 12 kV;
- e) ensaios de condutividade elétrica;
- f) análise metalográfica;
- g) análise por dispersão de energia de raios-X;
- h) ensaio de dureza;
- i) medição da camada de prata (revestimento).

Os ensaios realizados foram baseados em normas internacionais que fornecem padrões de desempenho operacionais para equipamentos elétricos de extra-alta tensão. O setor elétrico adota para padrões de desempenho tanto na verificação da conformidade para aceitação do fornecimento, quanto para ensaios de verificação operacionais os padrões previstos nas Normas IEC.

Com base nos resultados dos ensaios de laboratório realizados nos contatos elétricos remanufaturados, foi possível comprovar o atendimento do desempenho dos contatos elétricos remanufaturados aos padrões de desempenho das Normas IEC.

5.6.3 Avaliação econômica da remanufatura de contatos elétricos

A avaliação econômica realizada nesta seção tem por objetivo estabelecer a relação entre o preço de aquisição do conjunto de contatos importados novos, e custo de remanufatura do mesmo conjunto.

A Tabela 5.6, a seguir, apresenta de forma resumida, a comparação entre os custos de remanufatura de contatos elétricos de disjuntores, reajustados pelo IPCA de dezembro de 2009, com o preço de compra dos contatos novos importados. Os valores em moeda foram omitidos, e apresentados sob a forma de unidades monetárias proporcionais ao valor original calculado.

Tabela 5.6 - Comparação do custo da remanufatura com o preço de compra de contatos de disjuntores novos importados.

Preço do contato novo (dez 2009)	Conjunto contatos novos importado	1 0000 unidades monetária	Economia (%)
Custo 2 (dez-2009)	Conjunto contatos remanufaturados	0 5310 unidades monetárias	----
Parcela de economia em (dez-2009)	Diferença entre o preço do conjunto importado novo e o custo de remanufatura	0 469 unidades monetárias	46,90 %
Preço do contato novo em (dez-2012)	Preço do conjunto de contatos importado (projeção p/ dez-2012 p/variação do dólar comercial)	1 0886 unidades monetárias	---
Custo 3 (dez-2012)	Conjunto contatos remanufaturados	0 4237 unidades monetárias	---
Parcela de economia em dez 2012	Diferença entre o preço do contato importado novo e custo de remanufatura	0 5764 unidades monetárias	57,64 %

Fonte: Autor (2010).

Para definição do custo unitário dos conjuntos de contatos, foram considerados os valores parciais dos componentes móveis e fixos. Nesta composição, foram ponderados todos os insumos consumidos no processo de remanufatura realizado.

Da análise da Tabela 5.6, verifica-se que o custo do conjunto de contatos remanufaturados chega, em dezembro de 2009, a 53,10% do valor do conjunto de contatos novos importados. O que representa uma economia de cerca de 50 %. Estimando-se esse prognóstico para dezembro de 2012, essa parcela de economia poderá a chegar a cerca de 58 % do preço do conjunto de contatos importados calculados com base no dólar comercial projetado.

5.7 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

Pollution Prevent

O “efeito estufa” é a presença de gases na atmosfera, que formam uma camada que permite que a irradiação da luz do sol chegue à superfície da Terra, mas que impede o calor irradiado e refletido pelo solo retorne ao espaço, transformando-a numa estufa natural (CERQUEIRA, 2010, p. 96).

A presença de gases na atmosfera torna-se problemática, pois retém mais radiação de calor do que seria necessário. De 1860 até 2000 (140 anos) a temperatura média aumentou 0,5 °C. Para o século XXI, o previsto é que aumente de 1,1 a 6,4 °C. (fonte IPCC - Relatório Intergovernamental de Mudanças Climáticas de 2007, *apud* CERQUEIRA, 2010).

De acordo com o IPCC, dentre os gases que mais contribuem para o efeito estufa estão:

- a) O gás carbônico (dióxido de carbono CO₂);
- b) o metano (CH₄);
- c) os clorofluorcarbonos (CFC_s);
- d) o óxido nitroso (N₂O);
- e) o ozônio (O₃);
- f) o hexafluoreto de enxofre (SF₆).

5.7.1 Potencial de aquecimento global (PAG)

A NBR ISO 14.064:2007, em seu item 2, Termos e definições, apresenta o potencial de aquecimento global como o fator que descreve a intensidade da irradiação de uma unidade de um dado dos Gases de Efeito Estufa (GEE), relativa a uma unidade equivalente de dióxido de carbono durante um dado período de tempo.

A Tabela 5.7, a seguir, extraída da norma NBR ISO 14064:2007, apresenta o potencial de aquecimento global dos gases do efeito estufa em referência a uma unidade de dióxido de carbono (CO₂).

Tabela 5.7 – Potencial de aquecimento global de GEE.

Gás	Fórmula química	Potencial de aquecimento global (da Referência [6])
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido nitroso	N ₂ O	310
Hidrofluorcarbonos (HFC)		
HFC-23	CHF ₃	11 700
HFC-32	CH ₂ F ₃	650
HFC-41	CH ₃ F	150
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1 300
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅	2 800
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	1 000
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1 300
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	300
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	3 800
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	140
HFC-227ea	C ₃ H ₂ F ₇	2 900
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	6 300
HFC 245ca	C ₃ H ₃ F ₅	560
Hidrofluoréteres (HFE)		
HFE-7100	C ₄ F ₉ OCH ₃	500
HFE-7200	C ₄ F ₉ OC ₂ H ₅	100
Perfluorcarbonos (PFC)		
Perfluormetano (tetrafluormetano)	CF ₄	6 500
Perfluoretano (hexafluoretano)	C ₂ F ₆	9 200
Perfluorpropano	C ₃ F ₈	7 000
Perfluorbutano	C ₄ F ₁₀	7 000
Perfluorciclobutano	c-C ₄ F ₈	8 700
Perfluorpentano	C ₅ F ₁₂	7 500
Perfluorexano	C ₆ F ₁₄	7 400
Enxofre hexafluoreto	SF ₆	23 900

Fonte: ABNT NBR ISO 14064 (2007).

Na avaliação realizada na seção 5.4 INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA, foi indicado que o aspecto ambiental de maior relevância na operação de disjuntores é a poluição atmosférica produzida pela liberação não pretendida de gás SF₆.

Da análise da tabela 5.8, pode ser verificado que o potencial do gás SF₆ se encontra no topo da escala de produção de efeito estufa. Este potencial é de 23.900 vezes maior que o do dióxido de carbono (CO₂), considerado como referência unitária.

5.7.2 Reuso de gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre)

Durante a realização deste trabalho de pesquisa, foi possível encontrar possibilidades de recuperação e reuso de gás isolante SF₆ (hexafluoreto de enxofre).

Esta prática foi implantada através da utilização de equipamento de recuperação de gás isolante. Essa máquina é composta de bomba de vácuo, compressor e filtros. A Tabela 5.8, a seguir, apresenta de forma estimada a expectativa de desempenho desse tipo de equipamento,

nesta projeção foram utilizados a capacidade média de recuperação do equipamento, considerando a produção operacional em frentes de manutenção.

Tabela 5.8 – Estimativa econômica da recuperação de gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre).

Período	Quant. Recuperada (Kg SF ₆)	Preço do gás SF ₆ (R\$) ₆	Valor total recuperado (R\$)	Investimento (média mercado)	Saldo amortizado	Potencial de aquecimento global (ref. NBR 14.064:2007)	Poluição evitada (Kg de CO ₂)
1º ano	800	100,00	80.000,00	- 200.000,00	- 80.000,00	23 900	19.120.000
2º	900	100,00	90.000,00	- 30.000,00	- 170.000,00	23 900	40.630.000
3º ano	1000	100,00	100.000,00	+ 70.000,00	+ 270.000,00	23 900	64.530.000

Fonte: Autor (2010).

Da análise da Tabela 5.8, podemos verificar que até o início do 1º ano, é possível recuperar e reusar, cerca de 800 Kg de gás SF₆ esta quantidade, quando convertida em toneladas de dióxido de carbono, utilizando-se como referência a Tabela 5.8, extraída da NBR ISO 14.064:2007, parte 1, resulta no montante de 19,12 toneladas de CO₂.

O investimento inicial de R\$ 200.000, custo médio de mercado a ser realizado com aquisição do equipamento, pode se tornar totalmente amortizado ao fim de três anos de utilização. Sem considerarmos que a quantidade reaproveitada e reutilizada de gás isolante, tende a aumentar consideravelmente a partir da divulgação do processo de reaproveitamento e a sistematização deste na rotina de manutenção. Desta forma, a amortização do investimento tende a ocorrer muito antes do previsto na Tabela 5.8, tendo em vista o aumento da quantidade de gás isolante a ser recuperada e reutilizada.

No terceiro ano de utilização do equipamento, observa-se que o resultado econômico mostra-se positivo em cerca de 35 % do investimento inicial. Da mesma forma, no mesmo período será possível recuperar 2.700 Kg de gás SF₆, o que corresponde a uma poluição evitada de 64,53 toneladas de CO₂.

5.8 VERIFICAÇÃO DA HIPÓTESE H3:

A verificação se a hipótese H3: é corroborada, será feita através da validação da técnica de avaliação de desempenho ambiental (ADA). Neste sentido, serão realizadas avaliações baseadas na aplicação de pesquisas com aplicação de questionário, entrevistas estruturadas e pesquisa exploratória. A avaliação a ser proposta tem como referência os indicadores ambientais previstos na NBR ISO 14.031: 2004 e os requisitos de gestão ambiental da NBR ISO 14.001:2007.

5.8.1 Indicadores de desempenho ambiental

O termo indicador origina-se do latim *indicare*, que significa anunciar, tornar público, estimar (CAMPOS; MELO, 2008, p. 542 *apud* MERICO, 1997, p. 61; HAMMOND *et al.*, 1995, p.1). Os indicadores têm como objetivo simplificar, quantificar, analisar e comunicar. Assim, os fenômenos complexos são quantitativos e tornados compreensíveis por vários segmentos da sociedade, através dos indicadores, (ADRIAANSE, 1993 *apud* CAMPOS; MELO, 2008, p.542).

Como definição, um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade, tendo como característica principal poder sintetizar diversas informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (MITCHELL, 2004, *apud* CAMPOS; MELO, 2008, p. 542).

A NBR ISO 14031 descreve duas categorias gerais de indicadores a serem considerados na condução da Avaliação de Desempenho Ambiental:

- Indicador de Condição Ambiental (ICA);
- Indicador de Desempenho Ambiental (IDA), o qual é classificado em dois tipos: Indicador de desempenho gerencial e operacional.

A Tabela, constante do Anexo 1, apresenta os tipos de indicadores de desempenho utilizados na classificação da Norma ISO 14.031 e com base nos requisitos da NBR ISO 14.001.

Tabela 5.9 – Indicadores utilizados na Avaliação de Desempenho Ambiental.

CLASSIFICAÇÃO ISO 14.031		
Categoria	Tipo	Aspecto Ambiental
Indicador de Desempenho Ambiental (IDA)	Indicador de Desempenho Operacional (IDO)	Consumo de energia
		Consumo de matéria prima
	Indicador de Desempenho de Gestão (IDG)	Consumo e materiais
		Gestão de resíduos sólidos
Indicador de Condição Ambiental (ICA)	Índice de qualidade da água; Índice de qualidade do ar	

Fonte: ABNT NBR ISO 14031 (2004).

5.9 ESCOLHA DOS INDICADORES AMBIENTAIS

A integração dos princípios da sustentabilidade, por meio de procedimentos de conservação e controle, aos critérios de desempenho de uma organização produtiva, foi impulsionada a partir de meados da década de 1990, com a divulgação das primeiras normas da série ISO 14000.

A escolha dos indicadores de desempenho a serem adotados por uma dada indústria deve fundamentar-se em alguns aspectos, tais como:

- a) Objetivos da avaliação;
- b) abrangência de suas atividades, produtos e serviços;
- c) condições ambientais locais e regionais;
- d) aspectos ambientais significativos;
- e) requisitos legais e outras demandas da sociedade;
- f) capacidade de recursos financeiros, materiais e humanos para o desenvolvimento das medições (ABNT NBR ISO 14.031:2004).

5.9.1 Pesquisa exploratória

Com o intuito de obter uma ferramenta de Avaliação de Desempenho Ambiental de fornecedores, foi realizada pesquisa em diversos documentos, como: artigos, revistas,

manuais e relatórios ambientais de diversas empresas. Nesta pesquisa foram considerados os seguintes parâmetros:

- Requisito da NBR ISO 14.001;
- Objetivo da NBR ISO 14.031.

A pesquisa foi realizada utilizando-se as palavras-chave: avaliação, desempenho e gestão ambiental. O objetivo desta pesquisa é encontrar os indicadores ambientais relacionados com cada requisito específico da NBR ISO 14.001 e que atendam os objetivos de avaliação de desempenho ambiental previstos na NBR ISO 14.031. Os resultados dessa pesquisa estão relacionados na Tabela, apresentada no Anexo 1:

5.10 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE FORNECEDORES

De posse dos dados obtidos no Anexo 1- Resultado da pesquisa exploratória de indicadores ambientais, na consulta a tabela 5.9, Indicadores utilizados na Avaliação de Desempenho Ambiental e atendendo ao proposto pela NBR ISO 14.031 Avaliação de Desempenho Ambiental, foi possível elaborar o questionário constante do Apêndice 4.

O questionário é composto de perguntas baseadas na NBR ISO 14.031 e foi respondido por empresas fabricantes de equipamentos elétricos de potência. Sua aplicação se deu de forma direta, sendo aproveitadas oportunidades durante a realização de avaliação da conformidade da fabricação de equipamentos em fabricantes.

A metodologia de aplicação do questionário foi conduzida através de entrevistas realizadas com os representantes da área ambiental de cada empresa avaliada.

Da aplicação do questionário constante do Apêndice 4, da pesquisa realizada nos documentos de declaração ambiental das empresas fornecedoras de materiais e equipamentos do setor elétrico, cujo resultado é constante do Anexo 2 Resultados da Pesquisa de Desempenho Ambiental de Fornecedores, foi possível obter diversas informações acerca do desempenho ambiental das empresas estudadas. O resultado da aplicação do questionário está apresentado no Apêndice 6 – Resultado da aplicação do questionário.

5.10.1 Análise dos resultados da pesquisa

Com base nos resultados apresentados no subitem 6.3.1, foi verificado que a única questão, que foi selecionada através da avaliação da pesquisa exploratória, associada ao resultado do questionário aplicado, que ficou sem resposta foi à questão 19 - Estratégias de

redução de emissão de CO₂ (Créditos de carbono). Isto demonstra que ainda não existe planejamento das empresas pesquisadas para atendimento à prevenção da poluição de gases do “efeito estufa”.

Entretanto, com relação às demais questões selecionadas, houve boa aderência da amostragem de empresas pesquisadas ao propósito da gestão ambiental baseada na NBR ISO 14.001 gestão ambiental e atendimento aos critérios previstos na NBR ISO 14.031 avaliação de desempenho ambiental (ADA).

5.10.2 Avaliação do resultado da pesquisa

O objetivo desta seção é descrever uma avaliação quantitativa do resultado obtido com a pesquisa realizada junto aos fabricantes de equipamentos para o setor elétrico. A apresentação do resultado está quantificada, de forma gráfica, no Apêndice 7 – Resultado da Pesquisa de Desempenho Ambiental, estes resultados foram obtidos a partir da interpretação das respostas obtidas com a aplicação do questionário do apêndice 4, combinados com a pesquisa realizada em periódicos de análise ambiental, cujo resultado é mostrado no Anexo 2, Resultado da pesquisa de desempenho no anuário ambiental de 2009, este anexo 2, mostra a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) realizada junto a uma amostragem de fabricantes dos ramos de atividade, de transformadores, eletroeletrônica, energia elétrica, mecânica e metalurgia e siderurgia.

6. DISCUSSÃO E PROPOSIÇÕES

O objetivo do presente capítulo é apresentar resultados da avaliação econômica, e do desempenho ambiental dos equipamentos do setor elétrico. Também, será proposta uma estrutura de logística reversa que contemple um SGA (Sistema de Gestão Integrada), capaz de conter Políticas voltadas para gestão dos sistemas de monitoramento e controle: da qualidade, da saúde e segurança ocupacional, ambiental.

Através da remanufatura e outros processos como, reparação, reutilização, renovação ou reciclagem de produtos é possível otimizar a vida econômica de produtos, aumentando o seu ciclo de vida.

6.1 VALIDAÇÃO DOS PROCESSOS DE REMANUFATURA

A validação dos processos de remanufatura apresentados no capítulo 5, Estudo de caso, será realizada através dos resultados da análise econômica dos processos de remanufatura e reutilização. O aspecto ambiental será discutido com base na redução da utilização de matéria prima e na geração de resíduos evitada, apresentados no capítulo 5.

6.1.1 Remanufatura de óleo isolante

A recuperação de óleo isolante, pelo processo de regeneração no local, mostrou-se economicamente viável, além de tecnicamente mais interessante, pois neste não há necessidade de paralisação do equipamento durante o processo.

A recuperação de óleo isolante, também é economicamente viável quando comparado o custo do processo de regeneração ao preço do óleo novo no mercado.

Além do aspecto econômico favorável a reutilização do óleo isolante, tem-se também a redução considerável que ocorrerá na depleção de fontes naturais desse produto, que possui origem em fontes não renováveis de hidrocarbonetos fósseis.

6.1.2 Remanufatura de contatos elétricos

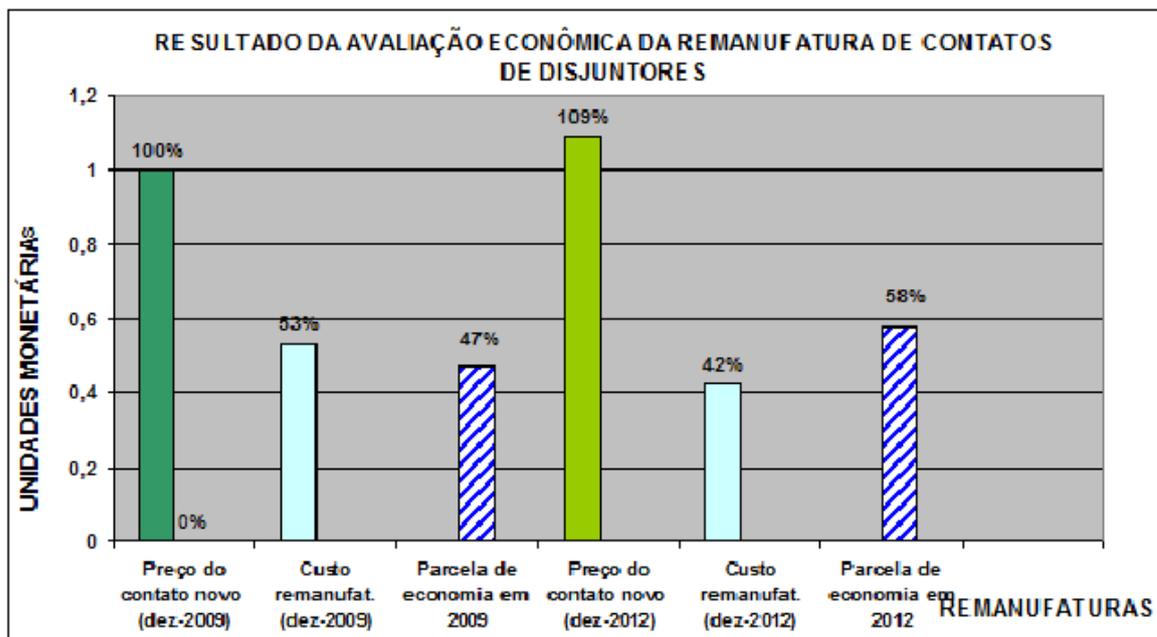
Os contatos elétricos dos disjuntores remanufaturados, devem ser ensaiados e aprovados em rigorosos testes de laboratório, segundo normas IEC, os custos desses ensaios estão considerados na avaliação econômica realizada.

Nesta composição, também foram ponderados os valores do projeto de pesquisa e desenvolvimento e o custo parcial de cada fase de remanufatura realizada.

Para realizar a avaliação em questão, foi considerado o preço do conjunto de contatos novos importados como 1 unidade monetária, relacionada com esse valor, a remanufatura de contatos ficou, em média, em 0,53 unidades monetárias referenciais. Neste caso, representou uma economia de 47 % em relação ao preço do conjunto de contatos elétricos importados.

O Gráfico 6.1, a seguir, apresenta de forma sintética, o resultado da avaliação econômica realizada no Capítulo 5 – ESTUDO DE CASO. A barra vertical hachurada, representa a parcela de 47% de resultado financeiro positivo realizado até 2009.

Gráfico 6.1 – Resultado da avaliação econômica da remanufatura de contatos elétricos de disjuntores.



Fonte: Autor (2009)

Extrapolando-se os resultados do processo de remanufatura para o ano de 2012, teríamos um crescimento da parcela de economia com a remanufatura, tendo em vista o aperfeiçoamento da técnica e o efeito de “economia de escala”, o desconto obtido nos contratos e a tendência de aumento do dólar. Esta extrapolação foi considerada no Gráfico 7.1,

e resultaria em uma economia da ordem de 58%, em relação ao preço do conjunto de contatos novos e importados. Nesta segunda situação foi considerada uma projeção futura contando com o efeito da “economia de escala”, como resultado do aumento da quantidade de contatos a serem reparados.

6.1.3 Prevenção da poluição

Pollution prevent

Além dos quantitativos resultantes das possíveis liberações espontâneas de SF₆ serem de elevada magnitude, o raio de atuação dessa liberação pode ter abrangência global, uma vez que seus efeitos deletérios podem atingir a atmosfera e impactar diretamente na contribuição ao aumento do efeito estufa.

Neste sentido, o investimento a ser realizado em tecnologias de recuperação e reuso do gás isolante SF₆ pode ser recuperado em cerca de três anos. Ficando o investimento totalmente amortizado e ainda tornando-se superavitário após este período.

A Tabela 7.1, a seguir, foi reproduzida da seção 5.7.2 e apresenta uma análise econômica dessa evidência de trabalho de prática sustentável possível de ser implantada.

Tabela 6.1 – Avaliação econômica da recuperação de gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre).

Período	Quant. a ser Recuperada (Kg SF ₆)	Preço do gás SF ₆ (R\$) ₆	Valor total a ser recuperado (R\$)	Investimento (média mercado)	Saldo a ser amortizado	Potencial de aquecimento global (ref. NBR 14.064:2007)	Poluição a ser evitada (Kg de CO ₂)
1º ano	800	100,00	80.000,00	- 200.000,00	- 80.000,00	23 900	19.120.000
2º	900	100,00	90.000,00	- 30.000,00	- 170.000,00	23 900	40.630.000
3º ano	1000	100,00	100.000,00	+ 70.000,00	+ 270.000,00	23 900	64.530.000

Fonte: Autor (2010).

Da análise da tabela 6.1, verifica-se que até o início do ano 1º ano, será possível recuperar e reusar, cerca de 800 Kg de gás SF₆ este montante, convertido em toneladas de dióxido de carbono, utilizando-se como referência a Tabela 5.8, extraída da NBR ISO 14.064:2007, parte 1, resulta no montante de 19,12 de toneladas de CO₂.

Assim, a poluição atmosférica evitada, quanto à liberação de gases do efeito estufa em equivalentes de CO₂, será da ordem de 19,12 toneladas até o fim do primeiro ano, com economia correspondente de R\$ 80.000,00 e podendo chegar a 64,53 toneladas de equivalentes de carbono até o terceiro ano de aplicação do projeto, com resultado econômico total de R\$ 270.000,00.

O investimento inicial estimado a preço médio de mercado, em R\$ 200.000,00, a ser realizado com a aquisição do equipamento para bombeamento e recuperação do gás SF₆, torna-se totalmente amortizado ao fim de cerca de três anos. Isto valida esta prática de prevenção da poluição, como viável ambientalmente, já no primeiro ano de aplicação do projeto, e economicamente viável do segundo para o terceiro ano de utilização.

6.2 PROPOSTA PARA UMA ESTRUTURA DE LOGÍSTICA REVERSA

A interação entre atividade produtiva e a proteção ambiental

O homem depende tanto dos resultados das atividades produtivas, sejam elas agrícolas ou industriais, quanto das condições ambientais adequadas. (CERQUEIRA, 2010).

A natureza, quando deixada por sua conta tem capacidade de se refazer com bastante rapidez, mas para isso é preciso que os níveis de poluição ou de degradação ambiental não tenham atingido valores que não permitam a reversão dos efeitos. (CERQUEIRA, 2010).

Neste sentido, verificamos que para existir a possibilidade de reversão dos impactos ambientais, torna-se necessário que as organizações exerçam atividades de monitoramento e controle ambiental. Essas atividades devem ser sistemáticas, devendo a tomada de decisão ser baseada em fatos, dados e informações.

Para que seja implantado um fluxo reverso de suprimentos, há que se inverter a logística e gerenciar o fluxo de produtos retornados. Havendo, portanto, a necessidade de gerenciamento de estoque em sentido inverso.

A Figura 6.1, a seguir, apresenta a estrutura conceitual para um sistema de logística reversa, neste sistema foi considerada a existência de um centro de suprimento.

Este centro receberia tanto as peças novas, oriundas do mercado fornecedor externo, como as peças recondiçionadas e as peças remanufaturadas, oriundas no sentido inverso da cadeia interna de suprimento. O funcionamento conceitual deste fluxo de logística reversa é discutido a seguir.

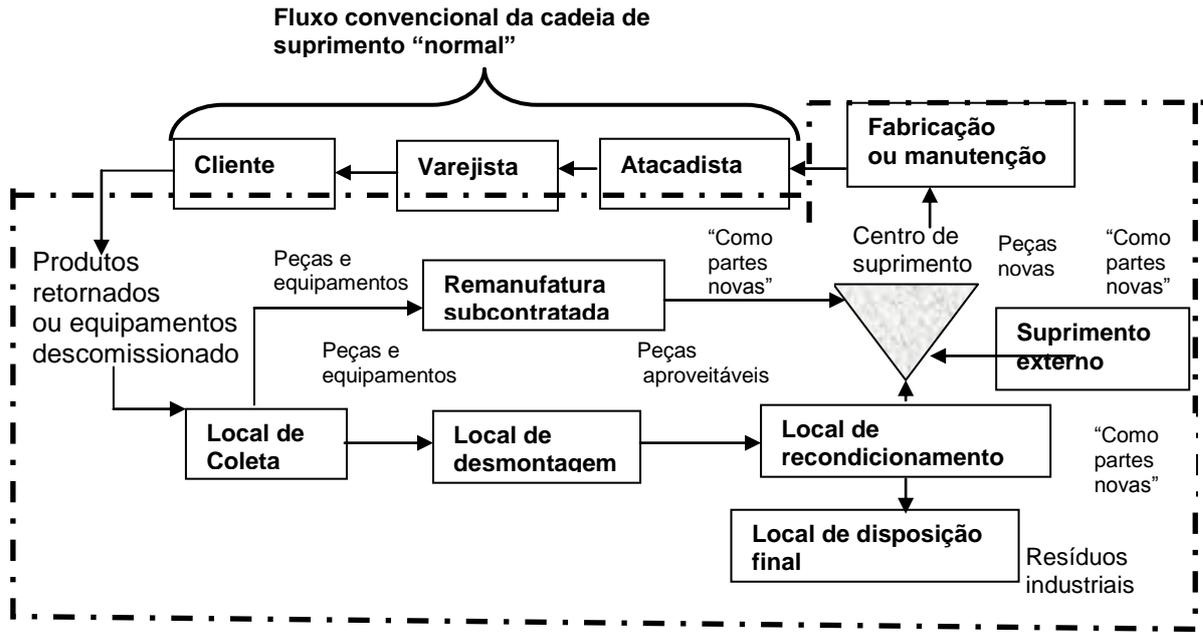


Figura 6.1 – Estrutura conceitual para sistema de remanufatura – (região tracejada)
 Fonte: Kim, *et al.* (2006), com adaptações.

6.2.1 Elaboração de requisitos para o SGA integrado proposto

Com o objetivo de adotar uma estrutura de requisitos que possa ser gerenciada objetivamente, assegurando o controle, o monitoramento e a melhoria contínua dos aspectos e impactos relacionados com as atividades produtivas, deve ser estabelecida uma estrutura mínima conforme a NBR ISO 14001 - Sistemas de Gestão Ambiental - Especificação e Diretrizes, conjugada com os conceitos de desempenho ambiental preconizados pela NBR ISO 14.031 – Avaliação de Desempenho Ambiental.

- Estabelecimento de uma política ambiental compatível com a extensão;
- Declaração e estabelecimento de objetivos, metas e programas para lidar com os aspectos e impactos ambientais significativos e com a legislação aplicável (Lei 12.305 de 10 de agosto de 2010);
- Planejamento de ações operacionais e controles necessários para assegurarem o desempenho ambiental desejado (estabelecimento de indicadores ambientais segundo o resultado quantitativo da pesquisa de desempenho ambiental quantificada no Seção 5.10 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE FORNECEDORES) inclusive para fornecedores de equipamentos críticos para o SEP, conforme amostragem definida pela Seção 4.2 – DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM, do Capítulo 4 – METODOLOGIA DA PESQUISA;

- Previsão de monitoramento do desempenho ambiental, inclusive de fornecedores de equipamentos considerados críticos para o sistema e na consequente tomada de ações corretivas e preventivas;
- Estabelecimento da obrigatoriedade de emissão de Relatórios periódicos de resultados da análise crítica, pela administração da organização, visando à correção dos rumos e a melhoria contínua do desempenho ambiental.

A Figura 6.2, a seguir, apresenta um modelo sugerido de acordo com a necessidade de reestruturação do sistema de avaliação da conformidade de produtos e serviços da Eletrobrás, visando o atendimento à Logística Reversa de produtos a ser implantada.

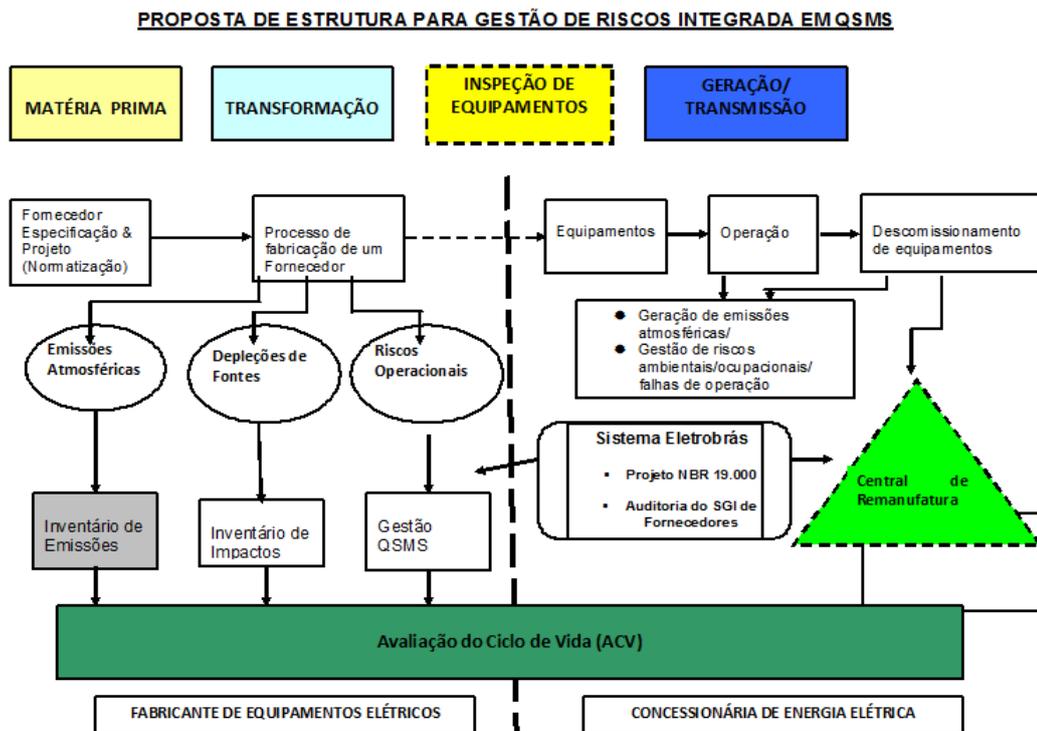


Figura 6.2 – Proposição de estrutura para gestão integrada de riscos
Fonte: Autor (2010).

A linha tracejada vertical representa a fronteira entre os processos de fabricação de responsabilidade do fornecedor, fabricante, e os processos de operação e manutenção, de responsabilidade da concessionária de energia elétrica.

O símbolo representado pelo triângulo tracejado mostra a Central de Remanufatura, que será a parte da cadeia de suprimentos responsável pelo recebimento, armazenamento e gestão do fluxo reverso de suprimentos de equipamentos e de materiais sobressalentes.

Nesta estrutura proposta, a atividade de inspeção de equipamentos deve cuidar das tarefas que transcendem as fronteiras da atividade de fabricação, operação e manutenção de equipamentos. No processo de remanufatura proposto, deve ser iniciado pela inspeção previa do equipamento a ser remanufaturado, devem ser previstas sete etapas: inspeção, limpeza, desmontagem, armazenagem, reparo, remontagem e testes.

6.2.2 Serviço próprio de inspeção (SPIE)

A Norma Regulamentadora do MTE NR-13 – Caldeiras e Vasos de Pressão define para estes equipamentos, de pressão, a existência de um serviço próprio de inspeção que atua avaliando as condições operacionais dos equipamentos. O objetivo do SPIE é aumentar a confiabilidade dos equipamentos que operam a pressões elevadas, de maneira a evitar falhas que possam provocar acidentes com consequentes danos ao patrimônio e a integridade física das pessoas.

Segundo a NR-13 Vasos e Caldeiras de Pressão (2008), um serviço de inspeção próprio da empresa, deve possuir: pessoal próprio para inspeção com dedicação exclusiva, responsável pelo gerenciamento, pelo menos um profissional habilitado, arquivo técnico, procedimentos de inspeção qualificados e instrumentos de medição calibrados e adequados ao serviço de inspeção.

A adoção pelas empresas de um SPIE pode atenuar os períodos entre inspeções de equipamentos, devido ao aumento da confiabilidade do equipamento. Estes maiores intervalos entre as inspeções são chamado de períodos especiais de inspeções.

A NR-13 Caldeiras e Vasos de Pressão (2008) cita em seu Anexo II:

Antes de colocar em prática os períodos especiais entre inspeções, estabelecidos nos subitens 13.5.4 e 13.10.3 da NR-13, os "Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos" da empresa, organizados na forma de setor, seção, departamento, divisão, ou equivalente, devem ser certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) diretamente ou mediante "Organismos de Certificação" por ele credenciados, que verificarão o atendimento aos seguintes requisitos mínimos expressos nas alíneas "a" a "g". Esta certificação pode ser cancelada sempre que for constatado o não atendimento a qualquer destes requisitos:

- a. Existência de pessoal próprio da empresa onde estão instalados caldeira ou vaso de pressão, com dedicação exclusiva a atividades de inspeção, avaliação de integridade e vida residual, com formação, qualificação e treinamento compatíveis com a atividade proposta de preservação da segurança;

- b. mão-de-obra contratada para ensaios não-destrutivos certificada segundo regulamentação vigente e para outros serviços de caráter eventual, selecionada e avaliada segundo critérios semelhantes ao utilizado para a mão-de-obra própria;
- c. serviço de inspeção de equipamentos proposto possuir um responsável pelo seu gerenciamento formalmente designado para esta função;
- d. existência de pelo menos 1 "Profissional Habilitado", conforme definido no subitem 13.1.2;
- e. existência de condições para manutenção de arquivo técnico atualizado, necessário ao atendimento desta NR, assim como mecanismos para distribuição de informações quando requeridas;
- f. existência de procedimentos escritos para as principais atividades executadas;
- g. existência de aparelhagem condizente com a execução das atividades propostas.

Neste sentido, o Inmetro editou em 26 de novembro de 2009, a Portaria n.º 349, que tem por objetivo aprovar o RTAC (Regulamento Técnico da Qualidade para Serviços Próprios de Inspeção). Este Regulamento (RTAC) estabelece os requisitos e o processo para a obtenção da certificação do Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE) e detalha o estabelecido no Anexo II, da Norma Regulamentadora NR-13 - Caldeiras e Vasos de Pressão.

De maneira análoga, tendo em vista já existir um serviço de inspeção que realiza a inspeção de recebimento dos equipamentos destinados à operação no setor elétrico, conforme estudado nesse trabalho no Capítulo 4 – METODOLOGIA DA PESQUISA, a criação de um SPIE para os equipamentos elétricos e mecânicos, em especial nas subestações de transmissão de energia, poderia realizar a tarefa de inspecionar e manter a confiabilidade dos equipamentos durante o seu ciclo de vida operacional.

Desta forma, seriam integrados os processos de avaliação da conformidade antes da entrada do equipamento em operação, inspeção de recebimento, hoje realizada pela Divisão de Inspeção da Concessionária, com o processo de inspeção pós-entrada em operação, que seria desenvolvido pelo SPIE dos equipamentos eletromecânicos a serem implantados nas subestações e usinas de geração.

7. CONCLUSÃO

No setor estudado, conforme demonstrado no Capítulo 5, a parcela mais significativa de impactos ao meio ambiente está concentrada na utilização de insumos para materiais isolantes dielétricos, como óleos minerais e o gás SF₆ (Hexafluoreto de Enxofre), este último considerado como elemento de elevada magnitude de impacto ambiental, em especial como principal contribuinte do chamado “efeito estufa” através da liberação para o ambiente de resíduos.

Dentro do conceito de sustentabilidade a remanufatura coloca-se como uma estratégia importante, também do ponto de vista do negócio, pois reduz significativamente o consumo de recursos naturais e energia utilizados na produção de produtos novos, bem como reduz a quantidade de resíduos a serem dispostos no meio ambiente, além de ser economicamente rentável, se comparada ao processo de aquisição de produto novo, conforme ficou demonstrado.

A prevenção da poluição, realizada através da reutilização do gás SF₆ (Hexafluoreto de Enxofre), mostrou-se ambientalmente viável, uma vez que evita a emissão para a atmosfera de enormes quantidades do gás que é maior contribuinte do “efeito estufa”. O investimento nessa prática, também se mostrou economicamente viável, uma vez que os investimentos realizados na aquisição de equipamentos tornam-se amortizados em curto espaço de tempo.

A aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida permitiu identificar, inventariar e interpretar os principais aspectos e impactos ambientais gerados na operação e manutenção dos principais equipamentos utilizados na transmissão de energia elétrica.

A avaliação ambiental foi considerada positiva pela redução de matéria-prima utilizada, pela poluição e despejo no ambiente evitados, através da utilização da remanufatura de contatos de disjuntores, de óleo isolante e a reutilização de gás hexafluoreto de enxofre.

Durante a execução dessa dissertação, foi verificada a baixa adesão dos fabricantes em responderem à pesquisa, mesmo quando respondem omitem informações, como por exemplo, percentuais que investem na área ambiental. Também foi percebida a escassez de dados que possibilitem associar as não-conformidades de inspeção de recebimento, com os registros de defeitos e falhas operacionais de equipamentos em operação, tendo em vista a falta de relatórios de resultados de manutenção, que são tratados pelas empresas como segredos industriais.

Com a obtenção das informações de resultados de manutenção, novos estudos podem ser realizados com o objetivo de associar as não-conformidades em inspeção de recebimento com os defeitos e falhas em operação.

Também existem poucos dados de fabricantes relacionados a inventários de emissão de poluentes, liberação de resíduos, consumo de energia e de matéria-prima durante os processos de fabricação, o que limitou a fronteira do estudo às atividades de operação, manutenção e inspeção de produto, que se encontram dentro da fronteira do uso do produto.

Desta forma, será de grande valia estender a pesquisa para além fronteira da fabricação, considerando a análise do ciclo de vida, desde a prospecção da matéria-prima até a destinação final de resíduos.

Pelos resultados encontrados foi verificado que a remanufatura também consome recursos durante o processo, como energia, água e insumos naturais, além de embalagem e transporte para o retorno dos produtos. Por isso é um processo que também deve levar em consideração os aspectos ambientais em que está inserido. Neste sentido, a continuação dos estudos pode considerar a avaliação dos impactos provocados por estes processos de prolongação do ciclo de vida.

Na continuação dos estudos para a contribuição com a redução dos impactos ambientais produzidos pela operação e manutenção de equipamentos, de forma a torná-los mais seguros e menos nocivos à saúde, pode-se utilizar os resultados da avaliação ciclo de vida com objetivo de obtenção de critérios para a certificação de produtos pelo SBAC (Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade). De maneira a fornecer subsídios na utilização pelos organismos reguladores governamentais, na emissão de Regulamentos Técnicos mais eficazes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, J.R. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Thex, 2006.
2. ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3ª ed. Brasília: ANEEL, 2008.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistema de Gestão Ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14031**: Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. ABNT, Rio de Janeiro, 2009.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. ABNT, Rio de Janeiro. Mai. 2009.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000:2009**: Gestão de riscos – Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO GUIA 73**: Gestão de riscos – Vocabulário (*Risk management – Vocabulary*) Brasil 2009.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR ISO/IEC 17000**: Avaliação de conformidade – Vocabulário e princípios gerais (*Conformity assessment – Vocabulary and general principles*) Brasil 2005
10. BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre os crimes ambientais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em < <http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 22 dez. 2009.
11. BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em < <http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 22 dez. 2009.
12. BRASIL. Lei nº 12.305, de 10 de agosto de 2010. Dispõe sobre a política nacional de resíduos sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em < <http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 23 nov. 2010.
13. BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF. Disponível em < <http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 27 mar. 2009.

14. BRASIL. Resolução Normativa nº 270, de 26 de junho de 2007. Dispõe sobre a qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica. **Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 27 de março de 2009.
15. CAMPOS, L. M. S., MELO, D.A. **Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica**. UNIVALI, São Paulo 2007.
16. CARRETEIRO, R. P; BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**, 3ª ed., São Paulo: ed. Interciência, 1998.
17. CERQUEIRA, Jorge Pedreira de. **Sistemas de Gestão Integradas. ISO 9001, NBR 16001, OSHAS 18001, AS 8000: Conceitos e aplicações**. 2ª ed., Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.
18. CIAMBRONE, D. F. **Environmental Life Cycle Analysis**. New York, USA: Lews Publishers, 2008.
19. ELETROBRAS. **Relatório de Sustentabilidade Ambiental**. Brasil, 2009.
20. ENERVAC CORPORATION. **Sistemas de regeneração de óleo isolante**. Disponível em: <<http://www.enervac.com>> Acesso em: 04 abr. 2010.
21. HADDAD, A. N., MORGADO, C.V., DESOUZA, D. I. **Health, safety and environmental management risk evaluation strategy: hazard matrix application case studies**. IEEM, 2008.
22. HENDRICKSON, C. T.; LAVE, L.B; MATTHEWS, H.S. **Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Service**. Washington, DC, USA: Resources for the Future, 2006.
23. Gestão Ambiental. **Anuário das Boas Prática das Maiores Empresas e Bancos 2009**. Análise.com, Brasil, 2009.
24. HUANG, H.L; CHEN, H.M; LO, C.C. **A study on the inventory and pricing model for reverse logistics: An application on reuse of refillable containers**. IEEE, IEEM, 2008.
25. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Avaliação da conformidade**. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br>> Acesso em: 27 mar. 2010.
26. JABER, M.Y.; EL SAADANY., A.M.A. **The production, remanufacture and waste disposal model with lost sales**. International Journal Production Economic, Toronto, ON, Canadá, 2009.
27. KIM, K.; SONG, I.; KIM, J.; JEONG, B. **Supply planning model for remanufacturing system in reverse logistics environment**. South Korea: Department of Industrial and Information Engineering, Yonsei University, 2006.

28. LAKATOS, E.; MARCONI, M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2005.
29. LEVINE, D.M; STEPHAN, D. F.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M.L. **Estatística teoria e aplicações**, 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
30. MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
31. MOTA, Joelma Gonçalves Damasceno. **Inspeção baseada em risco aplicada ao planejamento de paradas de manutenção**. PETROBRAS, Refinaria Duque de Caxias – REDUC. III Panamerican conference for nondestructive testing. Rio de Janeiro, Brasil 2003.
32. MOURA, Luiz Antônio Abdala de. **Qualidade e Gestão Ambiental: Sustentabilidade e implantação da ISO 14001**. 5ª ed. São Paulo 2008.
33. PEREIRA, M.J.; COSTA, E.S. **Avaliação e Redução das Degradações em Contatos Elétricos**. Disponível nos anais do II CITENEL, Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, ANEEL, 2003.
34. PINTO, Roberto Paulo Silva Jr., Dissertação de Mestrado: **Análise do Fluxo de Caixa de Empreendimentos de Transmissão de Energia Elétrica no Mercado Brasileiro**. Universidade Federal Fluminense, 2009.
35. Procedimento de Rede. Sub-módulo 15.6. **Apuração dos desligamentos, restrições operativas temporárias, entradas em operação de sobrecargas em instalações da Rede Básica**. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) Rev. 01 de 17/06/09, Brasil 2009.
36. Procedimento de Rede. Submódulo 20.1. **Glossário de termos técnicos**. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) Rev. 01 de 17/06/09, Brasil 2009.
37. SERRA, E.; BARBASTEFANO, R.; OLIVEIRA, R. **Remanufatura: uma alternativa para o desenvolvimento industrial ante o agravamento da escassez de recursos naturais**. Jornal Monitor Mercantil, IM/UFRJ/CEFET, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.
38. SIMONETTI, M. J.; SOUZA, A. L.; SILVEIRA, L. F. S.; ARRUDA, J. P. S. **A Importância da engenharia da confiabilidade e os conceitos básicos da distribuição de Weibull**. Faculdade de Tatuí, SP, 2009.
39. SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.
40. SUNDIN, E.; BRAS, B.; **Making functional sales environmentally and economically beneficial through product remanufacturing**. Journal of Cleaner Production, Atlanta, USA, 2005.
41. THABREW, L.; WIEK, A.; RIES, R. **Environmental decision making in multi-stakeholder contexts: applicability of life cycle thinking in development planning and implementation**. Washington, U.S.A: Journal of Cleaner Production, v.17, 2009.

42. 5º Workshop Internacional de Avaliação da Conformidade WG IRAG. Draft procedure, Inmetro Brasil, 2009.
43. ZOGBI, Francine Einsfeld, **Análise da evolução do sistema de gestão da qualidade ambiental Implementado aos Processos de Manufatura de Pneumáticos da Michelin S.A** – Unidade CGR/Brasil Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

9. APÊNDICES

Apêndice 1 – Inventário do ciclo de vida de disjuntores

Apêndice 1

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) - Operação e manutenção - identificação de impactos

Sistema operacional:	Subestação de transmissão	Processo:	Classe de tensão:
Tipo de equipamento	Disjuntor	Fabricante:	Modelo:
Item	Aspectos ambientais		Identificação de Impactos ambientais
	Alterações ambientais consideradas	Depleções de recursos naturais e despejos no ambiente	Esperados na operação e manutenção
1	Impacto em fontes		
2	Impacto direto sobre a natureza e paisagem		
3	Poluição atmosférica		
4	Poluição do solo		
5	Qualidade das águas		
6	Emissão de ruídos		
7	Radiação ou campos eletromagnéticos		
8	Radiação ionizante		

Modelo de Planilha para elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de disjuntores de alta tensão - identificação de impactos
 Fonte: Autor (2010)

Apêndice 2 – Planilha para identificação de aspectos ambientais

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) - Operação e manutenção							
Identificação de aspectos ambientais							
Sistema operacional		Subestação de transmissão de energia elétrica	Subsistemas:		138, 345 e 500 kV		
Item	Aspectos ambientais	Aspectos ambientais relacionados à operação e manutenção					
	Alterações ambientais consideradas/ equipamento	Tipos de disjuntores utilizados					
		Grande Volume de Óleo -GVO	FA2	FA2-40	PKD e PK6C	FA4-40	DLFV-PC6
1	Impacto em fontes						
2	Impacto direto sobre a natureza e a paisagem						
3	Poluição atmosférica						
4	Poluição do solo						
5	Qualidade das águas						
6	Emissão de ruídos (ruído de impacto/ruído contínuo)						
7	Radiação ou campos magnéticos						
8	Radiação ionizante						

Fonte: Autor (2010)

Apêndice 3 – Interpretação dos impactos

Principais aspectos ambientais	Principais impactos	Relevância da perda (P1)	Localização geográfica (Peso)	Abrangência (P2)	Magnitude (= P1 * P2)
Uso de óleo naftênico	Depleção em fontes	3	Regional	3	9
	Poluição do solo	1	Local	1	1
Uso de óleo hidráulico	Depleção em fontes	3	Regional	3	9
	Poluição do solo	1	Local	1	1
Uso de SF6 como dielétrico	Depleção em fontes	3	Regional	3	9
	Poluição da atmosfera	9	Global	9	27
Ocupação do solo	Perda de áreas florestadas e agriculturáveis	3	Local	1	3
Contaminação dos cursos d'água e lençol freático	Perda de recursos hídricos	1	Regional	3	3
	Prejuízo à vida aquática	1	Regional	3	3
Emissão de ruídos	Ruídos de impacto	1	Local	1	1
	Ruídos contínuos	3	Local	1	3
Emissão de campo magnético	Propagação de ondas eletromagnéticas	3	Local	1	3

Legenda:

Relevância da perda durante a operação:	Peso atribuído (P1)	Abrangência do impacto para o ambiente	Peso atribuído (P2)
Pequena	1	Local	1
Média	3	Regional	3
Grande	9	Global	9

Fonte: Autor (2010)

Apêndice 4- Questionário

FORNECEDOR:

PERÍODO:.....

Nº RELATÓRIO:..... (uso dos pesquisadores)

QUESTIONÁRIO PARA PRÉ-AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL (ADA)

1. INSTRUÇÕES

O preenchimento deste questionário deve ser feito com cuidado e exatidão, devendo refletir a situação atual do que existe na empresa.

As informações nele contidas são estritamente confidenciais.

2. DADOS DA EMPRESA

Razão Social:.....

CGC:

2.1. Endereço:

Bairro: Cidade:

UF: CEP:.....

2.2. Pessoa de contato:

Função: Setor:

Telefone: Fax:

Descrição da Unidade:

Responsável pela Empresa:

3. QUESTÕES DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Devido às questões ambientais de escassez de recursos e alterações climáticas, vivenciamos tempos de decisões empresariais importantes. Para atender a crescente Legislação Ambiental e fornecer suporte a estas decisões, faz-se necessário que as organizações busquem melhorar e documentar seu desempenho ambiental.

O presente questionário, baseia-se na metodologia introduzida pela norma ABNT NBR ISO 14.031 – Avaliação de desempenho Ambiental e tem como objetivo a coleta de dados para uma Dissertação de Mestrado pelo Programa de Engenharia Ambiental PEA da UFRJ. Os resultados obtidos serão meramente estatísticos, não identificarão as empresas entrevistadas e visam tão somente, identificar dificuldades e apontar novas possibilidades de melhorias de desempenho de Gestão Ambiental.

OBS. As indicações de quantitativos, em algumas questões a seguir, são meramente sugestivas e seriam interessantes para a pesquisa. Porém, caso a empresa não disponha destes dados, ou não deseje indicar, favor desconsiderar.

Questionário para Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA), fonte ABNT NBR ISO 14.031:

Indicadores de Desempenho Gerenciais (IDG):

1- Investimento na área ambiental, no último ano (2008) ou em (2009). Favor indicar o ano de referência:

A empresa investiu em projetos ambientais ? Não Sim

Indicar o % em relação ao seu faturamento.

Qual o valor ? R\$ _____ (%)

Não sabe / não respondeu

2- Previsão e investimentos para o próximo ano (2010):

A empresa pretende investir no próximo ano em projetos ambientais ? Não Sim

Indique o % em relação ao seu faturamento.

Qual o valor ? R\$ _____ (%)

Não sabe / não respondeu

(Tipos de ações: treinamentos, palestras de sensibilização e práticas de preservação ambiental)

Não Sim Qual o total de horas/empregados x ano ?

_____ horas/empregados x ano

Em caso positivo, quais os treinamentos ? Descrever os tipos de ações.

4 – A empresa identifica/ comunica os principais aspectos e impactos ambientais gerados pelas suas atividades aos seus empregados e para a comunidade local?

Não Sim Quais seus mais importantes aspectos e impactos ambientais ?

Descrever os principais de forma sucinta.

Qual o público informado ? Interno Externo Os dois

Indicadores de Desempenho Operacionais (IDO):

5 – Durante o seu processo de produção, em alguma etapa a empresa utiliza água ?

Não Sim Qual o volume médio mensal ? _____ m³

Em caso positivo, existe algum tipo de ação para redução do consumo ? Descrever de forma sucinta.

Existem metas de redução ? Quais seriam ?

_____ m³/ () mês ou () ano

6 – Em seu processo produtivo é gerado algum tipo de resíduo ?

Tipo de resíduo _____ Volume médio/ nível médio gerado

() Sólido _____ m³/mês

() Efluentes Líquidos _____ m³/ mês

() Ruídos e vibrações _____ dB

() Emissões atmosféricas _____ toneladas/mês

() Desconhece/ não soube responder

Ações para tratamento de resíduos gerados.

Resíduos sólidos Volume / nível gerado

- Coleta seletiva _____ m³-/mês
- Metas de reciclagem _____m³/ mês
- Metas de remanufatura /reutilização _____ m³/mês
- Processos para reduzir impacto ambiental _____m³/mês
- Não adota ações específicas

Efluentes Líquidos Volume / nível gerado

- Possui unidade de tratamento _____ m³/mês
- Monitoramento com indicadores _____m³/ mês
- Reuso _____ m³/mês
- Não adota ações específicas

Emissões atmosféricas Volume / nível gerado

- Monitoramento com indicadores _____ m³ /mês
- Processo para reduzir emissão _____m³/ mês
- Investimento em tecnologia para redução _____ m³/mês

Vibrações e ruídos Nível gerado

- Investimento em tecnologia para redução _____ dB
- Monitoramento com indicadores _____dB
- Processo para reduzir emissão na fonte _____dB
- Não adota ações específicas

7 – Ações desenvolvidas para redução do impacto em fontes:

Controle do consumo de água nos processos

Ocorrência Ação de controle utilizada

- Campanha de conscientização dos colaboradores
- Monitoramento com indicadores
- Meta de redução
- Reuso
- Empresa não desenvolve ações específicas

Utilização de Energia elétrica

Ocorrência Ação de controle utilizada

- Campanha de conscientização dos colaboradores
- Monitoramento com indicadores
- Meta de redução
- Empresa não desenvolve ações específicas

Utilização de combustíveis fósseis

Ocorrência Ação de controle utilizada

- Monitoramento com indicadores
- Meta de redução
- Outras ações
- Empresa não desenvolve ações específicas

Utilização de fontes de energia renováveis, a empresa implementa o uso, ou tem projetos de:

Ocorrência Tipo de fonte de energia renovável

- Biomassa
- Energia solar
- Energia hídrica
- Biocombustível

- () Energia eólica
 () Outras fontes
 () Não soube responder

8 – Na implantação da planta industrial, ou durante o processo de produção houve replantio de vegetação, ou criação de áreas de preservação ambiental ?

Não () Sim () Qual a área total replantada ou preservada ? _____ m²
 (replantado)

_____ m² (preservado)

Em caso positivo, existe algum outro processo de preservação ambiental ?

9 – A empresa utiliza no seu processo madeira, caso use esta madeira é de origem certificada ?

Não () Sim () Qual o volume total médio mensal ?

Qual o percentual mensal certificado ? _____ m³
 _____ m³

Indicadores de Condição Ambiental (ICA)

– Condições diretamente relacionadas à qualidade ambiental :

10 – Existe algum sistema de monitoramento da qualidade do ar, na fábrica ou no seu entorno ?

Não () Sim () Qual o último resultado médio mensal do poluente mais importante? Tipo de poluente _____

_____ ppm ou _____ mg/cm³

Em caso positivo, quais os principais poluentes monitorados ? Descrever de forma sucinta.

11 - Com relação aos gases do efeito estufa, a empresa identifica a liberação no seu processo de algum dos GEE (Gases de Efeito Estufa):

Ocorrência	GEE (Gases do Efeito Estufa)	Peso (Ton.)
------------	------------------------------	-------------

- | | | |
|-----|--|--|
| () | Dióxido de carbono (CO ₂) | |
| () | Metano (CH ₄) | |
| () | Óxido nitroso (N ₂ O) | |
| () | Hidrofluorcarbonos (HFC) | |
| () | Perfluorcarbonos (PFC) | |
| () | Hexafluoreto de enxofre (SF ₆) | |
| () | Desconhece/ não informou | |

12- Caso haja algum aspecto ambiental importante para o seu processo não abordado, na pesquisa, faça a indicação no espaço a seguir: (p.ex. a utilização de materiais perigosos).

A equipe de pesquisadores e professores do PEA (Programa de Engenharia Ambiental) da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), agradecem a sua participação na presente pesquisa e desejam sucesso na busca da melhoria contínua das suas ferramentas de Gestão Ambiental e no crescimento da sustentabilidade empresarial.

Término da pesquisa

FIM

Apêndice 5 – Entrevista estruturada

Entrevista estruturada

O roteiro de perguntas, a seguir, tem como objetivo padronizar as entrevistas realizadas com os especialistas da área de manutenção, operação e de inspeção da empresa que serviu de estudo de caso para a pesquisa.

As entrevistas tem como finalidade, orientar a elaboração do estudo, através da formulação do problema, com a formação de teorias, proposta da solução, através de conjecturas e deduções para o falseamento das hipóteses apresentadas no objetivo. Visa também obter referências para a corroboração das hipóteses apresentadas.

Roteiro de questões:

1)	O conceito de sustentabilidade está disseminado pela companhia ?
2)	O planejamento das ações de trabalho consideram os objetivos da Política Ambiental declarada ?
3)	Existem práticas sustentáveis aplicadas a implementação da atividade de manutenção/operação/inspeção de equipamentos ?
4)	As atividades de rotina prevêm práticas de proteção ambiental e ocupacional ?
5)	As práticas de descomissionamento de equipamentos adotam critérios de destinação adequada de resíduos e redução da utilização de recursos ?
6)	A operação e manutenção considera a possibilidade de remanufatura e reutilização nas suas ações ?
8)	A programação da manutenção considera os critérios de diferenciação de defeito e falha de equipamentos ?
9)	Não conformidades na inspeção de recebimento de equipamentos podem indicar futuros defeitos e falhas na operação ?
10)	O projeto de equipamentos pode ser modificado, visando facilitar a remanufatura e redução de impactos ambientais ?
	<u>FIM</u>

Apêndice 6 – Resultado da aplicação do questionário

Nº quest.	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa H	Empresa I
	Nº	1	2	3	4
1	Investimento na área ambiental	0,5%	SIM Confidencial	R\$ 50.000,00/ano	R\$ 100.000,00/ano
	Critério	Por empreendimento	Confidencial	Confidencial	0,2% do faturamento
2	Previsão de Investimentos 2010	0,5%	Confidencial	NR	0,30%
3	Ações desenvolvidas	Treinamentos novos funcionários Treinamentos em proc. Específicos Treinamentos para qualificação Orientações/prep. Para auditorias Palestras p/ visitantes/comunidade Palestras em escolas e assoc. moradores	Palestras e treinamentos em gestão de resíduos Identificação de aspectos e impactos Evento: *Semana do Sistema Integrado de Gestão com atividades e dinâmicas e exposições com temas ambientais	1-Dia do meio ambiente 2-treinamentos de integração do SGA 3-Coletiva seletiva 4-Uso racional de recurso	1-Sistema da Qualidade (ISO) 2-Processos 3-Auditores Internos
	Total de horas/empregados	20 horas/empregado/ano	NR	2,0 hora/empreg.xano	24 horas/empreg. ano
4	A empresa identifica/comunica os principais aspectos e impactos ambientais gerados por suas atividades aos seus empregados e para a comunidade local	1-Aspecto:Geração e descarte de efluente (água) contaminado/ Impacto: Contaminação da água	1-Aspecto: Utilização de óleo mineral isolante Impacto: poluição do solo e da água	1-Aspecto cloreto ferroso; Impacto: alteração da qualidade da água superficial e subterrânea.	1-Aspecto:Geração e descarte de efluente (água) contaminado/ Impacto: Contaminação da água
		1-Aspecto:Geração e descarte de efluente (água) contaminado/ Impacto: Contaminação da água	2-Aspecto: Utilização do gás SF ₆ Impacto: Poluição do ar		2-Aspecto:Geração de gases / Impacto: Contaminação contaminação do ar
		3-Aspecto: Geração e emissão de efluentes atmosféricos/Impacto:Contaminação do ar			3-Impacto:Geração de resíduos sólidos;Impacto: Contaminação do solo

Nº quest.	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa H	Empresa I
	Nº	1	2	3	4
	Ações empreendidas	1- Tratamento do efluente contaminado na ETE 2- Coleta seletiva e outras destinações ambientalmente corretas 3- Implantação de lavadores de gases e monitoramento periódico	NR	1- Metas de redução do consumo de água em até 15% até janeiro de 2011 2- Neutralização, floculação e decantação	1- Tratamento do efluente contaminado na ETE 2- Lavadores de gases hidroventuri para trat. Gases na decapagem
	Público Informado	Interno e externo	Interno e externo		Interno
5	Durante o processo de produção a empresa utiliza água ? Qual o volume médio/mês ?	3500 m3/mês	SIM (Não informou o volume)	30m3/mês	60 m3/mês
	Existe alguma de ação para redução do consumo ?	1- Campanhas de redução de consumo 2- Manutenção periódica da rede 3- Conscientização	NR NR NR	1- Reduzir o consumo em 15% até Jan de 2011	1- Metas - NÃO 3- Tratamento e retorno ao processo
	Existem metas de redução ?	1- Manter o consumo inferior a 3.000m3/mês	NR		NÃO
	Em seu processo produtivo é gerado algum tipo de resíduo/emissão ?	1- Sólido ~167.000Kg/mês 2- Efluentes líquidos ~3.500m3/mês 3- Ruídos/vibrações - sem estimativa 4- Emissões atmosféricas -s/ estimativa	1- Sólido ~9.100Kg/mês 2- Efluentes líquidos ~36,6m3/mês 3- Ruídos/vibrações - sem estimativa 4- Emissões atmosféricas -s/ estimativa	NR NR NR NR	1- Sólido 5m3/mês 2- Efluentes líquidos ~30,0m3/mês 3- Ruídos: 80 dB

Nº quest.	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa H	Empresa I
	Nº	1	2	3	4
6	Ações para tratamento de resíduos gerados	1-Coleta seletiva ~ 167.000Kg/mês 2-Metas de reciclagem - sem informações 3-Metas de remanufatura/reutilização - s/ informações 4-Processos p/ reduzir impacto amb. -sem informações	1-Coleta seletiva ~ 15.400 Kg/mês 2-Metas de reciclagem - sem informações 3-Metas de remanufatura/reutilização - s/ informações 4-Processos p/ reduzir impacto amb. -sem informações	NR NR NR NR	1-Coleta seletiva ~ 30m3/mês 2-Metas de reciclagem - sem informações 3-Remanufatura 5o Ton/mês (5% da produção mensal)
	Efluentes Líquidos	1-Possui unidade de tratamento-9m3/hora 2-Monitoramento com indicadores-s/informações 3-Reuso - aprox. 1.100 m3/mês 4-Sem ações específicas: N/A	1-Unidade de tratamento-sem informação 2-Monitoramento com indicadores-36,6 m3/mês 3-Reuso: NR 4-Sem ações específicas: N/A	1-NR 2-NR 3-Reuso 30m3/mês 4-Sem ações específicas: N/A	1-Possui unidade de tratamento-40,0m3/mês 2-Monitoramento com indicadores 20,0 m3/mês 3-Reuso 20m3/mês
	Emissões atmosféricas	1- Monitoramento com indicadores -s/inf. 2- Processo p/ reduzir emissão - s/inf. 3-Invest. em tecnologia-s/info. 4-Vibrações e ruídos-s/ info.	1- Monitoramento com indicadores - s/inf. 2- Processo p/ reduzir emissão - s/inf. 3-Invest. em tecnologia-s/info. 4-Vibrações e ruídos-s/ info.	NR NR NR NR	NR NR NR 4-Vibrações e ruídos-80dB - monitoramento com indicadores.
	Ações desenvolvidas p/redução do impactos em fontes	1-campanha de conscientização de colaboradores -SIM 2- Monitoramento com indicadores-SIM 3-Metas de redução-sim 4-Empresa não desenvolve ações-N/A	1-campanha de conscientização de colaboradores -N/A 2- Monitoramento com indicadores-sim 3-Metas de redução-sim 4-Empresa não desenvolve ações-N/A	1-campanha de conscientização de colaboradores -SIM NÃO NÃO NÃO	2- Monitoramento com indicadores SIM 3-Metas de redução-sim 4-Reúso
		1-campanha de conscientização de colaboradores -SIM	1-campanha de conscientização de colaboradores -NÃO	NÃO	1-campanha de conscientização de colaboradores -NÃO

Nº quest.	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa H	Empresa I
	Nº	1	2	3	4
7	Utilização de energia elétrica	2- Monitoramento com indicadores-SIM 3-Metas de redução-sim 4-Empresa não desenvolve ações-N/A	2- Monitoramento com indicadores-SIM 3-Metas de redução-SIM 4-Empresa não desenvolve ações-N/A	NÃO NÃO NÃO	2- Monitoramento com indicadores-SIM 3-Metas de redução-SIM 4-Empresa não desenvolve ações-N/A
	Utilização de combustíveis fósseis	1- Monitoramento com indicadores-SIM 2-Metas de redução-SIM 3-Empresa não desenvolve ações-N/A	1- Monitoramento com indicadores-SIM 2-Metas de redução-NÃO 3-Empresa não desenvolve ações-N/A	NÃO NÃO NÃO	3-Empresa não desenvolve ações-N/A
	Utilização de fontes de energia renováveis	1-Biomassa-N/A 2-Energia solar-N/A 3-Energia hídrica-N/A 4-Biocombustível-N/A 5-Energia eólica-N/A 6-Outras fontes-N/A 7-Não soube responder-N/A	1-Biomassa-N/A 2-Energia solar-SIM 3-Energia hídrica-N/A 4-Biocombustível-N/A 5-Energia eólica-N/A 6-Outras fontes-N/A 7-Não soube responder-N/A	1-Biomassa-N/A 2-Energia solar-N/A 3-Energia hídrica-N/A 4-Biocombustível- SIM 5-Energia eólica-N/A 6-Outras fontes-N/A 7-Não soube responder-N/A	1-Biomassa-N/A 2-Energia solar-N/A 3-Energia hídrica-N/A 4-Biocombustível-N/A 5-Energia eólica-N/A 6-Outras fontes-N/A 7-Não soube responder-N/A
8	Na implantação do empreendimento ou durante a produção houve replantio ou criação de área de preservação ?	1-Não (X) 2-Sim ()	1-Não () 2-Sim (X)	1-Não (X) 2-Sim ()	1-Não () 2-Sim (X) 1.500 m2 replantado
		1-Volume mensal - 101 m3 2- Volume certificado - 101 m3	NÃO	1-Volume mensal - 6 m3 2- Volume certificado - 6 m3	NÃO

Nº quest.	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa H	Empresa I
	Nº	1	2	3	4
9	A empresa utiliza em seu processo madeira, em caso positivo é de origem certificada ?	NÃO RESPONDEU	NÃO RESPONDEU	NÃO RESPONDEU	NÃO RESPONDEU
10	Existe sistema de monitoramento da qualidade do ar na fábrica ou no entorno?	1-Não () 2-Sim (X) 3-Qual poluente monitorado ? - N Periodicidade anual para segurança ocupacional	NÃO	1-Não () 2-Sim (X) 3-Monitorado: HCl-Fonte 2chaminés I=3,66mg/Nm ³ , II=3,27mg/Nm ³ ;III=3,87mg/Nm ³	NÃO
11	A empresa identifica a liberação no seu processo de algum dos GEE (gases do Efeito Estufa)?	Dióxido de carbono CO ₂ () Metano CH ₄ () Óxido nitroso N ₂ O () Hidrofluorcarbonos HFC () perfluorcarbono PFC () Hexafluoreto de enxofre SF ₆ () Desconhece/ não informou (x)	Dióxido de carbono CO ₂ () Metano CH ₄ () Óxido nitroso N ₂ O () Hidrofluorcarbonos HFC () perfluorcarbono PFC () Hexafluoreto de enxofre SF ₆ SIM Desconhece/ não informou	Ainda está criando inventário de GEE	Dióxido de carbono CO ₂ () Metano CH ₄ () Óxido nitroso N ₂ O () Hidrofluorcarbonos HFC () perfluorcarbono PFC () Hexafluoreto de enxofre SF ₆ () Desconhece/ não informou (x)
12	Observações:		O entrevistado informou que qa uantidade de SF6 liberada é desprezível		A empresa utiliza decapagem química com ácido clorídrico processo de galvanização. Os resíduos são depositados em aterro controlado p/ CETESB

Apêndice 7 – Resultado da Pesquisa de Desempenho Ambiental

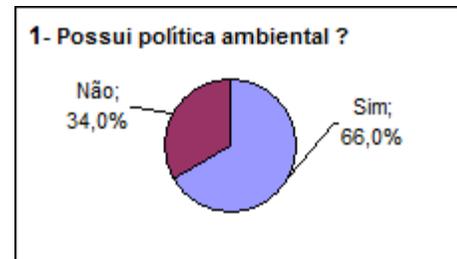
I - Indicador de Desempenho Ambiental (IDA)

Indicador de Desempenho Ambiental (IDA)

I- Indicadores de Desempenho de Gestão (IDG)

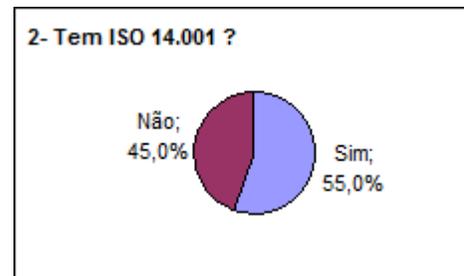
1- Possui política ambiental ?

Sim	Não
66,0%	34,0%



2- Possui certificação na ISO 14.001 ?

Sim	Não
55,0%	45,0%



3- A responsabilidade ambiental está definida ?

Declarada em organograma	Não está definida
78,0%	22,0%

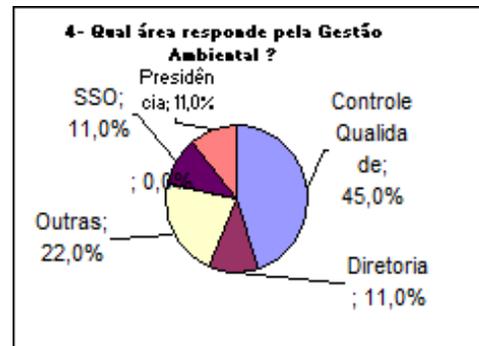


4- Qual área responde pela G.A ?

CQ	Diretoria
45,0%	11,0%

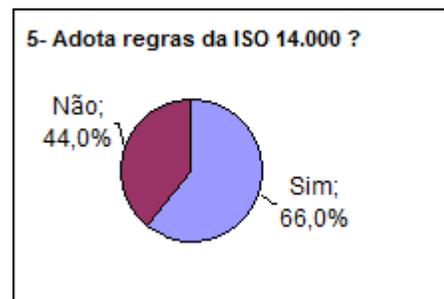
Presidência	SSO
11,0%	11,0%

Outras
22,0%



5- Adota regras da ISO 14.000 ?

Sim	Não
66,0%	44,0%



6- Existe (%) definida para investimentos na área ambiental ?

Sim	Não
55,0%	45,0%



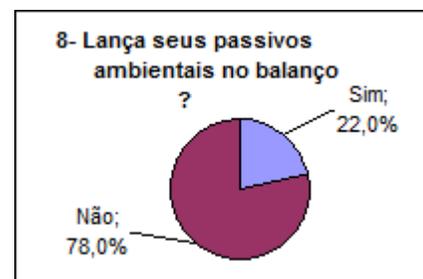
7- Publica suas ações sobre gestão ambiental ?

Sim	Não
45,0%	55,0%



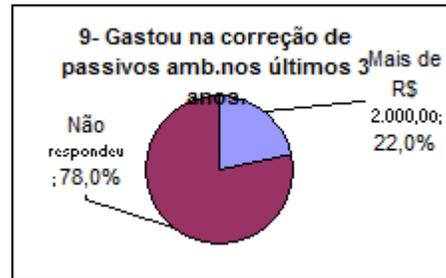
8- Lança seus passivos no balanço publicado ?

Sim	Não
22,0%	78,0%



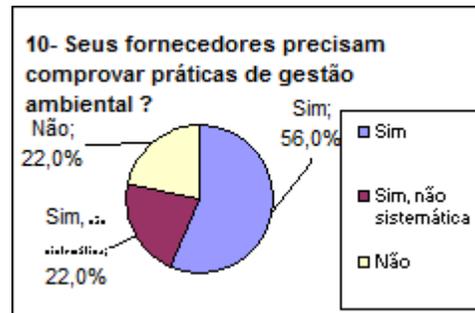
9- Gastou na correção de passivos amb. nos últimos 3 anos.

Mais de R\$ 2.000,00	Não respondeu
22,0%	78,0%



10- Seus fornecedores precisam comprovar práticas de gestão ambiental ?

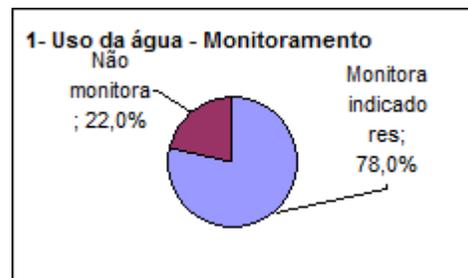
Sim	Sim, não sistemática	Não
56,0%	22,0%	22,0%



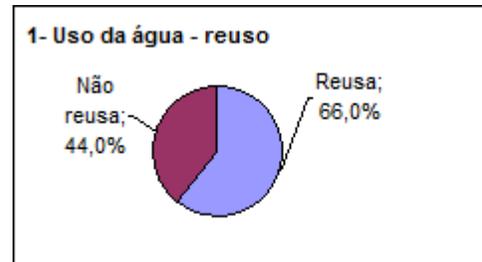
II- **Indicadores de Desempenho Operacional (IDO)**

11- Como usa a água ?

Monitora com indicadores	Não monitora
78,0%	22,0%

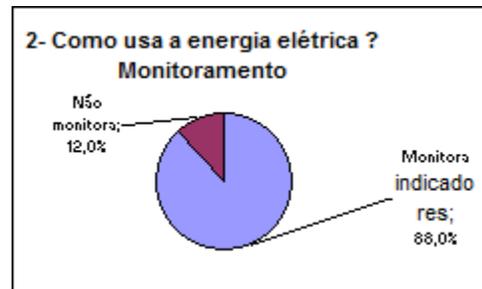


Reusa	Não reusa
66,0%	44,0%

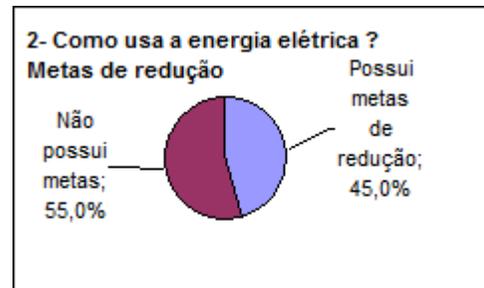


12- Como usa a energia elétrica ?

Monitora com indicadores	Não monitora
88,0%	12,0%

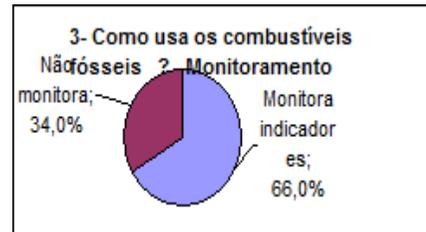


Possui metas de redução	Não possui metas
45,0%	55,0%



13- Como utiliza os combustíveis fósseis ?

Monitora com indicadores	Não monitora
66,0%	34,0%

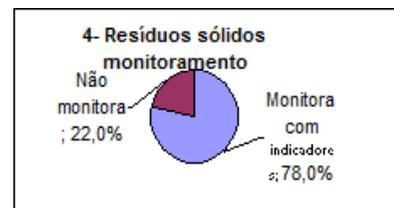


Possui metas de redução	Não possui metas
22,0%	78,0%



14- Resíduos sólidos

Monitora com indicadores	Não monitora
78,0%	22,0%

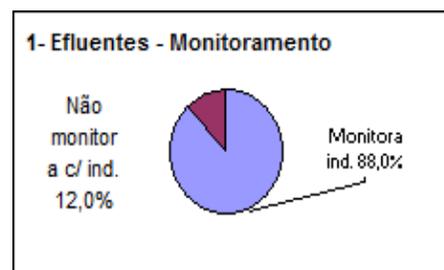


Possui metas de redução	Não possui metas
88,0%	12,0%



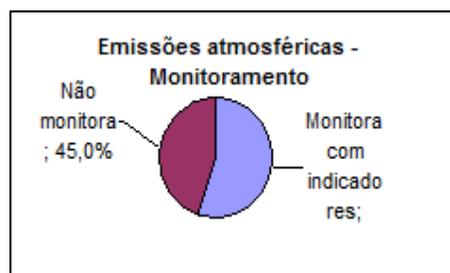
15- Efluentes

Monitora com indicadores	Não monitora
88,0%	12,0%



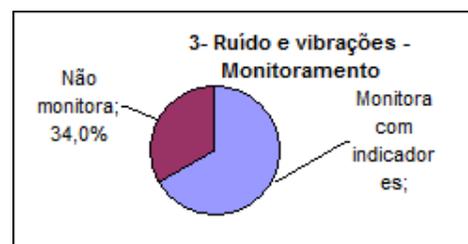
16- Emissões atmosféricas

Monitora com indicadores	Não monitora
55,0%	45,0%



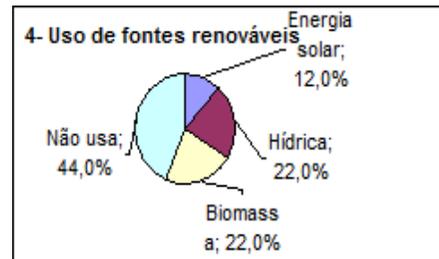
17- Ruídos e vibrações

Monitora com indicadores	Não monitora
66,0%	34,0%



18- Uso de fontes renováveis

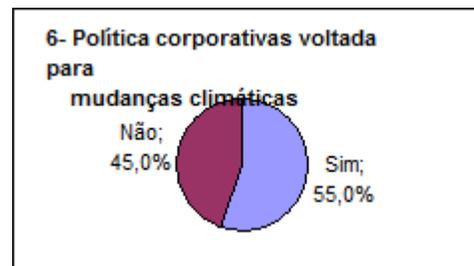
Energia solar	Hídrica	Biomassa	Não usa
12,0%	22,0%	22,0%	44,0%

19- Estratégias de redução de emissão de CO2
(Créditos de carbono)

Nenhuma empresa possui projeto nessa área.

20- Política corporativa voltada para mudanças climáticas.

Sim	Não
55,0%	45,0%



10. ANEXOS

Anexo 1- Resultado da pesquisa exploratória de indicadores ambientais

Requisitos ISO 14.001	NOME DOS INDICADORES DE DESEMPENHO GERENCIAL	FONTE
4.2 Política ambiental	Nº de objetivos e metas atingidos	NBR ISO 14031 (2004) Política e programas
	Nº de iniciativas implantadas para prevenção da poluição	
	Nº de fornecedores certificados com a norma ambiental	FEEM e MATTEI (1998)
4.3.1 Aspectos Ambientais	Quantidade de materiais usados por unidade de produto	NBR ISO 14031 (2004) Materiais
	Quantidade de materiais processados, reciclados ou reutilizados	
	Quantidade de matéria-prima reutilizada no processo de produção	
	Quantidade de água por unidade de produto	
	Quantidade de água reutilizada	
	Quantidade de materiais perigosos usados no processo de produção	
	Quantidade de energia usada por ano ou por unidade do produto	NBR ISO 14031 (2004) Energia
	Quantidade de cada tipo de energia usada	
	Quantidade de energia gerada com subprodutos ou correntes de processo	
	Quantidade de unidades de energia economizadas devido a programas de conservação de energia	NBR ISO 14031 (2004) Resíduos
	Quantidade de resíduos por ano ou por unidade de produto	
	Quantidade de resíduos perigosos, recicláveis ou reutilizáveis produzidos por ano	NBR ISO 14031 (2004) Emissões
	Quantidade de emissões específicas por ano	
	Quantidade de emissões específicas por unidade de produto	
	Quantidade de emissões atmosféricas com potencial depleção da camada ozônio	
	Quantidade de emissões atmosféricas com potencial de mudança climática global	
	Quantidade de material específico descarregado na água por unidade de produto	
	Quantidade de material específico descarregado por ano	

	Ruído medido em determinado local	
	Quantidade de radiação liberada	
	Quantidade de calor, vibração ou luz emitida	
4.3.1 Aspectos Ambientais	Quantidade de materiais perigosos usados por prestadores de serviços contratados	NBR ISO 14031(2004)Serviço de apoio às operações da organização
	Quantidade de produtos de limpeza usados por prestadores de serviços contratados	
	Quantidade de materiais recicláveis e reutilizáveis usados pelos prestadores de serviços contratados	
	Quantidade ou tipo de resíduos gerados pelos prestadores de serviços contratados	
	Massa mensal de resíduos classe I, II e III gerados	CUNHA (2001)
	Reciclagem de resíduos	TOCCHETTO (2004)
	Consumo de matérias-primas	
	Geração de gases	
	Consumo de materiais de embalagens	
	Geração de resíduos sólidos	
	Padrões físico-químicos dos efluentes	
	Consumo de recursos não-renováveis	
	Volume total de efluentes líquidos	NATURA apud Cartilha FIESP (2003)
	Volume total de efluentes líquidos industriais	
	Volume total de efluentes líquidos orgânicos	
	Volume de água reutilizado	
	Volume de eletricidade autogerada	NATURA/GRI apud Cartilha FIESP (2003)
	Volume de eletricidade adquirida	
	Volume dos resíduos retornados para o processamento ou comercialização	
	Volume total de resíduos por tipo de material e destino	
Quantidade de CO2 equivalentes	NATURA/GRI/ MEPI apud Cartilha FIESP (2003)	
Consumo total de água		
Volume total de resíduos		
Consumo total de combustíveis		
Consumo de materiais reciclados (pré e pós-consumo)		

	Consumo de materiais para embalagens	
	Consumo específico de energia	
	Sólidos em suspensão na atmosfera	BOOG e BIZZO (2003)
	No de emissões atmosféricas	
	Nº de emissão de poluentes	
	Percentual de toxicidade das matérias-primas	DEMAJOROVIC e SANCHES (1999)
	No de vazamentos de óleo nos efluentes	
	Percentual de consumo de óleo combustível, hidrogênio e gás natural	
	Índice de resíduos gerados por unidade produzida	PACHECO (2001)
	Índice percentual de resíduos reciclados	
	Efluente líquido contaminado por óleo sujo	
	Consumo de água industrial	MAHLE apud Cartilha FIESP (2003)
	Lâmpadas com metal pesado / área de construção	
	Consumo total de energia	MEPI apud Cartilha FIESP (2003)
4.3.2 Requisitos legais e outros	Nº de multas e penalidades ou os custos a elas atribuídos	NBR ISO 14031 (2004)
	Cumprimento da legislação	TOCCHETTO (2004)
	Nº de não conformidades legais registradas	
	Parâmetros legais de descarte de efluentes exigidos pela legislação	CAMPOS (2001)
	Extensão de áreas protegidas ou restauradas Licenças ambientais obtidas Certificações ambientais obtidas	NATURA apud Cartilha FIESP (2003)
4.3.3 Objetivos, metas e programas	Nº de empregados que participam em programas ambientais	
	Nº de empregados treinados x número que necessita treinamento	NBR ISO 14031 (2004)
	Nº de produtos com plano explícito de “gestão de produtos”	Implantação da Política e programas
	No de produtos projetados para desmontagem, reciclagem ou reutilização	

	Nº de produtos com instrução relativa ao uso e disposição final ambientalmente segura	
	Consumo de energia por empregado ou por valor adicionado Emissão de CO 2 por tonelada produzida Total de resíduos por tonelada produzida	BERGAMINI (1999)
4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades, autoridades	Investimentos em equipamentos de controle ambiental	BOOG e BIZZO (2003)
	Investimentos relacionados ao meio ambiente	FEEM e MATTEI, (1998)
	Percentual do investimento relacionado ao meio ambiente	
	Gerentes com responsabilidade ambiental	
	Custos (operacional e de capital) que são associados com os aspectos ambientais de um produto ou processo	NBR ISO 14031 (2004) Desempenho financeiro
	Economia obtida através da redução do uso dos recursos, da prevenção de poluição ou da reciclagem de resíduos.	
	Responsabilidade legal ambiental que pode ter um impacto material na situação financeira da organização	
	Investimento em educação e treinamento ambiental	GASPARINI (2003)
	Investimento em atualização tecnológica	
	Desempenho ambiental da cadeia produtiva	
	Investimento em reciclagem e reutilização	
Investimento em eliminação		
4.4.2 Competência, treinamento e conscientização	Progresso nas atividades de remediação local	NBR ISO 14031 (2004) Relações com a comunidade
	Relações com a comunidade	
	Índices de aprovação em pesquisas na comunidade	
	Treinamento ambiental	TOCCHETTO (2004)
	Investimento em atividades para conscientização ambiental	DEMAJOROVIC e SANCHES (1999)
4.4.3 Comunicação	Nº de consultas ou comentários sobre questões relacionadas ao meio ambiente	NBR ISO 14031 (2004) Relações com a comunidade
	Nº de reportagens da imprensa sobre o desempenho ambiental da organização	
	Nº de locais com relatórios ambientais	
	Nº de reclamações da comunidade	TOCCHETTO (2004)

4.4.6 Controle operacional	Nº de partes de equipamentos com peças projetadas para fácil desmontagem, reciclagem e reutilização	NBR ISO 14031(2004)Instalações físicas e equipamentos
	No de situações de emergência (por exemplo: explosões) ou operações não rotineiras (por exemplo: paradas operacionais) por ano	
	Área total de solo usada para fins de produção Área de solo usada para produzir uma unidade de energia	
	Consumo médio de combustível da frota de veículos No de veículos da frota com tecnologia para redução da poluição No de horas de manutenção preventiva dos equipamentos/ano	
	Consumo médio de combustível da frota de veículos	NBR ISO 14031 (2004) Fornecimento e distribuição
	No de carregamentos expedidos por meio de transporte por dia	
	No de veículos da frota com tecnologia para redução da poluição	
	Nº. de viagens a negócios por modo de transporte	
	Nº. de viagens de negócios economizadas em decorrência de outros meios de comunicação	
	Consumo de água mensal por pessoa	CAMPOS (2001)
	Consumo de energia elétrica por pessoa	
	Percentual de resíduos gerados	
	Percentual de emissão de CO2 por unidade de produto produzido	BERGAMINI (1999)

	Percentual de resíduos produzidos por recurso utilizado	
	Consumo específico de água e Recirculação de água	BOOG e BIZZO (2003)
	Riscos associados ao processos produtivos e de consumo	DEMAJOROVIC e SANCHES (1999)
	Produtos finais gerados na empresa que apresentam algum grau de toxicidade e risco	
	Produtos de maior risco	
4.5.1 Monitoramento e Medição	Nº de produtos introduzidos no mercado com propriedades perigosas reduzidas	NBR ISO 14031(2004)Produtos
	No de produtos que podem ser reutilizados ou reciclados	
	Percentagem do conteúdo de um produto que pode ser reutilizado ou reciclado	
	Índice de produtos defeituosos	
	Duração do uso do produto	
	No de produtos com instrução referente ao uso e à disposição ambientalmente seguros	NBR ISO 14031 (2004)
	Quantidade de agentes de limpeza usados por metro quadrado	
	Serviços fornecidos pela organização	
	Quantidade de combustível consumido	
	Quantidade de licenças vendidas de processos melhorados	
	No de casos de incidentes de riscos de crédito ou insolvências relacionados a questões ambientais (organizações financeiras)	CUNHA (2001)
	Quantidade de materiais usados durante os serviços de pós-venda dos produtos	
	Total de energia elétrica	
	Volume de água consumido	DEMAJOROVIC e SANCHES (1999)
	Investimento em gás natural	
	Geração de energia elétrica na própria organização	
	Co-geração de vapor e energia elétrica por meio de combustão de gás natural	

	Investimentos em fontes de energia mais eficientes	
	Redução de emissão de poluentes gasosos e líquidos	
4.4.7 Preparação e resposta a emergências	Nº de simulados de emergência realizados	NBR ISO 14031, (2004) Conformidade
	Percentagem de simulados de preparação e respostas a emergências que demonstraram a prontidão planejada	
	Planos de ação de emergências	CUNHA e JUNQUEIRA (2004)
	Resposta a emergências	
	Plano de gerenciamento de riscos	
	Comunicação de riscos	
4.5.2 Avaliação dos Requisitos Legais e Outros	Tempo para responder ou corrigir os incidentes ambientais	NBR ISO 14031 (2004) Conformidade
	Nº de relatórios de impressos positivos e negativos das atividades da companhia	FEEM e MATTEI (1998)
4.5.3 Não Conformidade, Ação Corretiva e Ação Preventiva	Nº de ações corretivas que foram identificadas encerradas ou não	NBR ISO 14031 (2004) Conformidade
	Nº de penalidades em caso de não conformidades com questões ambientais	NATURA/GRI Cartilha FIESP (2003)

Anexo 2 – Resultado da pesquisa de desempenho no anuário ambiental de 2009

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DAS EMPRESAS FORNECEDORAS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

ITEM	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	SOMA	MÉDIA
	Responsável	xxx	xxx	NR	NR	NR	NR	NR		
1	Nº de funcionários	1014	9030	1500	4100	22000	408	450	38502	9626
2	Ramo de atividade	Transformadores	Eletrônica	Energia elétrica	Eletrônica	Mecânica	Metalurgia e Siderurgia	Eletrônica		
3	Possui política ambiental ?	Sim (integrada)	Sim (integrada)	Não(adota práticas sistematizadas)	SIM(específica para o meio amb.)	SIM(específica para o meio amb.)	SIM(específica para o meio amb.)	Sim (integrada)		
4	Tem ISO 14.001 ?	Sim (+10anos)		Não julga necessário no momento	Sim (+10anos)	Sim (de 5 a 10anos)	NÃO.(Planeja implementar)	SIM.(De 2 a 5anos)		
5	Responsabilidade pela gestão ambiental está definida ?	Sim. Declarada organograma	Sim (de 5 a 10anos)	Sim. Declarada organograma	Sim. Declarada organograma	Sim. Declarada organograma	Sim. Declarada organograma	Sim. Declarada organograma		
6	Qual área responde pela gestão ambiental ?	CQ	Sim. Declarada organograma	Diretoria	Comunicação	Florestal	Segurança e Saúde	Presidência		
7	A que nível a área se reporta ?	Presidência	GOA	Diretoria	Diretoria	Diretoria	Presidência	Presidência		
8	Quais regras da série ISO 14000 adota ?	auditorias ambientais/avaliação da performance ambiental/comunicação ambiental	Presidência	Avaliação de performance amb./comunicação amb.	Aud.amb./ACV do produto e serviço/ACV do processo/comunicação amb.	Não adota	Não adota	Auditorias ambientais/avaliação da performance ambiental/ACV produtos e serviços		
9	A administração reconhece os impactos decorrentes da operação ?	SIM, de maneira documentada	aud.amb./aval.performance amb./ACV proc.serv./comunicação amb.	SIM. De maneira informal	SIM, de maneira documentada	SIM, de maneira documentada	SIM. De maneira informal	SIM, de maneira documentada		
10	Tais impactos referem-se a ?	Todos proc/terc/forc.	SIM, de maneira documentada	Proc.produtivos e adm.	Todos proc.atividades/tercerizados	Todos proc.atividades/tercerizados	Todos proc.atividades/tercerizados	Todos proc.atividades/tercerizados/fornecedores		

ITEM	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	SOMA	MÉDIA
11	O treinamento relativo a gestão ambiental. Inclui ?	Funcionários/terceiros/fornecedores/comunidade	Todos proc/terc/forc.	Funcionários	Funcionários e terceiros	Funcionários e terceiros	A empresa não fez esse treinamento	Funcionários e terceiros		
12	Fornecedores precisam comprovar prática de gestão ambiental ?	SIM	Funcionários/terceiros/fornecedores/comunidade	SIM. Mais não sistemático	SIM	SIM	SIM. Mais não sistemático	SIM		
13	De que forma se dá essa comprovação ?	Com atendimento à legislação/certificações	SIM	Atendimento à legislação/certificações e exigências formais	Com atendimento à legislação/certificações/exig. formais	Com atendimento à Legislação	Com verificações sistemáticas	Com atendimento à legislação/certificações/ver.sistemáticas		
14	Tem programa de gestão para melhorar metas ambientais ?	SIM. De maneira documentada.	Com atendimento à legislação/certificações/ver.sistem.	SIM. De maneira documentada.	SIM. De maneira documentada.	SIM. De maneira documentada.	SIM. De maneira informal	SIM. De maneira documentada.		
15	A comunicação das ações ambientais é voltada para ?	Escola/vizinhaça/público geral	SIM. De maneira documentada.	Escolas/vizinhanças/autoridades/ONG's/público geral	Escola/vizinhaça/público geral	Público em Geral	Não há programa específico	Escolas e autoridades		
16	Publica informações sobre sua gestão ambiental ?	NÃO	Escolas/autoridades/ONG's/público geral	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM		
17	Onde as informações são publicadas ?	N/A	SIM	Rel.anual/site empresa/B.Social/Mod. GRI/BS.Mod.IBASE/BS./Mod Ethos	Relatório anual/B.Social amb./site empresa/B.S/B.S/mod. GRI/BS mod. Ethos	Relatório anual/site empresa/Balanço socioambiental/Balanço social	NÃO	Balanço/Social ambiental/site da empresa		
18	Lança passivos ambientais no balanço publicado ?	NÃO	Relatório anual/B.Social/modelo GRI	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM		
19	Quanto gastou na correção de passivo ambiental nos último 3 anos ?	NR	NÃO	NR	NR	NR	NR	R\$ 2.000,00		
20	Que projetos de meio ambiente promove para o público externo ?	Educacional/educacional professores/alunos/comunidade	NR	Educacional/educacional professores/alunos/práticas sust.com./pres.fauna e flora/pesquisa	Educacional	Não promove	Educacional			
21	Quanto investe em meio ambiente em um novo empreendimento (%) ?	até 5%	Educacional/comunidade/preserv.fauna e flora	NR	NR	de 5 a 10%	de 5 a 10%	10 a 15%		

ITEM	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	SOMA	MÉDIA
22	Como usa a água ?	Monitora com indicadores/reusa/meta redução/prog.estrut/consc.func	NR	Monitora com ind./reusa	Monitora indicadores/ações de conscient. Func.	Monitora com indicad. e reusa e ações de conscient. de funcionários	Ações de conscientização de funcionários	Mon.indic./reusa/met as red./prog.estrut./consc.func.		
23	Como usa a energia elétrica ?	Monitora com indicadores/reusa/meta redução/prog.estrut/consc.func	Mon.indic./reusa/met as red./prog.estrut./consc.func.	Monitora com indicadores	Monitora indicadores/ações de conscient. Func.	Monitora com indicad./ações conscientização funcionários	Ações de conscientização de funcionários	Mon.indic./metas red./prog.estrut./consc.func.		
24	Como usa os combustíveis ?	Monitora com indc./meta redução	Mon.indic./metas red./prog.estrut./consc.func.	Monitora com indicadores	Monitora com indicadores	Monitora com indicadores	Não tem ações específicas	Monitora com indicadores/metas redução/prog.estruturado		
25	Como usa a lenha e o carvão ?	N/A	Monitora com indicadores	Monitora com indicadores	N/A	N/A	N/A	N/A		
26	Como usa os recursos minerais ?	N/A	N/A	N/A	N/A	Monitora com indicad./metas red./prog.estrut.	N/A	N/A		
27	Como trata os resíduos sólidos ?	Monitora com indic./reusa/met as red./metas recicl./proc.red.ger.col.sel/tec.red.ger/proc.red.impacto amb./gar.conf.legal man.,transp.,trat. E dest.	N/A	Reuso/proc.red.ger./col.sel.lixo/inv.tec.red.ger/proc.red.impacto amb./gar.conf.manuseio trnp.trat.e destinação	Monitora com ind./metas recicl./proc.Red.ger./col.sel.lixo/proc.red.impacto amb./gar.conf.legal manuseio trnp.trat e destinação	Monitora ind./reuso/met as recicl./proc.red.ger.col.sel.lixo/investe tec.red.ger./gar.conf.legal man.trnp.trat./destinação	Monitora com indicadores/proc.red.ger./col.sel.lixo/pçroc.red.impacto amb./gar.conf.legal man.trnp.trat.dest.	Monitora com indicadores/met as redução/met as reciclag./proc.red.ger./col.sel.lixo/investe tecnologia red.geração/proc.red.impacto amb./gar.conf.legal manuseio e destinação		
28	Como trata os efluentes ?	Monitora ind./metas reuso/met as recicl./proc.red.ger./invest.tec.red.ger./possui unid.trat./gar.conf.legal man.transp.trat.dest.	Mon.ind./reusa/met as red./proc.red.ger./col eta sel./investe tec.red.ger./proc.red. impacto amb./gar.conf.legal man.trnp.trat edest	Metas reuso/proc.red.ger./unid.trat./gar.conf.legal manuseio trnp.trat. e destinação	Monitora com ind./possui unid.trat./gar.conf.legal man.trnp.trat./destinação	Monitora ind./proc.red.ger./investe tec.red.ger./possui unid.trat./gar.conf.legal man.trnp.trat.e destinação	Monitora com indicadores/proc.red.ger./unid.trat./Gar.conf.legal man.trnp.trat.dest. Final	Monitora com ind./investe tecnologia red.ger./unid.trat./gar.conf.legal manuseio trnp.trat e destinação		

ITEM	Empresa	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	SOMA	MÉDIA
29	Como trata as emissões atmosféricas ?	Monitora ind./proc.red.ger./investe tec.red.ger./proc.red.impacto amb.	Monitora ind./metas red./proc.red.ger./investe tec.red.ger./unid.trat./gar.conf.legal man.trmp.trat.dest.	Monitora com indicadores e investe tecnologia para reduzir geração	Monitora com indicadores/proc. para reduzir impacto ambiental	Monitora com ind./proc.red.ger./investe tec.red.ger./proc.red. Impacto amb.	Processo para reduzir impacto ambiental	Monitora com indicadores/investe tecnologia red.ger./proc.reduzir impacto ambiental		
30	Como trata os ruídos e as vibrações ?	Monitora com ind./proc.red.ger./proc.red.impact.amb.	N/A	Monitora com indicadores/processo para reduzir geração	Monitora com ind./proc.red.geração/proc.red.impacto amb.	Monitora com indicadores/proc.rd.ger.investe tec.red.ger./proc.red. Impacto amb.	Processo para reduzir geração	monitora com indicadores/proc.red.geração/investe tec.red.geração/proc.c.red.impacto ambiental		
31	Caso utilize fontes renováveis de energia, informe quais.	Não utiliza	Mon.ind./proc.red.ger.investe tec.red.ger./proc.red.impacto amb.	Energia hídrica e de biocombustível	Não utiliza	Biomassa	Não utiliza	Não utiliza		
32	Caso busque reduzir emissão de CO ₂ crédito de carbono, informe estágio do projeto.	Não tem projeto	Energia solar/hídrica	Não tem projeto	Não tem projeto	Não tem projeto	Não tem projeto	Não tem projeto		
33	Caso possua programa de plantio de árvores, informe a finalidade.	Não possui	Não tem projeto	Contribuição espontânea	Não possui	Contribuição espontânea	Contribuição espontânea	Não possui		
34	Possui selo verde para neutralização do carbono ?	NÃO	Compensação de impactos ambientais	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO		
35	Quanto de área verde nativa mantém sobre seu domínio em (ha).	NR	NÃO	72840	NR	2180	NR	1,0		
36	Usa papel reciclado ?	Uso preferencial	6,8	Uso preferencial	Pouco	Muito	Pouco	Uso preferencial		
37	A empresa tem uma política corporativa voltada a mudança climática ?	SIM	Pouco	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM		

Legenda:

NR – Não respondeu

N/A – Não aplicável