



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Geociências

Área de Administração e Política de Recursos Minerais

MARCELÍ DE MENEZES COIMBRA

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)  
PARA AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS  
AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CERÂMICA

200326178

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Geociências, Área de Administração e  
Política de Recursos Minerais.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel Negrão Cavalcanti

Este exemplar corresponde à  
redação final da tese defendida  
por Marceli de Menezes Coimbra  
e aprovada pela Comissão Julgadora  
em 27/02/2003

Rachel Negrão Cavalcanti  
ORIENTADOR

CAMPINAS - SÃO PAULO

Fevereiro – 2003

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| UNIDADE    | 80                                  |
| Nº CHAMADA | TUNICAMP<br>C665a                   |
| V          | EX                                  |
| TOMADA     | 50/54922                            |
| PROC.      | 16.124/03                           |
| C          | <input type="checkbox"/>            |
| D          | <input checked="" type="checkbox"/> |
| PREÇO      | R\$ 11,00                           |
| DATA       | 02/08/03                            |
| Nº CPD     |                                     |

CM00187005-B

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO IG - UNICAMP

BIB ID 295537

Coimbra, Marcellí de Menezes  
C665a      Aplicação da análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA)  
para avaliação de significância de aspectos e impactos ambientais da  
indústria cerâmica / Marcellí de Menezes Coimbra.- Campinas,SP.:  
[s.n.], 2003.

Orientadora: Rachel Negrão Cavalcanti  
Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto  
de Geociências.

1. Impacto ambiental - avaliação. 2. Cerâmica – Indústria – Brasil.  
I. Cavalcanti, Rachel Negrão. II. Universidade Estadual de Campinas,  
Instituto de Geociências. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Pós-Graduação em Geociências

Área de Administração e Política de Recursos Minerais

MARCELÍ DE MENEZES COIMBRA

---

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)  
PARA AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS  
AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CERÂMICA

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel Negrão Cavalcanti

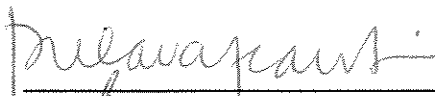
Aprovada em: 27/02/2003

EXAMINADORES:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel Negrão Cavalcanti

Prof. Dr. Luiz Augusto Milani Martins

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kátia Regina Ferrari

 - Presidente  
  


Campinas, 27 de fevereiro de 2003.

.....

---

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Marlice e Célio,  
meus grandes exemplos de  
dedicação e perseverança.

.....

36

## AGRADECIMENTOS

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rachel, pela dedicação, oportunidade e confiança em mim depositada, e por ter direcionado minha carreira profissional.

Ao Prof. Dr. Milani, pelas sugestões, apoio e solidariedade.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kátia pelas valiosas sugestões que enriqueceram o trabalho.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Gabriela pelas sugestões e correções na qualificação.

Ao Eng. Químico Max Araújo por ter “apresentado” o FMEA e pela oportunidade de acompanhá-lo na implantação do método adaptado na empresa em que trabalhávamos, além de todo apoio, solidariedade e esclarecimentos.

Ao Ministério Público, especialmente ao Dr. Roberto Carramenha e Dr.<sup>a</sup> Elaine Taborda de Ávila, pela compreensão e paciência.

À Valdirene, Ednalva e Helena, pela solidariedade, paciência e apoio.

À Laura e Lúcia, pela hospitalidade mineira e saudosas prosas esalianas.

Aos meus primos, Renato, Larissa, Lizandra, Juliano, Ricardo, Vera e Sérgio, por terem me acolhido sempre de braços abertos e me proporcionado valiosos momentos de descontração.

À Alice, que provou que longe é um lugar que não existe.

À todas empresas estudadas, que tiveram participação imprescindível nesta pesquisa.

Aos colegas e amigos, pelo apoio, convívio e intercâmbio cultural.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, participaram deste trabalho, enriquecendo minha formação profissional e pessoal.



## SUMÁRIO

|                                                                                                                                |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATÓRIA                                                                                                                    | v    |
| AGRADECIMENTOS                                                                                                                 | vii  |
| SUMÁRIO                                                                                                                        | ix   |
| LISTA DE FIGURAS                                                                                                               | xi   |
| LISTA DE QUADROS                                                                                                               | xi   |
| LISTA DE SIGLAS                                                                                                                | xiii |
| RESUMO                                                                                                                         | xv   |
| ABSTRACT                                                                                                                       | xvii |
| INTRODUÇÃO                                                                                                                     | 1    |
| <b>CAPÍTULO I - ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL</b><br><b>( <i>FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS</i> – FMEA )</b> |      |
| I.1 HISTÓRICO E ESTRUTURA                                                                                                      | 4    |
| I.2 FMEA E O MEIO-AMBIENTE                                                                                                     | 17   |
| I.2.1 A Importância da Avaliação de Significância no Sistema de Gestão Ambiental<br>Conforme a Norma ABNT/ ISO 14001           | 21   |
| <b>CAPÍTULO II – O FMEA ADAPTADO: 5 CASOS EM DIFERENTES<br/>SEGMENTOS</b>                                                      |      |
| II.1 CASO DA AFL DO BRASIL                                                                                                     | 27   |
| II.2 CASO DA ODEBRECHT                                                                                                         | 33   |
| II.3 CASO DA ETA DE JAGUARIÚNA                                                                                                 | 37   |
| II.4 CASO DA ULTRAFÉRTIL                                                                                                       | 41   |
| II.5 CASO DA ALCOA                                                                                                             | 47   |
| II.6 AVALIAÇÃO DOS CASOS ADAPTADOS                                                                                             | 50   |
| <b>CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA CERÂMICA DE<br/>REVESTIMENTO E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS</b>                      |      |
| III.1 BREVE HISTÓRICO DA ARGILA E DA CERÂMICA                                                                                  | 52   |
| III.2 PANORAMA ECONÔMICO DA INDÚSTRIA CERÂMICA                                                                                 | 54   |
| III.3 GEOLOGIA E MINERALOGIA DA ARGILA                                                                                         | 56   |
| III.4 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DA EXTRAÇÃO DE ARGILA                                                                     | 57   |

|                                                                                    |        |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| III.5 CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO E PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS | 61     |
| III.5.1 Produto                                                                    | 61     |
| III.5.2 Processo                                                                   | 63     |
| III.6 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CERÂMICA                         | 67     |
| <b>CAPÍTULO IV – APLICAÇÃO DO FMEA NA INDÚSTRIA CERÂMICA</b>                       |        |
| IV.1 ABORDAGENS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS                                      | 72     |
| IV.2 APLICAÇÃO E ANÁLISE DO FMEA ÀS EMPRESAS SELECIONADAS                          | 78     |
| IV.2.1 Estudo da Empresa I                                                         | 78     |
| IV.2.2 Estudo da Empresa II                                                        | 82     |
| IV.2.3 Estudo da Empresa III                                                       | 84     |
| IV.2.4 Estudo da Empresa IV                                                        | 87     |
| IV.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS                                                        | 90     |
| <b>CONCLUSÕES</b>                                                                  | 93     |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                                                  | 96     |
| <b>ANEXOS</b>                                                                      |        |
| ANEXO 1: QUESTIONÁRIO                                                              | 1 a 5  |
| ANEXO 2: MATRIZ DE INTERAÇÃO                                                       | 1      |
| ANEXO 3: QUADROS COM OS RESULTADOS OBTIDOS NAS 4 EMPRESAS                          |        |
| ANEXO 3.1: QUADROS DA EMPRESA I                                                    | 1 a 8  |
| ANEXO 3.2: QUADROS DA EMPRESA II                                                   | 1 a 7  |
| ANEXO 3.3: QUADROS DA EMPRESA III                                                  | 1 a 7  |
| ANEXO 3.4: QUADROS DA EMPRESA IV                                                   | 1 a 11 |
| ANEXO 4: DADOS REFERENTES AO CASO DA EMPRESA IV                                    | 1 a 9  |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 3.1: Fluxograma da produção por via úmida                                                                          | 64 |
| FIGURA 4.1: Fluxo de produção de revestimentos da empresa I                                                               | 80 |
| FIGURA 4.2: Fluxo de produção da empresa II                                                                               | 83 |
| FIGURA 4.3: Fluxo de produção de revestimentos da empresa III                                                             | 85 |
| FIGURA 4.4: Fluxo de produção da empresa VI demonstrando materiais utilizados e resíduos gerados em cada fase do processo | 88 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 1.1: FMEA de Projeto                                                          | 6  |
| QUADRO 1.2: Critérios de avaliação para severidade                                   | 8  |
| QUADRO 1.3: Critérios de avaliação sugerido para ocorrência                          | 9  |
| QUADRO 1.4: Critérios de avaliação para detecção                                     | 10 |
| QUADRO 1.5: FMEA de Processo                                                         | 12 |
| QUADRO 1.6: Critérios de avaliação para severidade                                   | 14 |
| QUADRO 1.7: Critérios de avaliação sugerido para ocorrência                          | 15 |
| QUADRO 1.8: Critérios de avaliação para detecção                                     | 16 |
| QUADRO 1.9: Exemplos da relação CAUSA – MODO – EFEITO                                | 17 |
| QUADRO 1.10: Exemplificação da diferença entre aspecto ambiental e impacto ambiental | 21 |
| QUADRO 2.1: FMEA aplicado pela AFL do Brasil                                         | 29 |
| QUADRO 2.2: Critérios de avaliação para severidade                                   | 30 |
| QUADRO 2.3: Critérios de avaliação para probabilidade de ocorrência                  | 31 |
| QUADRO 2.4: Critérios de avaliação para detecção                                     | 32 |
| QUADRO 2.5: FMEA aplicado pela Odebrecht                                             | 34 |
| QUADRO 2.6: Critérios de avaliação para ocorrência                                   | 35 |
| QUADRO 2.7: FMEA aplicado pela ETA de Jaguariúna                                     | 38 |
| QUADRO 2.8: Criticidade                                                              | 40 |
| QUADRO 2.9: Categoria de Importância                                                 | 40 |
| QUADRO 2.10: Nível de Significância                                                  | 41 |
| QUADRO 2.11: FMEA aplicado pela Ultrafertil                                          | 42 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 2.12: Severidade                                                            | 44 |
| QUADRO 2.13: Critérios de avaliação para frequência em situação normal/ anormal    | 45 |
| QUADRO 2.14: Critérios de avaliação para probabilidade em situação de emergência   | 45 |
| QUADRO 2.15: FMEA adaptado pela Alcoa                                              | 47 |
| QUADRO 2.16: Critérios de avaliação para severidade                                | 48 |
| QUADRO 2.17: Critérios de avaliação para contribuição do impacto                   | 49 |
| QUADRO 2.18: Critérios de avaliação para ocorrência                                | 49 |
| QUADRO 2.19: Critérios de avaliação para detecção                                  | 50 |
| QUADRO 3.1: Documentação e licenciamento ambiental para mineração                  | 60 |
| QUADRO 3.2: Aspectos ambientais evidenciados na indústria cerâmica de revestimento | 69 |
| QUADRO 3.3: Impactos ambientais gerados na indústria cerâmica de revestimento      | 70 |
| QUADRO 4.1: FMEA aplicado neste trabalho                                           | 75 |
| QUADRO 4.2: Parâmetros para pontuação de probabilidade de ocorrência               | 76 |
| QUADRO 4.3: Critérios de avaliação para detecção                                   | 77 |
| QUADRO 4.4: Critérios para severidade                                              | 78 |

## LISTA DE SIGLAS

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFL – Alcoa Fujikura Ltda.

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CEV – Consultores em Engenharia de Valor

DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral

DNV – *Det Norske Veritas*

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ETA – Estação de Tratamento de Água

FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*

GANAP – Grupo de Apoio à Normalização Ambiental

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

IQA – Instituto de Qualidade Automotiva

ISO – *International Standardization Organization*

NPC – Número de Prioridade de Controle

NPR – Número de Prioridade de Risco

PIB - Produto Interno Bruto

PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

QS – Sistema de Qualidade

SGA – Sistema de Gestão Ambiental





**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Pós-Graduação em Geociências  
Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

**APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA)  
PARA AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA DE ASPECTOS E IMPACTOS  
AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CERÂMICA**

---

**RESUMO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MARCELÍ DE MENEZES COIMBRA**

Neste trabalho buscou-se apresentar, adaptar e aplicar o método denominado FMEA, verificando sua eficácia na avaliação da significância de impactos ambientais. Trata-se de uma etapa decisiva na implantação de um Sistema de Gestão Ambiental numa organização, uma vez que todas as demais etapas serão influenciadas por ela. Foram apresentados cinco casos bem sucedidos em que o FMEA adaptado foi aplicado em organizações de grande porte de diferentes segmentos industriais. Para cumprir com os demais objetivos da dissertação, uma adaptação do método foi testada em quatro indústrias cerâmicas de revestimento nas suas principais etapas de produção. Quanto aos resultados obtidos, o método demonstrou-se eficaz porque aponta com precisão o aspecto e o impacto ambiental associado, correspondendo respectivamente ao modo e efeitos da falha, permitindo a avaliação da significância dos impactos ambientais. Por outro lado, se não houver uma integração profissional responsável e perfeita sintonia de interesses, o resultado não será confiável, ocorrendo desvios de interesse. Os principais requisitos identificados, necessários à avaliação de impactos ambientais foram: motivação do mais alto cargo da empresa, envolvimento dos técnicos responsáveis por todos os setores relacionados com o meio ambiente e, principalmente, o comprometimento de todos através da sensibilização com programas de educação para todos os níveis de funcionários.





**UNICAMP**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Pós-Graduação em Geociências  
Área de Administração e Política de Recursos Minerais**

**THE APPLICATION OF THE FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)  
TO EVALUATE THE IMPORTANCE OF THE ENVIRONMENTAL ASPECTS AND  
IMPACTS OF THE CERAMIC TILE INDUSTRY.**

**ABSTRACT**

---

**MASTERS DEGREE DISSERTATION**

**MARCELÍ DE MENEZES COIMBRA**

The aim of this work was to present, adapt and put into practice the method called FMEA, by checking its efficiency when evaluating the importance of environmental impacts. It is a decisive step in the implementation of a System of Environmental Management in an organization, since all the following phases will be affected by it. Five successful cases in which FMEA was adapted and put into practice in large-scale organizations were presented. In order to reach the objectives established this dissertation, an adaptation of the method was tested in four ceramic tile industries in their main production phases. As for the obtained results, the method proved to be efficient because it shows, with precision, the relation the environmental aspect and impact have with the mode and the effect of the failure presented, allowing the evaluation of the importance of the environmental impacts. On the other hand, if there is no professional and responsible integration of interests, the results will not be reliable, generating diversion of interests. The following principal requisites were detected for an accurate evaluation of environmental impacts: the motivation of ranking members of the organization; the involvement of the technicians responsible for all the areas related to environment; and mainly, everyone's commitment through environmental training and awareness programs for all employees.



## Introdução

O processo de expansão econômica, estimulado pela globalização, que intensifica a concorrência entre as empresas, tem tolerado a expansão de atividades a quaisquer custos e riscos no setor cerâmico, sem o devido rigor no que se refere ao atendimento das exigências legais de proteção ambiental. Disso resulta uma quantidade crescente de riscos à própria sobrevivência de unidades da indústria e de sua competitividade frente à economia globalizada que impõe novos procedimentos referentes à proteção ambiental, que dessa forma têm se transformado em importantes diferenciais de competitividade.

O conjunto de dúvidas, de questionamentos, e a necessidade de previsão de custos ou riscos ambientais antes não imaginados, têm levado alguns empresários a posições pró-ativas e criativas, ao invés de passivas, proporcionando em termos de curto, médio ou longo prazo, vantagens econômicas ou, no mínimo, a diminuição significativa de perdas.

A palavra compromisso com a boa gestão dos recursos naturais, visando a obtenção e a manutenção de credibilidade ou imagem ambiental perante a comunidade mundial, hoje transformada por eficientes meios de comunicação, associada à comprovação de incapacidade crescente dos governos para a boa partilha dos usos dos recursos naturais, vem levando a maioria dos grupos envolvidos a optar pelo autocontrole ambiental.

O objetivo deste trabalho é justamente apresentar um método que se aplique nas indústrias, na implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para o levantamento e avaliação de significância dos impactos ambientais, etapa esta fundamental para um SGA.

Além de apresentar o método denominado FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*, ou, Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial, como é usualmente traduzido em português), o objetivo também é aplicá-lo em 4 diferentes indústrias cerâmicas de revestimento com a finalidade de verificar sua eficácia para avaliar significância dos impactos ambientais. Tem-se como hipótese que o método contribui para a avaliação da significância de impactos ambientais, podendo diminuir as tendenciosidades comuns a esses procedimentos.

Secundariamente, os objetivos são:

- identificar e caracterizar os aspectos e impactos ambientais nas indústrias cerâmicas de revestimento;
- avaliar a importância dada pelas empresas ao meio ambiente;
- indicar requisitos necessários para uma avaliação de impactos ambientais.

Para alcançar os objetivos parte-se da identificação dos aspectos e impactos ambientais em empresas cerâmicas de revestimento e da avaliação de significância de cada impacto ambiental, tendo a norma ABNT/ ISO 14001 (*International Standardization Organization*) como orientação. De acordo com esta norma, define-se aspecto como *“elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”* e impacto como *“qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”* (ABNT, 1996).

Pelos requisitos desta norma, as empresas devem identificar os impactos ambientais, avaliar a significância desses impactos, estabelecer objetivos e metas em função da significância e, na sequência, traçar os planos de ação para evitar ou mitigar os impactos significativos. Por esta razão, justifica-se a importância de um método para tal função, sendo que neste trabalho foi escolhido o método FMEA para estudo, de modo a contribuir para verificar sua adequação e aferir sua eficiência na avaliação da significância dos impactos ambientais nas indústrias de diferentes segmentos.

A escolha do setor para aplicação do FMEA foi motivada pelo crescimento da importância da indústria de revestimento cerâmico em nosso país, tanto em relação à possibilidade de geração de divisas, quanto no que diz respeito à sua importância sócio-econômica local e regional, em especial no Estado de São Paulo, e devido a sua competitividade, tanto no mercado interno como externo, devendo estar sempre bem estruturado e competitivo, e em conformidade com as exigências legais e ambientais.

No primeiro Capítulo é apresentado o método que está sendo testado, o FMEA, e são citados alguns conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho. No segundo Capítulo são demonstradas algumas adaptações do FMEA, evidenciando ser um método totalmente flexível. No terceiro Capítulo é descrito o segmento cerâmico, que foi o escolhido para aplicar o método. No quarto Capítulo são apresentados os dados coletados e analisados para, posteriormente, serem apresentadas as conclusões e implicações dos resultados obtidos.

---

## **CAPÍTULO I - ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL (FMEA – *FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS*)**

Algumas empresas têm usado o FMEA para identificação de impactos ambientais e análise de sua significância para dar prosseguimento ao processo que antecede a certificação de ISO 14001. A necessidade de conhecer este método, adaptá-lo ao caso a ser estudado e analisar sua eficiência, é dada pelo reconhecimento da importância dessas etapas (identificação e avaliação de significância dos impactos) em todo o processo de certificação, uma vez que são essas etapas que determinarão os objetivos, metas e programa de gestão de todo o Sistema de Gestão Ambiental a ser certificado.

---

### **I.1 Histórico e Estrutura**

Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) é um método que permite identificar potenciais falhas de um sistema durante o projeto e/ou processo e o nível de criticidade destes efeitos de falhas na funcionabilidade do produto, eliminando ou minimizando o risco de problemas potenciais que possam vir a ocorrer, o que lhe confere a característica de ser preventiva (IQA, 1997).

Historicamente, este método começou a ser desenvolvido no meio militar americano no final da década de 40. Foi utilizado para avaliação técnica de segurança, identificando as falhas e efeitos do sistema e do equipamento, sendo tais falhas classificadas de acordo com o seu impacto no sucesso da missão e na segurança do pessoal e equipamento. O procedimento militar, o MIL-P-1629, foi denominado “Procedimentos de Segurança, Análise de Modos de Falha, Efeitos e sua Criticidade” (CEV, 2000).

Em meados dos anos 60, o FMEA foi aplicado pela primeira vez formalmente na indústria aeroespacial, mais precisamente na NASA, durante o programa APOLLO. Em 1972 o método foi introduzido pela Ford na indústria automobilística com resultados positivos. Atualmente, o FMEA passou a ser exigência obrigatória para todos os fornecedores da indústria automobilística através da adoção da norma de Sistema de Qualidade QS 9000, criada por montadoras

americanas, inspirando-se na mesma lógica da ISO 9000 relacionada à qualidade, detalhando pontos específicos para o setor automotivo, conforme explica MARTINS (1999).

Segundo o Instituto de Qualidade Automotiva (IQA, 1997), o FMEA é um método que identifica os modos de falhas potenciais e a criticidade destes efeitos de falhas na funcionabilidade do produto, sendo dividida em duas seções distintas: projeto e processo. Seu principal objetivo é auxiliar na detecção de problemas potenciais no produto de forma antecipada, tanto na fase de projeto como na fase de processo, e assim evitar mudanças custosas ou retrabalhos em estágios posteriores, tais como, no estágio de manufatura e no estágio de garantia de produto. O FMEA é aplicado nessas duas fases distintas, projeto e processo, sendo utilizado um método diferenciado para cada um.

---

O FMEA de projeto é um método preventivo, que tem como objetivo assegurar que durante o projeto do produto, os modos de falha potenciais e suas causas/mecanismos associados, sejam considerados e abordados, devendo ser iniciados antes ou na finalização do projeto conceitual e concluído quando na finalização do projeto e liberação para a ferramentaria. O produto final, subsistemas, componentes e sistemas relacionados, são os objetos de estudo nesta fase, sendo considerado como “cliente”, além do usuário final, os engenheiros e equipes responsáveis pelo projeto. Este foi o método desenvolvido pela NASA. Os objetivos específicos do FMEA de projeto são (DNV, 2001):

- auxiliar na avaliação objetiva dos requisitos do projeto e das soluções alternativas;
- considerar os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial;
- aumentar a confiabilidade de produto;
- reduzir a necessidade de modificação de projeto;
- melhorar o planejamento da qualidade;
- permitir melhoramento contínuo no produto e projeto do processo.

O QUADRO 1.1 contém dados referentes à etapa de projeto e exemplifica para o caso de uma montadora da indústria automobilística.

# QUADRO 1.1: FMEA de Projeto

Sistema (2)

☒ Subsistema

Componente 01.03/encerramento do veículo

Ano modelo(s)/veículo(s) 199X/Lion 4dr/Wagon (5)

Equipe T. Fender – Desenvolvimento de Produto (carro); Childers – Produção; J. Ford – Oper. Montagem (Dalton, Fraser, Henley – Plantas de Montagem) (8)

Responsável pelo projeto Eng. de Carroceria (3)

Data chave 9X 03 01 ER (6)

FMEA Número 1234 (1)

Pág. 1 de 1

Preparado por A. Tate-X6412 – Eng. de Carroceria

Data FMEA (Inic) 8x 03 22 (Rev.) 8x 07 14 (7)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                         |                                                                                                                                                                                   |                       |                       |                                                                                                          |                                 |                                                                            |                                 |                            |                                                                                                                                               | Resultado das Ações                                                      |                                                                                                                                                                     |                            |                                      |                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| ITEM/<br>FUNÇÃO<br>(9)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Modo de<br>Falha<br>Potencial<br>(10)                   | Efeito(s)<br>Potencial(is)<br>da Falha<br>(11)                                                                                                                                    | S<br>E<br>V<br>1<br>2 | C<br>L<br>A<br>S<br>3 | Causa(s) e<br>Mecanismo(s)<br>Potencial(is)<br>Da Falha<br>(14)                                          | O<br>C<br>O<br>R<br>R<br>1<br>5 | Controles<br>Atuais do<br>Projeto<br>(16)                                  | D<br>E<br>T<br>E<br>C<br>1<br>7 | N<br>P<br>R<br>E<br>1<br>8 | Ações<br>Recomendadas<br>(19)                                                                                                                 | Responsável<br>e Prazo<br>(20)                                           | Ações<br>Tomadas<br>(21)                                                                                                                                            | S<br>E<br>V<br>2<br>2<br>2 | O<br>C<br>O<br>R<br>R<br>2<br>2<br>2 | D<br>E<br>T<br>R<br>C<br>23 |
| Porta Dianteira<br>L. Esq.H8Hx-<br>0000-A<br>* Entrada e<br>saída do veículo<br>* Proteção dos<br>ocupantes à<br>chuva, vento,<br>frio, ruídos e<br>colisões laterais<br>* Ferragem da<br>porta suportes<br>incluindo espe-<br>lho, dobradiças,<br>fechadura e<br>regulador de<br>vidro<br>* Prover uma<br>superfície<br>apropriada p/<br>itens de<br>aparência<br>* Pintura e<br>tapeçaria | Painel<br>interior/<br>inferior da<br>porta<br>corroído | Vida útil da porta<br>diminuída devido<br>a:<br>* Aparência<br>insatisfa-<br>tória devido a<br>ferrugem;<br>* Funcionamento<br>irregular do<br>mecanis-<br>mo interno da<br>porta | 7                     |                       | Limite superior<br>para<br>Aplicação de cera<br>Protetora do painel<br>interno da porta é<br>muito baixa | 6                               | Teste de<br>durabilidade<br>geral do<br>veículo<br>T-118<br>T-109<br>T-301 | 7                               | 2<br>9<br>4                | Adicionar Teste de<br>corrosão acelerada<br>no laboratório                                                                                    | A. Tate<br>Eng. Carroc.<br>8X 09 30                                      | Baseado no resultado do teste<br>(teste n.º 1481)<br>Limite superior de aplicação de<br>cera aumentado em<br>125 mm                                                 | 7                          | 2                                    | 28                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                         |                                                                                                                                                                                   |                       |                       | Espessura<br>especifica-<br>da para camada de<br>cera é insuficiente                                     | 4                               | Teste de<br>durabilidade<br>geral do<br>veículo igual<br>acima             | 7                               | 1<br>9<br>6                | Adicionar Teste de<br>corrosão acelerada<br>no laboratório.<br>Conduzir projeto<br>de<br>Experimentos<br>(DOE) na espes. da<br>camada de cera | Teste verif. local<br>Aplic. Cera<br>A. Tate<br>Eng. Carroc.<br>9X 01 15 | Resultado do teste n.º 1481 mostra<br>que a camada especif. é adequada.<br>Projeto de Exper. demonstra que<br>25% de variação na espessura da<br>camada é aceitável | 7                          | 2                                    | 28                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                         |                                                                                                                                                                                   |                       |                       | Composição da<br>cera é<br>Inapropriada                                                                  | 2                               | Teste de<br>laboratório<br>físico e<br>químico<br>relatório<br>n.º 1265    | 2                               | 2<br>8                     | Nenhum                                                                                                                                        | Eng. De Carroc.<br>& Montagem<br>8X 11 15                                |                                                                                                                                                                     |                            |                                      |                             |

FONTE: IQA (1997)

A elaboração desse roteiro de preenchimento segue a orientação de IQA (1997):

1. FMEA Número: preenchimento do número que será usado para rastreabilidade.
2. Sistema, Subsistema ou Nome e Número do Componente: indicação do nível de análise apropriado, inclusive o nome e número do componente, subsistema e sistema que está sendo analisado.
3. Responsável pelo Projeto: preenchimento com o nome do fabricante de equipamento original, departamento e grupo, inclusive o nome do fornecedor, se conhecido.
4. Preparado por: preenchimento com o nome, telefone e a empresa do engenheiro responsável pelo FMEA.
5. Ano Modelo(s) Veículo(s): especificação do produto, ano modelo(s) e linha do veículo(s), onde se pretende usar e/ou que será afetado pelo projeto que está sendo analisado (se conhecido).
6. Data Chave: data inicialmente prevista como prazo para conclusão do FMEA, a qual não deveria ultrapassar a data de liberação programada para o desenho.
7. Data FMEA: data em que o FMEA inicial foi compilado e a data de sua última revisão.
8. Equipe: lista dos nomes e departamentos dos indivíduos responsáveis, que têm a autoridade para identificar e/ou realizar tarefas.
9. Item/ Função: preenchimento com o nome e número do item a ser analisado.
10. Modo de Falha Potencial: é definido como a maneira pela qual um componente, subsistema ou sistema potencialmente falharia ao cumprir o objetivo do projeto. É feita uma lista de cada modo de falha potencial para o item e sua função. Assume-se que a falha pode ocorrer, mas não necessariamente vai ocorrer.
11. Efeito(s) Potencial(is) da Falha: são definidos como os efeitos do modo de falha na função, como percebido pelo cliente. É feita uma descrição dos efeitos da falha em termos que o cliente possa perceber ou experimentar. Deve-se definir claramente se a função poderia afetar a segurança ou descumprimento a regulamentos/ legislação.
12. Severidade(s) (SEV): é uma avaliação da gravidade do efeito do modo de falha potencial (listado na coluna anterior) para o próximo componente, subsistema, sistema ou cliente, aplicado apenas ao efeito. É estimada em uma escala crescente de “1” a “10”, conforme QUADRO 1.2 com critérios de avaliação.

QUADRO 1.2: Critérios de avaliação para severidade

| Efeito                    | Critério: Severidade do Efeito                                                                                                                                                           | Índice de Severidade |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Perigoso sem aviso prévio | Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio. | 10                   |
| Perigoso com aviso prévio | Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental com aviso prévio. | 9                    |
| Muito alto                | Veículo/item inoperável, com perda das funções primárias.                                                                                                                                | 8                    |
| Alto                      | Veículo/item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.                                                                                                       | 7                    |
| Moderado                  | Veículo/item operável, mas com item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente sente desconforto.                                                                               | 6                    |
| Baixo                     | Veículo/item operável, mas com item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com nível de desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.                                      | 5                    |
| Muito Baixo               | Ítems: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado pela maioria dos clientes.                                                                                       | 4                    |
| Menor                     | Ítems: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado pela média dos clientes.                                                                                         | 3                    |
| Muito menor               | Ítems: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado por clientes aprimorados.                                                                                        | 2                    |
| Nenhum                    | Sem efeito                                                                                                                                                                               | 1                    |

FONTE: IQA (1997).

13. Classificação (CLAS): esta coluna pode ser usada para classificar qualquer característica especial do produto para um componente, subsistema ou sistema que possa requerer controles adicionais do processo onde uma variação no produto poderia afetar significativamente a segurança ou o cumprimento aos padrões e normas governamentais, ou afetar significativamente a satisfação do cliente.

14. Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha: é definida como uma indicação de uma deficiência do projeto, cuja consequência é o modo de falha.

15. Ocorrência (OCORR): é a probabilidade de um mecanismo/ causa específico (listado na coluna anterior) vir a ocorrer. A única forma de reduzir efetivamente o índice de ocorrência é a remoção ou controle de um ou mais mecanismos de falha através de uma alteração no projeto. É estimada conforme QUADRO 1.3.

QUADRO 1.3: Critérios de avaliação sugerido para ocorrência

| Probabilidade de falha             | Taxas de falha possíveis | Índice de Ocorrência |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Muito alta: Falha quase inevitável | $\geq 1$ em 2            | 10                   |
|                                    | 1 em 3                   | 9                    |
| Alta: Falhas freqüentes            | 1 em 8                   | 8                    |
|                                    | 1 em 20                  | 7                    |
| Moderada: Falhas ocasionais        | 1 em 80                  | 6                    |
|                                    | 1 em 400                 | 5                    |
|                                    | 1 em 2.000               | 4                    |
| Baixa: Poucas falhas               | 1 em 15.000              | 3                    |
|                                    | 1 em 150.000             | 2                    |
| Remota: Falha é improvável         | $\geq 1$ em 1.500.000    | 1                    |

FONTE: IQA (1997)

16. Controles Atuais do Projeto: é uma lista das atividades de prevenção, validação/ verificação do projeto e outras que irão assegurar a adequação do projeto para o modo de falha e/ou causa/mecanismo considerado.

17. Detecção (DETEC): é realizada uma avaliação da capacidade dos controles propostos para identificar uma causa/mecanismo potencial (deficiência do projeto) ou o modo de falha subsequente, antes do componente, subsistema ou sistema ser liberado para produção. Os indicadores variam de “1” a “10”, conforme critérios de avaliação do QUADRO 1.4.

QUADRO 1.4: Critérios de avaliação para detecção

| Detecção           | Critério: Probabilidade de Detecção pelo Controle de Projeto                                                                                     | Índice de Detecção |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Absoluta incerteza | Controle de Projeto não irá e/ou não pode detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha; ou não existe Controle de Projeto. | 10                 |
| Muito remota       | Possibilidade muito remota que o Controle de projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                     | 9                  |
| Remota             | Possibilidade remota que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                           | 8                  |
| Muito baixa        | Possibilidade muito baixa que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                      | 7                  |
| Baixa              | Possibilidade baixa que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                            | 6                  |
| Moderada           | Possibilidade moderada que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                         | 5                  |
| Moderadamente alta | Possibilidade moderadamente alta que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.               | 4                  |
| Alta               | Possibilidade alta que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                             | 3                  |
| Muito alta         | Possibilidade muito alta que o Controle de Projeto irá detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                       | 2                  |
| Quase certamente   | O Controle de Projeto irá quase certamente detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha.                                   | 1                  |

FONTE: IQA (1997).

18. Número de Prioridade de Risco (NPR): é o produto dos índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), ou seja,  $NPR = (S) \times (O) \times (D)$ . De modo geral, deve ser dada atenção especial quando a severidade é alta, independente do NPR resultante.

19. Ações recomendadas: após classificação dos modos de falha pelo NPR, devem ser propostas ações corretivas com altos índices de NPR, além daqueles considerados críticos em relação à severidade.

20. Responsável e Prazo: preenchimento com a empresa/área e indivíduo responsável pela ação recomendada com o respectivo prazo para execução.

21. Ações Tomadas: após uma ação ter sido implementada, é fornecida uma breve descrição da mesma e a data de sua efetivação.

22. Severidade, Ocorrência e Detecção: após a ação corretiva ter sido implantada, estimar e registrar os índices resultantes de severidade, ocorrência e detecção, individualmente.

23. NPR Resultante: após a ação corretiva ter sido identificada, estimar e registrar os índices resultantes de severidade, ocorrência e detecção.

O FMEA de processo utiliza o QUADRO 1.5 e tem o mesmo objetivo do FMEA de projeto, porém, seu objeto de estudo é o processo de fabricação e o “cliente” pode ser o usuário final do produto, ou uma operação subsequente do processo de manufatura, uma operação de montagem, ou ainda, uma operação de assistência técnica. Este foi o método adaptado pela Ford que utilizou pela primeira vez, no caso de uma montadora. O FMEA de Processo deve ser iniciado antes ou durante o estágio de viabilidade e antes do desenvolvimento das ferramentas para a produção. Deve-se considerar todas as operações do processo, desde a entrada de matéria-prima até o produto final. O FMEA de Processo não deve contar com alterações de projeto do produto para atenuar as deficiências potenciais do processo. O FMEA de Processo assume que o produto, da forma como foi projetado, irá atender ao objetivo do projeto.

---

Conforme DNV (2001), os benefícios do FMEA de Processo são:

- identificar os modos de falhas potenciais do processo relacionados ao produto;
- avaliar os efeitos potenciais da falha em relação ao cliente;
- identificar as causas potenciais de falhas do processo de manufatura ou montagem e as variáveis que deverão ser controladas para redução da ocorrência ou melhoria da eficácia na detecção das falhas;
- classificar modos de falhas potenciais, criando um sistema de priorização para as ações corretivas;
- documentar os resultados do processo de manufatura ou montagem.

QUADRO 1.5: FMEA de Processo

Responsável pelo projeto Eng. de Carroceria (3)

FMEA Número 1450 (1)

Pág. 1 de 1

Item Porta da frente 1 Esq/H8HX-000-A (2)

Data chave 9X 03 01 ER 9X 08 26 Trab.#1 (6)

Preparado por \_\_\_\_\_ (4)

Ano modelo(s)/veículo(s) 1996/Lion 4dr/Wagon (5)

Data FMEA (Inic) \_\_\_\_\_ (7)

Equipe A. Tate Eng. Carroceria J. Smith-O.C.R.James-Produção. J.Jones-Manutenção (8)

| FUNÇÃO DO PROCESSO / REQUISITO (9)                                                                                                                        | Modo de Falha Potencial (10)                                   | Efeito(s) Potencial(is) da Falha (11)                                                                                                                | S E V 1 2 | C L A S 1 3 | Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) Da Falha (14)                                                      | O C O R 1 5 | Controles Atuais do Processo (16)                                                                                           | D E T 1 7 | N P R 1 8 | Ações Recomendadas (19)                                                    | Responsável e Prazo (20) | Resultado das Ações                                                                                                                  |           |             |           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|                                                                                                                                                           |                                                                |                                                                                                                                                      |           |             |                                                                                                          |             |                                                                                                                             |           |           |                                                                            |                          | Ações Tomadas (21)                                                                                                                   | S E V 2 2 | O C O R 2 2 | D E T 2 2 | N P R 2 3 |
| Aplicação Manual de cera na parte interna da porta<br>Cobrir parte interna da porta, superfície inferior com camada mínima de cera para retardar corrosão | Cobertura insuficiente de cera sobre a superfície especificada | Vida útil da porta diminuída provocando:<br>* Aparência insatisfatória devido à corrosão<br>* Funcionamento irregular do mecanismo interior da porta | 7         |             | Bico de jateamento posicionado suficientemente longe                                                     | 8           | Checagem visual a cada 1 hora por turno. Medir profundidade da camada                                                       | 5         | 2 8 0     | Instalar um "fim de curso" no jateador                                     | Eng. Processo 9X 10 15   | Instalar um "fim de curso" no jateador e checado na linha                                                                            | 7         | 2           | 5         | 70        |
|                                                                                                                                                           |                                                                |                                                                                                                                                      |           |             |                                                                                                          |             |                                                                                                                             |           |           | Automatizar jateador                                                       | Eng. Processo 9X 12 15   | Rejeitado devido à complexidade das diferentes portas na mesma linha de montagem                                                     |           |             |           |           |
|                                                                                                                                                           |                                                                |                                                                                                                                                      | 7         |             | Bico jateador entupido<br>* Viscosidade muito alta<br>* Temperatura muito baixa<br>* Pressão muito baixa | 5           | Teste do jateador no começo do trabalho e após longos períodos sem uso, e programa de manutenção preventiva p/ limpar bicos | 3         | 1 0 5     | Usar projetos de experimentos (DOE) na viscosidade x temperatura x pressão | Eng. Processo 9X 10 01   | Foram determinados limites de temp. e pressão e implantadas cartas de controle que mostram que o processo está sob controle Cpk=1,85 | 7         | 1           | 3         | 21        |
|                                                                                                                                                           |                                                                |                                                                                                                                                      |           |             | Bico jateador deformado devido ao impacto (batidas)                                                      | 2           | Programas de manutenção preventiva para manter jateador em boas condições                                                   | 2         | 2 8       | Nenhum                                                                     |                          |                                                                                                                                      |           |             |           |           |

FONTE: IQA (1997).

No caso do FMEA de Processo, o preenchimento dos itens 1 a 8 seguem as mesmas orientações do FMEA de Projeto, diferenciando-se a partir do item 9, conforme orientações IQA (1997) as quais seguem:

9. Função do Processo/ Requisitos: é realizada descrição simplificada do processo ou operação em análise.

10. Modo de Falha Potencial: é definido como a maneira pela qual o processo potencialmente falharia em atender aos requisitos do processo/projeto, sendo uma descrição de uma não-conformidade nesta operação específica, que pode ser associada com o modo potencial de falha de uma operação subsequente ou ao efeito associado a uma falha potencial de uma operação anterior. É recomendado comparar com um processo similar e fazer uma análise crítica das reclamações dos clientes.

11. Efeito(s) Potencial(is) da Falha: são definidos como o efeito do modo de falha em relação ao cliente, sendo que este pode ser a próxima operação, operações subsequentes, o revendedor ou o proprietário do veículo. É realizada a descrição dos efeitos da falha de forma que o cliente possa perceber.

12. Severidade (SEV): é uma avaliação da gravidade do efeito do modo de falha potencial (listado anteriormente) para o próximo componente, subsistema, sistema ou cliente. A severidade se aplica somente ao efeito. É estimada em uma escala de “1” a “10”, conforme critérios expostos no QUADRO 1.6.

QUADRO 1.6: Critérios de avaliação para severidade

| Efeito                    | Critério: Severidade do Efeito                                                                                                                                                                                                                                   | Índice de Severidade |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Perigoso sem aviso prévio | Pode pôr em perigo o operador da máquina ou montador. Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a Segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental. A falha ocorrerá sem aviso prévio. | 10                   |
| Perigoso com aviso prévio | Pode pôr em perigo o operador da máquina ou montador. Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a Segurança na operação do veículo e/ou envolve não-conformidade com a legislação governamental. A falha ocorrerá com aviso prévio. | 9                    |
| Muito alto                | Grande interrupção na linha de produção. 100% da produção deve ser sucutada. Veículo/item inoperável, perda das funções primárias. Cliente muito insatisfeito.                                                                                                   | 8                    |
| Alto                      | Pequena interrupção na linha de produção. O produto deve ser selecionado e uma parte (menor que 100%) sucutada. Veículo operável, mas com níveis de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.                                                                   | 7                    |
| Moderado                  | Pequena interrupção na linha de produção. Uma parte (menor que 100%) dos produtos devem ser sucutados (sem seleção). Veículo/item operável, mas algum(s) item(s) de Conforto/Conveniência inoperável(is). Cliente sente desconforto.                             | 6                    |
| Baixo                     | Pequena interrupção na linha de produção. 100% dos produtos devem ser retrabalhados. Veículo/item operável, mas algum(s) item(s) de Conforto/Conveniência operável(is) com nível de desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.                    | 5                    |
| Muito Baixo               | Pequena interrupção na linha de produção. O produto deve ser selecionado e uma parte (menor que 100%) retrabalhada. Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não-coforme. Defeito notado pela maioria dos clientes.                                            | 4                    |
| Menor                     | Pequena interrupção na linha de produção. Uma parte (menor que 100%) dos produtos devem ser retrabalhados na hora, mas fora da estação. Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado pela média dos clientes.                         | 3                    |
| Muito menor               | Pequena interrupção na linha de produção. Uma parte (menor que 100%) dos produtos devem ser retrabalhados na hora, e dentro da estação. Itens: Forma e Acabamento/Chiado e Barulho não-conforme. Defeito notado por clientes acurados.                           | 2                    |
| Nenhum                    | Sem efeito                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                    |

FONTE: IQA (1997).

13. Classificação (CLAS): esta coluna é usada para classificar qualquer característica especial do processo para um componente, subsistema ou sistema que possa requerer controles adicionais do processo, sendo uma característica do processo no qual sua variação deve ser controlada com relação a um valor de referência para assegurar que a variação em uma característica especial do produto seja mantida em valores de referência durante o processo de manufatura e montagem.

14. Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha: é definida como a forma pela qual a falha poderia ocorrer, descrita em termos de itens que poderiam ser corrigidos e/ou controlados.

15. Ocorrência (OCOR): é a probabilidade de um mecanismo/ causa específico (listado na coluna anterior) vir a ocorrer. É estimada conforme QUADRO 1.7.

QUADRO 1.7: Critérios de avaliação sugerido para ocorrência

| Probabilidade de Falha                                                                                                                | Taxas de falha possíveis | Índice de Ocorrência |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Muito alta: a falha é quase inevitável                                                                                                | ≥ 1 em 2                 | 10                   |
|                                                                                                                                       | 1 em 3                   | 9                    |
| Alta: geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas frequentes                                    | 1 em 8                   | 8                    |
|                                                                                                                                       | 1 em 20                  | 7                    |
| Moderada: geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas ocasionais, mas não em maiores proporções | 1 em 80                  | 6                    |
|                                                                                                                                       | 1 em 400                 | 5                    |
|                                                                                                                                       | 1 em 2.000               | 4                    |
| Baixa: associada a processos similares que apresentaram poucas falhas                                                                 | 1 em 15.000              | 3                    |
| Muito baixa: associada a processos Quase idênticos que apresentaram apenas falhas isoladas                                            | 1 em 150.000             | 2                    |
| Improvável: falha é improvável. Processos quase idênticos nunca apresentaram falhas                                                   | ≤ 1 em 1.500.000         | 1                    |

FONTE: IQA (1997).

16. Controles Atuais do Processo: são descrições dos controles que podem detectar ou prevenir na medida do possível a ocorrência do modo de falha.

17. Detecção (DET): é uma avaliação da probabilidade de que o controle do processo detectará uma causa/mecanismo potencial ou mesmo a probabilidade de que o controle detectará os modos de falha subsequentes. Uma escala de “1” a “10” é estimada, conforme QUADRO 1.8.

QUADRO 1.8: Critérios de avaliação para detecção

| Detecção           | Critério: Existência da probabilidade de um defeito ser detectado antes do próximo controle do processo ou no processo subsequente, ou antes que a peça ou o componente deixem o local de manufatura ou montagem. | Índice de Detecção |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Quase impossível   | Não conhecido(s) controle(s) disponível(is) para detectar o modo de falha.                                                                                                                                        | 10                 |
| Muito remota       | Probabilidade muito remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                        | 9                  |
| Remota             | Probabilidade remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                              | 8                  |
| Muito baixa        | Probabilidade muito baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                         | 7                  |
| Baixa              | Probabilidade baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                               | 6                  |
| Moderada           | Probabilidade moderada de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                            | 5                  |
| Moderadamente alta | Probabilidade moderadamente alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                  | 4                  |
| Alta               | Probabilidade alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                                | 3                  |
| Muito alta         | Probabilidade muito alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                          | 2                  |
| Quase certamente   | Controle(s) atual(is) quase certamente irá detectar o modo de falha.                                                                                                                                              | 1                  |

FONTE: IQA (1997).

18. Número de Prioridade de Risco (NPR): é o produto dos índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), ou seja,  $NPR = (S) \times (O) \times (D)$ . O NPR varia entre “1” e “1000”.

19. Ações Recomendadas: quando os modos de falha estiverem classificados pelo NPR, devem ser propostas ações corretivas para os itens críticos e com altos índices de NPR.

20. Responsável e Prazo: designação da empresa/ área e indivíduo responsável pela ação recomendada e o respectivo prazo para execução.

21. Ações Tomadas: após uma ação ter sido implementada, fornecer uma breve descrição da mesma e a data de sua efetivação.

22. Severidade, Ocorrência e Detecção: após a ação corretiva ter sido implantada, estimar e registrar os índices resultantes de severidade, ocorrência e detecção, individualmente.

23. NPR Resultante: após a ação corretiva ter sido identificada, estimar e registrar os índices resultantes de severidade, ocorrência e detecção.

Em ambos os casos, o FMEA quantifica e prioriza os efeitos das possíveis falhas, considerando como critérios:

- Severidade do efeito
- Probabilidade de ocorrência da causa
- Probabilidade de detecção da causa ou dos modos de falha

Esclarecendo melhor a relação CAUSA – MODO DE FALHA – EFEITO DE FALHA, conforme QUADRO 1.9, pode-se dizer que causas são os eventos que geram, provocam, induzem ou motivam o modo de falha, sendo que estes são os eventos associados que levam a uma diminuição parcial ou total da função, e efeitos são as formas como os modos de falha afetam o desempenho do sistema.

QUADRO 1.9: Exemplos da relação CAUSA – MODO – EFEITO

| CAUSA            | MODO DE FALHA                                  | EFEITO DE FALHA    |
|------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| Oxidação         | Fratura da resistência elétrica de um chuveiro | Água não aquece    |
| Erro no cadastro | Atraso na emissão de nota fiscal               | Pagamento atrasado |

FONTE: DNV, 2001.

## 1.2 FMEA e o Meio-ambiente

O FMEA de processo vem sendo adaptado para avaliação de significância dos impactos ambientais em indústrias, subsidiando a implantação do Sistema de Gestão Ambiental, considerando na matriz diferentes critérios de análise, definidos caso a caso, conforme características específicas do negócio/indústria.

Como pré-requisito para se trabalhar com a ferramenta de avaliação de significância de impactos ambientais, considerou-se fundamental a conceituação de alguns termos relacionados ao tema. Para iniciar, a Lei 6.938 /81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 3º, define meio ambiente como “*o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*”

(SÃO PAULO, 2000). Assim, pode-se afirmar que são componentes do meio ambiente: o homem e todos os demais elementos que compõem os meios físico e biótico.

Uma definição de meio ambiente seria “*a expressão do patrimônio natural e suas relações com o ser vivo*”, sendo especificado em meio ambiente natural (constituído pelo solo, pela água, pelo ar atmosférico, pela flora e pela fauna), meio ambiente cultural (integrado pelo patrimônio arqueológico, artístico, histórico, paisagístico e turístico) e meio ambiente artificial (formado pelas edificações, equipamentos urbanos, comunitários, enfim, todos os assentamentos de reflexos urbanísticos) (CONSTANTINO, 2001).

Num sentido mais abrangente, para SILVA (1994) meio ambiente é “*a interação do conjunto de elementos naturais, artificiais e culturais que propiciam o desenvolvimento equilibrado da vida humana em todas as suas formas*”, ou ainda, segundo JOLLIVET (1996), meio ambiente é “*o conjunto dos meios naturais ou artificializados da ecosfera, onde o homem se instalou e que explora e administra, bem como o conjunto dos meios não submetidos à ação antrópica, e que são considerados necessários à sua sobrevivência*”.

Conforme DASHEFSKY (2001), fazem parte do meio ambiente “*todos os componentes vivos ou não, assim como a todos os fatores, tais como clima, que existem no local em que um organismo vive. O meio ambiente é considerado a partir da perspectiva do organismo que está sendo estudado ou debatido*”.

As diversas atividades desenvolvidas pelo homem provocam alterações no meio ambiente que afetam as características dos meios físico, biótico e antrópico, sendo essas modificações que ocorrem no meio ambiente e as que ocorrem naturalmente denominadas de impactos ambientais.

Segundo a Resolução CONAMA n.º 01, de 23 de janeiro de 1986, artigo 1.º, “*impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (V) a qualidade dos recursos ambientais*” (SÃO PAULO, 2000).

Conforme a ABNT (1996), “*impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização*”, tendo como definição de meio ambiente “*a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações*”.

Outras definições de impacto ambiental são mais genéricas, tais como:

- “*Qualquer alteração ao meio ambiente, em um ou mais de seus componentes, provocada por uma ação humana*”(Moreira apud SÁNCHEZ, 2000);
- “*Alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação dos processos naturais ou sociais provocada por ação humana*”(Sánchez apud SÁNCHEZ, 2000);
- “*A troca em um parâmetro ambiental, em um determinado período e em uma determinada área, que resulta de uma atividade dada, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada*”(Wathern apud SÁNCHEZ, 2000).

Pode-se dizer que o impacto ambiental está relacionado a uma ação de supressão ou introdução de um elemento no meio ambiente, tais como, a supressão de componentes de um ecossistema, a destruição de habitats, a introdução de uma espécie exótica, a introdução de componentes contaminantes, entre outros (SÁNCHEZ, 2000).

O impacto ambiental é gerado pelo aspecto ambiental, sendo este definido pela ABNT (1996) como “*elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente*”. Aspecto ambiental é a interação entre os elementos do meio ambiente que não necessariamente provocará qualquer tipo de alteração (positiva ou negativa). Ou seja, pode

haver interação entre os elementos do meio ambiente (aspecto ambiental) sem nenhuma alteração (impacto) de suas características.

De acordo com MOTA (1997), no produto da interação Atividade Antrópica – Meio Ambiente, estão incluídos benefícios e prejuízos. A identificação dos impactos sobre o ambiente decorre da diferença entre a evolução do meio sem a atuação das atividades modificadoras e deste meio ambiente futuro modificado. As classificações mais usadas para os impactos ambientais são:

- Quanto ao tipo: positivo (benéfico) ou negativo (adverso).
- Quanto ao modo: direto ou indireto.
- Quanto à magnitude: de pequena, média ou grande intensidade.
- Quanto à duração: temporário, permanente ou cíclico.
- Quanto ao alcance: local, regional, nacional ou global.
- Quanto ao efeito: imediato (curto prazo), de médio ou de longo prazo.
- Quanto à reversibilidade: reversível ou irreversível.

Nem sempre é simples avaliar os impactos ambientais de uma dada ação. Sob um determinado ponto de vista um impacto pode ser considerado positivo, mas sob outro, ser identificado como negativo, tudo dependerá de fatores como magnitude, frequência, aceitabilidade da sociedade e outros critérios, sendo fundamental o responsável ou equipe responsável pela avaliação, sua formação e percepção, que determinarão ou, no mínimo, influenciarão profundamente os resultados desse trabalho.

Os aspectos ambientais típicos são: emissões previstas para a atmosfera, água e/ou solo; emissões não previstas para a atmosfera, água e/ou solo; consumo de matérias-primas; consumo de materiais processados; reciclagem ou reutilização de materiais; consumo de recursos naturais (inclusive energia); geração de resíduos; emissão de calor; emissão de ruídos; uso de recursos visuais, e, por sua vez, os impactos ambientais correspondentes e mais freqüentes são: poluição atmosférica; contaminação da água e/ou do solo; esgotamento de recursos não-renováveis; alterações ambientais, sociais, culturais, políticas e econômicas; conservação de recursos naturais; poluição sonora; poluição visual; ocupação de terras úteis para fins de disposição. No QUADRO 1.10 são demonstrados alguns exemplos da diferença entre os dois conceitos.

QUADRO 1.10: Exemplificação da diferença entre aspecto ambiental e impacto ambiental:

|         | Processo                                                            | Produto                      | Serviço                              |
|---------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Exemplo | Fabricação de revestimento cerâmico                                 | Copo de café descartável     | Jardinagem                           |
| Aspecto | Eliminação de esmalte                                               | Não reciclável ou degradável | Aplicação de herbicidas e pesticidas |
| Impacto | Possível contaminação do solo ou da água após disposição inadequada | Ocupação de terras (aterros) | Poluição                             |

### I.2.1 A Importância da Avaliação de Significância no Sistema de Gestão Ambiental Conforme a Norma ABNT/ ISO 14001

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é definido na norma ABNT/ ISO 14001 como “*a parte do sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental*” (ABNT,1996).

A pressão da sociedade, dos mercados consumidores nos diversos setores produtivos e a exigência de esclarecimentos do cidadão cada vez mais atuante na sociedade refletiram em uma grande quantidade de normas, regulamentos e legislação ambiental relacionadas ao controle, proteção e recuperação ambiental.

A elaboração da série ISO 14000 surgiu da necessidade de normalizar os sistemas de gestão ambiental de uma forma que tivesse alcance internacional. Uma das interpretações entende que esta normalização visa equacionar problemas econômicos, tais como, manutenção de mercados, vantagens competitivas, e a soma de ganhos de mercado, através da diferenciação dos produtos menos prejudiciais ao meio ambiente, resultantes de processos mais limpos, embutidos nos produtos a conservação da matéria-prima e energia, a geração de menores quantidades de resíduos e efluentes, entre outros (CAVALCANTI, 1996).

Apesar de serem normas voluntárias, as empresas estão sendo colocadas numa posição em que, ou elas se adaptam e desenvolvem um eficiente Sistema de Gestão Ambiental, ou podem perder espaços no mercado por não se adequarem às exigências.

Fundada em 1946, a Organização Internacional de Normalização (ISO – *International Organization for Standardization*), com sede em Genebra, é uma federação mundial que promove o desenvolvimento de normas internacionais na indústria, comércio e serviços. Essas normas são subsidiadas por recomendações do governo, dos setores produtivos e quaisquer outros segmentos que se interessem pela formulação (CAVALCANTI, 2000).

A participação do Brasil nos trabalhos de desenvolvimento da série de normas ISO 14000 foi realizada através do GANA – Grupo de Apoio à Normalização Ambiental, composto pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, e por empresas brasileiras, que tentam impedir que as normas favoreçam apenas o Primeiro Mundo.

---

A norma ABNT/ ISO 14001 foi homologada e publicada como uma norma internacional em 1995, traduzida e publicada no Brasil como uma norma ABNT/ ISO 14001 em 1996, norma esta que estabelece os requisitos básicos para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

O elemento condicionante para manter o certificado obtido pelas empresas é a melhoria contínua, baseada numa estrutura lógica em forma de ciclo: PDCA (*Plan – Do – Check – Action*). As etapas de Planejamento, Implementação e Operação, Verificação e Ação Corretiva, estão claramente definidas na norma ABNT/ ISO 14001, que devem ser implantadas após a definição da política ambiental da empresa (HECK, 1998).

O planejamento é uma das etapas mais importantes, é o momento em que são identificados os aspectos ambientais e seus impactos correspondentes, os quais são avaliados, e aqueles considerados mais significativos são prioritariamente incluídos nos objetivos e metas a serem alcançados pelo SGA da empresa, visando a certificação da norma. Cada uma das etapas (ou requisitos, conforme a norma), que compõe o planejamento de um SGA, são consideradas com mais atenção pelo fato delas incluírem a avaliação de significância (ABNT, 1996):

a) Identificação de aspectos ambientais

A identificação dos aspectos ambientais e avaliação dos impactos associados é a etapa mais importante do ciclo de implantação ou de melhoria do SGA, pois todos os requisitos do Sistema são dependentes e relacionam-se com esta etapa.

Como diz a norma ABNT/ ISO 14001, *“a organização deve estabelecer e manter procedimento(s) para identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços que possam por ela ser controlados e sobre os quais presume-se que ela tenha influência, a fim de determinar aqueles que tenham ou possam ter impacto significativo sobre o meio ambiente”*, considerando os aspectos relacionados aos impactos significativos na definição dos objetivos ambientais.

---

Os procedimentos para identificação de aspectos e impactos ambientais assim como para avaliação de sua significância, são determinados pela empresa ou pela firma contratada, ou seja, em cada empresa é aplicado o método que melhor se julga adequado e eficiente. É nesta etapa que se destaca a importância da escolha do método a ser utilizado, uma vez que sua influência irá determinar os requisitos subsequentes.

b) Requisitos legais e outros

A organização deve estabelecer e manter o atendimento à legislação e normas vigentes aplicáveis aos aspectos e impactos ambientais identificados.

c) Objetivos e metas ambientais

Para cada impacto ambiental significativo deve-se estabelecer os objetivos ambientais, assim como, considerar suas exigências em relação às opções tecnológicas, os requisitos financeiros, operacionais, comerciais e as partes interessadas. Objetivo é o propósito global para que se possa atender o desempenho ambiental que, além dos prazos, a empresa se propõe conforme sua política ambiental. As metas são determinadas pelos objetivos e devem incluir em seu detalhamento indicadores de desempenho mensuráveis e aplicáveis para a organização ou parte dela.

d) Programa de gestão ambiental

São atribuídas as responsabilidades e determinados os meios e os prazos para o estabelecimento e manutenção do programa de gestão ambiental para atingir os objetivos e metas.

A etapa seguinte, composta pela implementação e operação, apresenta os meios através dos quais torna-se viável o programa de gestão ambiental. A implantação desta etapa é conduzida através de: estruturamento e designação de responsabilidade; treinamento, conscientização e competência; comunicação; documentação do Sistema de Gestão Ambiental; controle de documentos; controle operacional; preparação e atendimento à emergências (ABNT, 1996).

a) Estrutura e responsabilidade: são definidas, documentadas e comunicadas às funções e responsabilidades de cada funcionário para facilitar o controle dos requisitos do SGA e para a alta administração ter subsídios para uma análise crítica e aprimorar o SGA.

b) Treinamento, conscientização e competência: depois de identificadas as necessidades de treinamento, todos os funcionários cujas tarefas podem ser causadoras de impactos ambientais significativos, recebem treinamento apropriado e se conscientizam dos benefícios ao meio ambiente resultantes da melhoria do seu desempenho pessoal.

c) Comunicação: é realizada a comunicação interna (ativa) entre os diferentes níveis e funções e a comunicação externa (passiva) através das partes interessadas. Considera-se os processos de comunicação externa sobre seus impactos ambientais significativos e registra-se as decisões tomadas.

d) Documentação do SGA: todas as informações que descrevem os elementos do SGA e suas interações, devem estar documentadas em papel ou em meio eletrônico.

e) Controle de documentos: são estabelecidos e mantidos procedimentos para que haja controle de todos os documentos exigidos pela norma, assegurando sua fácil localização, análise e revisão por pessoal autorizado.

f) Controle operacional: é realizada a identificação das operações e atividades associadas aos impactos ambientais significativos, e estabelecidos procedimentos conforme sua política e atendimento dos objetivos e metas.

g) Preparação e atendimento à emergências: o estabelecimento e manutenção de procedimentos que identificam o potencial e atendam a acidentes e situações de emergência, prevenindo e mitigando os impactos ambientais prováveis de estarem associados a eles.

A verificação e a ação corretiva é composta por monitoramento e medições periódicas das operações e atividades que possam provocar impactos, tudo sendo devidamente registrado e documentado:

a) Monitoramento e medição: as características principais das operações e atividades que possam causar impacto significativo sobre o meio ambiente são monitoradas e medidas periodicamente, sendo avaliado o atendimento à legislação e regulamentos ambientais pertinentes.

b) Não-conformidade e ações corretiva e preventiva: são investigadas as não-conformidades e definidos os responsáveis e autoridades, adotando medidas que possam mitigar quaisquer impactos direcionando as ações corretivas e preventivas.

c) Registros: todos os procedimentos realizados deverão ser documentados de forma que facilite a identificação, manutenção e avaliação periódica, devendo ser legíveis e protegidas contra deterioração.

O sucesso de um SGA depende da avaliação de significância, que por isso recebe atenção especial em todas as etapas, uma vez que a partir dela que desencadeia todas as outras etapas subsequentes.

Após implantadas todas as etapas, parte-se para a auditoria do Sistema de Gestão Ambiental, verificando o cumprimento das disposições planejadas e de todos os requisitos da norma. Periodicamente é realizada análise crítica pela administração, assegurando adequação e eficácia contínua do sistema de gestão ambiental.

As indústrias inevitavelmente interagem com o meio ambiente por diversos meios gerando impactos ambientais e a norma ABNT/ ISO 14001 tem justamente o objetivo de fornecer ferramentas necessárias para que as empresas possam identificar seus impactos ambientais significativos e criar mecanismos para controlá-los, reduzi-los ou eliminá-los permitindo uma convivência tolerante entre o crescimento econômico e a preservação e conservação ambiental.

---

## **CAPÍTULO II - O FMEA ADAPTADO: 4 CASOS EM DIFERENTES SEGMENTOS**

O método FMEA envolve um levantamento de aspectos e impactos ambientais efetuado nas atividades, produtos e serviços seguido de sua avaliação de significância, tendo como objetivo, definir critérios e procedimentos para:

- 1) caracterizar atividades, produtos e serviços da organização;
- 2) identificar, classificar e codificar os aspectos ambientais inerentes a cada atividade, produto ou serviço;
- 3) identificar, classificar, codificar e avaliar os impactos ambientais resultantes de cada aspecto ambiental;
- 4) priorizar os impactos ambientais significativos.

Adiante serão apresentadas 5 adaptações conceituais de FMEA realizadas pelas empresas Alcoa Fujikura Ltda. (AFL) do Brasil, Odebrecht, Estação de Tratamento de Água (ETA) do Município de Jaguariúna, Ultrafertil e Alcoa Fábrica de Alumínio (FA).

### **II.1 Caso da AFL do Brasil**

A AFL do Brasil, uma unidade da AFL Automotive da Alcoa, localizada em Itajubá, no Estado de Minas Gerais, atua na produção de chicotes elétricos, denomina o método como EFMEA (*Environmental FMEA*). É um método analítico utilizado com a finalidade de assegurar que os modos de falha potenciais e suas causas/mecanismos sejam avaliados, tendo como objetivo principal estabelecer uma sistemática para análise preventiva de modos de falhas e estabelecer processos e procedimentos a fim de evitá-las. O EFMEA é utilizado para:

- identificar os modos de falhas potenciais relacionados ao meio ambiente;
- avaliar os efeitos potenciais da falha ao meio ambiente;
- identificar as causas potenciais de falhas ao meio ambiente e as variáveis que deverão ser controladas para redução da ocorrência ou melhoria da eficácia da detecção das falhas;
- classificar modos de falhas potenciais, estabelecendo assim um sistema de priorização para a tomada das ações corretivas;

- documentar os resultados ambientais.

O QUADRO 2.1 demonstra como foi adaptado e aplicado o método, através do roteiro elaborado pela AFL (2001).

1. EFMEA Número: preenchimento do número do documento da EFMEA, o qual pode ser utilizado para rastreabilidade.
2. Item: indicação do processo que está sendo analisado.
3. Preparado por: preenchimento do nome do engenheiro responsável pela EFMEA.
4. Data EFMEA: data em que a EFMEA inicial foi compilada e a data de sua última revisão.
5. Equipe: é realizada uma lista dos nomes e departamentos dos indivíduos responsáveis que tem a autoridade para identificar e/ou realizar tarefas.
6. Processo (Aspectos): descrição simplificada do processo.
7. Tipo de Falha Potencial: é definido como a maneira pela qual o processo poderia potencialmente gerar impactos e falhar em atender os requisitos de processo para o controle ambiental. É a descrição de uma não conformidade nesta operação específica. É assumido que a falha pode acontecer, mas não que necessariamente vai ocorrer.
8. Efeito da Falha em Potencial (Impacto): é definido como o efeito do modo de falha com as partes interessadas (clientes), que neste contexto pode ser a próxima operação ou operações subsequentes.

QUADRO 2.1: FMEA adaptado pela AFL do Brasil

|                                                                |                  |
|----------------------------------------------------------------|------------------|
| SISTEMA DE GESTÃO DE SAÚDE, SEGURANÇA E M.A.                   | Documento N° (1) |
| ÁREA EMITENTE: DEP. SEGURANÇA / MEIO AMBIENTE                  |                  |
| DOCUMENTO: Análise de Modo e Efeito da Falha Ambiental – EFMEA | Pág.:            |

| Item (2)                | Equipe: (5)                    |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     | Preparado por: (3)                                      |                    |                       |                       |                       |            |  |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|---------|----------------------------------|----------|---------------------|----------|-----------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|--|
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     | Original:                                               |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         | EFMEA # (1)                    |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     | Data de Revisão: (4)                                    |                    |                       |                       |                       |            |  |
| Processo (Aspectos) (6) | Tipo de Falha em Potencial (7) | Efeito da Falha em Potencial (Impacto) (8) | SEV (9) | Causa da Falha em Potencial (10) | OCO (11) | Controle Atual (12) | DET (13) | NPRA (14) | Plano de Reação (15) | Ações Preventivas Recomendadas (16) | Área/Indivíduo Responsável e data de Implementação (17) | Ações Tomadas (18) | S<br>E<br>V<br>1<br>9 | O<br>C<br>O<br>1<br>9 | D<br>E<br>T<br>1<br>9 | NPRAR (20) |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |
|                         |                                |                                            |         |                                  |          |                     |          |           |                      |                                     |                                                         |                    |                       |                       |                       |            |  |

SEV: Severidade; OCO: Ocorrência; DET: Detecção; NPRA: Número de Prioridade de Risco Ambiental.

FONTE:AFL(2001)

9. Severidade (Sev): é uma avaliação da seriedade do efeito do modo de falha potencial para as partes interessadas e para o processo. A severidade se aplica somente ao efeito. É estimada em uma escala de 1 a 10, conforme QUADRO 2.2.

QUADRO 2.2: Critérios de avaliação para severidade

| Efeito                    | Critério: Severidade                                                                                                                                                                                                                                       | Índice de Severidade |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Perigoso sem aviso prévio | Pode pôr em risco as partes interessadas. Pontuação muito alta de severidade: quando um modo de efeito de falha potencial for um impacto irreversível ou envolver discordância com leis governamentais sem aviso prévio. As falhas irão ocorrer sem aviso. | 10                   |
| Perigoso com aviso prévio | Pode pôr em perigo as partes interessadas. Pontuação muito alta de severidade: quando um modo de efeito de falha potencial for um impacto irreversível ou envolve a não concordância com leis governamentais conhecidas. As falhas irão ocorrer com aviso. | 9                    |
| Muito alto                | Perda da função primária e não atende a legislação. Partes interessadas muito insatisfeitas.                                                                                                                                                               | 8                    |
| Alto                      | Perda da função primária ambiental e com redução do nível de desempenho. Partes interessadas insatisfeitas e não atendem à legislação.                                                                                                                     | 7                    |
| Moderado                  | Perda da função primária e atende à legislação. Partes interessadas insatisfeitas.                                                                                                                                                                         | 6                    |
| Baixo                     | Sem perda da função primária, mas atende totalmente à legislação.                                                                                                                                                                                          | 5                    |
| Muito baixo               | Impacto moderado, atende à legislação e a primária é ameaçada.                                                                                                                                                                                             | 4                    |
| Menor                     | O impacto avaliado é pequeno, não está em conformidade, requer estudo ambiental, foi detectado na empresa e houve grande reclamação da população.                                                                                                          | 3                    |
| Muito menor               | O impacto avaliado é pequeno, não está em conformidade, requer estudo ambiental, foi detectado na empresa e houve pouca reclamação da população.                                                                                                           | 2                    |
| Nenhum                    | Nenhum efeito                                                                                                                                                                                                                                              | 1                    |

FONTE: AFL (2001).

10. Causa da Falha em Potencial: é definida como a forma pela qual a falha poderia ocorrer, para que possa ser corrigido ou controlado. É realizada uma lista de cada causa de falha concebível assinalada para cada modo de falha potencial.
11. Ocorrência (OCO): é a probabilidade de um mecanismo/ causa específico, vir a ocorrer. É estimada em uma escala de 1 a 10, conforme QUADRO 2.3.

QUADRO 2.3: Critérios de avaliação para probabilidade de ocorrência.

| Probabilidade de Falha                                                                                                                                                                 | Taxas de falha possíveis                   | Índice de Ocorrência |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
| Muito alta: o aspecto e seu impacto são inevitáveis, de forma elevada e irreversível ;<br>Muito alta: o aspecto e seus impactos são quase inevitáveis e ocorrem de forma irreversível. | Qualquer ocorrência                        | 10                   |
|                                                                                                                                                                                        | Ocorre com alta frequência                 | 9                    |
| Alta: aspectos (falhas) repetitivos, gerando impactos de elevada intensidade;                                                                                                          | Ocorre com frequência de alta a moderada   | 8                    |
| Alta: aspectos cíclicos, de elevado impacto ocorrendo de forma periódica.                                                                                                              | Ocorre com frequência de alta a moderada.  | 7                    |
| Moderada: aspectos ocasionais, gerando impactos de média intensidade;                                                                                                                  | Ocorre ocasionalmente                      | 6                    |
|                                                                                                                                                                                        | Ocorre com frequência moderada             | 5                    |
| Médio impacto: aspectos cíclicos gerando impactos de média intensidade;                                                                                                                | Ocorre ocasionalmente, poucas vezes        | 4                    |
| Baixo impacto: aspectos cíclicos gerando impactos de baixa intensidade.                                                                                                                |                                            |                      |
| Baixa: muitos aspectos com baixos impactos                                                                                                                                             | Ocorre poucas vezes                        | 3                    |
| Muito baixa: poucos aspectos com baixos impactos                                                                                                                                       | Difícil de ocorrer, frequência muito baixa | 2                    |
| Remota: aspectos incomuns e impactos improváveis de ocorrerem                                                                                                                          | Não ocorre                                 | 1                    |

FONTE: AFL (2001).

12. Controle Atual: é a descrição do que pode detectar ou prevenir na medida do possível a ocorrência do modo de falha.

13. Detecção (DET): é uma avaliação da probabilidade em que o controle de processo detectará os modos de falha subsequentes, antes que o impacto seja gerado. Uma escala de 1 a 10 é utilizada, conforme QUADRO 2.4. Deve-se assumir que a falha ocorreu e, então, avaliar a eficácia dos Controles Atuais do Processo para prevenir o impacto ambiental que tenha este modo de falha ou defeito.

QUADRO 2.4: Critérios de avaliação para detecção

| Detecção, Controle e Monitoramento ambiental | Critério: Existência da probabilidade de um aspecto e seu impacto ser detectado pelos controles de processo antes ou depois do processo subsequente, ou do término da fabricação ou disposição dos resíduos/efluentes | Pontuação |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Quase impossível                             | Não conhecido(s) controle(s) disponível(is) para detectar o modo de falha.                                                                                                                                            | 10        |
| Muito remota                                 | Probabilidade muito remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                            | 9         |
| Remota                                       | Probabilidade remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                                  | 8         |
| Muito baixa                                  | Probabilidade muito baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                             | 7         |
| Baixa                                        | Probabilidade baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                                   | 6         |
| Moderada                                     | Probabilidade moderada de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                                | 5         |
| Moderadamente alta                           | Probabilidade moderadamente alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                      | 4         |
| Alta                                         | Probabilidade alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                                    | 3         |
| Muito alta                                   | Probabilidade muito alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                                                                                                                              | 2         |
| Quase certamente                             | Controle(s) atual(is) quase certamente irá detectar o modo de falha. A confiança nos controles de detecção são conhecidos em processos similares.                                                                     | 1         |

FONTE: AFL (2001).

14. Número de Prioridade de Risco Ambiental (NPRA): é o produto dos índices de Severidade (Sev), Ocorrência (Oco) e Detecção (Det), ou seja,  $NPR = (Sev) \times (Oco) \times (Det)$ . Para a AFL, NPRA alto significa um valor maior ou igual a 70, que serão considerados aspectos significativos. De uma forma geral é dada atenção especial para Severidade alta (maior ou igual a 7).

15. Plano de Reação: determinação das medidas imediatas a serem tomadas pelos executores de tarefas em relação àquelas que impactam o meio ambiente em todas as áreas da fábrica.

16. Ações Preventivas Recomendadas: para NPRA maior ou igual a 70, são propostas e tomadas ações corretivas/ preventivas.

17. Área/ Indivíduo responsável e data de implementação: preenchimento com a empresa/ área e indivíduo responsável pela ação recomendada com o respectivo prazo para execução.

18. Ações Tomadas: após uma ação ter sido implementada, colocar uma breve descrição da mesma e a data de sua efetivação.
19. Severidade, ocorrência e detecção: após a ação corretiva ter sido identificada, estimar e registrar os índices resultantes de severidade, ocorrência e detecção.
20. NPRA R (Número de Prioridade de Risco Ambiental Resultante): calcular e registrar o NPRA R (Resultante). Todos NPRAs devem ser analisados criticamente e se ações adicionais forem consideradas necessárias, repetir os itens 17 a 20.

Este caso é muito semelhante ao FMEA original, pois adota os mesmos critérios, até os valores para avaliação de severidade, ocorrência e detecção são os mesmos, ou seja, são estimados em valores de 1 a 10. Para a avaliação completa da eficiência deste método é necessário retomar a avaliação depois de um período determinado para registrar as ações tomadas e reavaliar a severidade, ocorrência e detecção.

## **II.2 Caso da Odebrecht**

A Odebrecht, localizada no Estado de São Paulo, utiliza conceitos do FMEA baseando-se na identificação de “possíveis ocorrências” de eventos indesejáveis e se, caso eles ocorram, poderão ou não gerar algum tipo de problema ao meio ambiente, podendo ser usado tanto para situação presente, como passada ou futura. Tem como objetivo sistematizar a identificação preliminar de aspectos e impactos ao meio ambiente, com foco preventivo, envolvendo processos, atividades, produtos e serviços, inclusive instalações, que possam interferir no meio ambiente.

A sistemática de avaliação do QUADRO 2.5 segue roteiro da ODEBRECHT (2001).

## QUADRO 2.5: FMEA adaptado pela Odebrecht

ÁREA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_ APROVAÇÃO: \_\_\_\_\_ Número \_\_\_\_\_ Revisão \_\_\_\_\_ folha nº/ total de folhas  
 PROCESSOS, ATIVIDADE, PRODUTO OU SERVIÇO: (1) \_\_\_\_\_ ELABORAÇÃO: \_\_\_\_\_  
 ( ) PRESENTE  
 ( ) PASSADO  
 ( ) FUTURO

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS    |             |                                                  |             |                                                   |             |             | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS    |              |            |             |             | COMENTÁRIOS<br>(incluir EPIs/EPCs)<br>(incluir Legislação) (14) |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|--------------|------------|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|
| DESCRIÇÃO<br>DO<br>ASPECTO<br>(2) | C<br>R<br>3 | PROVÁVEL<br>CAUSA<br>REAL OU<br>POTENCIAL<br>(4) | O<br>C<br>5 | CONTROLES<br>SOBRE A<br>CAUSA E<br>ASPECTO<br>(6) | D<br>T<br>7 | P<br>O<br>8 | DESCRIÇÃO<br>DO<br>IMPACTO<br>(9) | TIPO<br>(10) | SV<br>(11) | NPC<br>(12) | NPR<br>(13) |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |
|                                   |             |                                                  |             |                                                   |             |             |                                   |              |            |             |             |                                                                 |

CR: Característica Crítica (S/N); OC: Probabilidade da Ocorrência da Causa (Alta:10; Moderada:4; Baixa:1); Detecção do controle na causa e no aspecto (Remota:10; Moderada:4; Alta:1); PO: Potencial de ocorrência do aspecto não controlado (OC x DT); SV: Severidade do Impacto (Grave:10; Moderada:4; Leve:1); NPC: Número de Prioridade de Controle (Maior OC x SV); NPR: Número de Prioridade de Risco (Maior PO x SV)

FONTE: ODEBRECHT ( 2001).

1. Processos, atividade, produto ou serviço: identificação do que está sendo analisado.
2. Descrição do aspecto: identificação dos aspectos.
3. Criticidade (CR): constatação da existência ou não de característica crítica .
4. Provável causa real ou potencial: identificação das prováveis causas reais ou potenciais dos aspectos. As causas podem envolver o método (procedimento), a mão-de-obra (falha causada pelo homem), matéria-prima (entrada do processo), máquina (equipamento, instrumento) e meio ambiente (condições de trabalho, *lay-out*, etc).
5. Ocorrência (OC): análise da probabilidade de ocorrência da causa, devendo abstrair dos possíveis controles existentes para qualificar a “probabilidade” de ocorrência, sob pena de subavaliá-la. É estimada em alta (10), moderada (4) e baixa (1), conforme QUADRO 2.6.

QUADRO 2.6: Critérios de avaliação para ocorrência

|              | Processo contínuo                                   | Processo batelada                                                                              | Situações emergenciais                                                |
|--------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Alta (10)    | É provável que ocorra sempre ou até 180 dias do ano | É provável que ocorra em mais de uma a cada duas operações.                                    | Há risco de acontecer mais de uma vez por ano.                        |
| Moderada (4) | É provável que ocorra entre 197 e 4 dias do ano     | É provável que ocorra entre uma vez a cada cem operações e uma vez e uma a cada cem operações. | Há risco de acontecer de uma vez por ano a uma vez a cada cinco anos. |
| Baixa (1)    | É provável que ocorra menos de quatro dias no ano   | É provável que ocorra em menos de uma vez a cada cem operações.                                | Há risco de acontecer menos de uma vez a cada cinco anos.             |

FONTE: ODEBRECHT (2001).

6. Controles sobre a causa e aspecto: identificação dos controles sobre a causa e aspecto. São considerados controles: instalações, equipamentos, instrumentos ou procedimentos/instruções que objetivam controlar os aspectos ou suas causas de forma a minimizar sua ocorrência.
7. Detecção (DT): verifica a eficácia de um controle. É estimada em remota quando não existem controles ou os controles existentes não são eficazes para detectar o aspecto e/ou sua causa (10), moderada quando houver probabilidade moderada de que os controles existentes detectem os aspectos e/ou sua causa (4) e alta quando o controle for eficaz para detectar o aspecto e/ou a causa (1).

8. Potencial de ocorrência (PO): é calculado através da ocorrência e detecção (OC x DT).
9. Descrição do impacto: identificação dos prováveis impactos para cada aspecto;
10. Tipo: elementos da natureza que são afetados, por exemplo, atmosfera, solo, água, recursos naturais, entre outros.
11. Severidade (SV): a análise da severidade do impacto considera política integrada, legislação aplicável e partes interessadas. É estimada em grave quando há grande possibilidade de danos ao meio ambiente com atingimento externo e grande possibilidade de não atendimento à legislação (10), moderada quando existir possibilidade de dano ambiental atingindo apenas áreas internas da empresa (4) e leve quando existir a possibilidade de danos leves ou inexistentes ao meio ambiente (1).
- 
12. Número de prioridade de controle (NPC): é utilizada uma escala de 1 a 100, que indica quão importante é o controle dos aspectos/ causas dos impactos do processo, atividade, produto ou serviço analisado, considerando a severidade do impacto e a probabilidade da ocorrência das causas do aspecto gerador. O NPC deve ser estimado da seguinte maneira: para cada aspecto, selecionar a pior causa (maior OC); calcular para cada impacto do aspecto em análise o NPC, sendo  $NPC = \text{Maior OC} \times SV$ .
13. Número de prioridade de risco (NPR): é utilizada uma escala de 1 a 1000, que indica o nível de risco envolvido no processo, atividade, produto ou serviço analisado, considerando a severidade do impacto, a probabilidade da ocorrência das causas do aspecto gerador e a eficácia do controle nas causas e/ou no aspecto. Para cada aspecto, selecionar o pior potencial de ocorrência (maior PO), ou seja, a pior situação de ocorrência do aspecto fora de controle. O cálculo para cada impacto do aspecto em análise é realizado da seguinte forma:  $NPR = \text{Maior PO} \times SV$ .
14. Comentários: inclusão de qualquer tipo de comentário que se achar necessário sobre EPIs, EPCs, Legislação, entre outros.

O aspecto significativo é definido como aquele que obtiver NPC (Número de Prioridade de Controle) maior ou igual a 40 e/ou NPR (Número de Prioridade de Risco) maior ou igual a 160. O aspecto significativo tem ou pode ter um impacto significativo, exigindo um controle definido. Os impactos significativos são aqueles gerados por aspectos críticos ( $NPR \geq 160$ ), relevantes ao

negócio da empresa e ao atendimento da Política de Qualidade, Meio Ambiente, Saúde e Segurança,  $NPC \geq 40$  e/ou  $NPR \geq 160$ .

Nesta adaptação do método são utilizados para avaliação de severidade, ocorrência e detecção os valores 10, 4 e 1. São determinados 2 valores para avaliar a significância dos impactos, NPC e NPR. Para cada atividade é utilizado um quadro.

### **II.3 Caso da ETA de Jaguariúna**

Na Estação de Tratamento de Água (ETA) do Município de Jaguariúna, localizada no Estado de São Paulo, para aplicação do FMEA foram utilizados critérios para identificação e avaliação dos impactos para posterior determinação da significância, como demonstra o QUADRO 2.7.

Após relacionados a atividade/produto ou serviço, seus aspectos e impactos associados, os impactos são caracterizados detalhadamente, seguindo o roteiro de R.B. CONSULTORIA (2001):

1. Meio Ambiente (MA): circunvizinhança em que a organização opera incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações. Sendo simbolizado por: A – Água; B – Atmosfera; S – Solo; H – Homem; F – Flora e Fauna; O – Outro.
2. Incidência (I): identifica se o impacto ambiental está sob responsabilidade da organização ou de terceiros sobre o qual a organização tenha influência, sendo: D – Direta (sob a responsabilidade da organização); I – Indireta (sob a responsabilidade de um terceiro sobre o qual a organização tenha influência).
3. Situação (S): identifica a situação quando é gerado o impacto ambiental, sendo classificada em: N – Normal (a atividade acontece nas condições planejadas); A – Anormal (a atividade acontece em condições diferentes das planejadas); R - de Risco/ Emergência (a atividade acontece em condições que gerem risco ambiental).

QUADRO 2.7: FMEA adaptado pela ETA de Jaguariúna

| Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          | Área:      |           |            |            | Código:  |  |
|------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|------------|------------|----------|--|
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            | Revisão: |  |
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            | Data:    |  |
| Atividade/<br>Produto ou<br>Serviço      | Aspecto Ambiental | Impacto Ambiental | MA<br>(1) | I<br>(2) | S<br>(3) | C<br>(4) | T<br>(5) | P<br>(6) | PE<br>(7) | CR<br>(8) | M<br>(9) | CT<br>(10) | R<br>(11) | NS<br>(12) | LA<br>(13) |          |  |
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            |          |  |
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            |          |  |
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            |          |  |
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            |          |  |
|                                          |                   |                   |           |          |          |          |          |          |           |           |          |            |           |            |            |          |  |

MA: Meio Ambiente; I: Incidência; S: Situação; C: Caráter; T: Temporalidade; P: Probabilidade de Ocorrência; PE: Permanência de Efeitos; CR: Criticidade;  
M: Magnitude; CR: Categoria de Importância; R: Regulamentação; NS: Nível de Significância; LA: Legislação Aplicável.

FONTE: R.B. CONSULTORIA (2001).

4. Caráter (C): indica se o resultado do impacto ambiental é benéfico ou adverso sobre o meio ambiente, sendo: B – Benéfico (os efeitos são benéficos sobre o meio ambiente); A – Adverso (os efeitos são adversos sobre o meio ambiente).

5. Temporalidade (T): indica a fase temporal em que ocorre o impacto ambiental, sendo representado por: A – Atual/ Presente (o impacto ambiental acontece no presente); P – Passado (o impacto ambiental aconteceu e perdura até o presente); F – Futuro (o impacto ambiental poderá acontecer no futuro).

6. Probabilidade de Ocorrência (P): classifica a frequência ou probabilidade que ocorre o impacto ambiental em: C – Contínua (se for de caráter ininterrupto); P – Periódica (se ocorre mais de uma vez ao mês); E – Esporádica (se ocorre uma ou mais vezes ao ano); R – Rara (se ocorre menos de uma vez ao ano).

---

7. Permanência de Efeitos (PE): classifica o resultado do impacto ambiental quanto a reversibilidade do dano ou constância de benefícios.

a) A – Alta: se resulta em um dano irreparável (impacto adverso) ou benefício permanente (benéfico) ao meio ambiente;

b) M – Média: se resulta em dano reparável (impacto adverso) ou benefício de médio prazo (benéfico) ao meio ambiente;

c) B – Baixa: se é possível a auto-recuperação (impacto adverso) do meio ambiente ou se este tem um benefício de curto prazo (benéfico);

d) I – Insignificante: se resulta de um dano não percebido (impacto adverso) ou benefício de curta duração (benéfico) ao meio ambiente.

8. Criticidade (CR): determinada através da combinação entre a Probabilidade de Ocorrência e a Permanência dos Efeitos, conforme indicado na QUADRO 2.8, onde, C = crítica; M = moderada; D = desprezível.

QUADRO 2.8: Criticidade

| CRITICIDADE (CR) |   |   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|
| P / PE           | A | M | B | I |
| C                | C | C | M | D |
| P                | C | M | M | D |
| E                | M | M | D | D |
| R                | M | D | D | D |

FONTE: R.B. Consultoria (2001)

9. Magnitude (M): classificação de acordo com a abrangência da área afetada pelo impacto ambiental, sendo, 1 – Global (se tem abrangência nacional ou internacional); 2 – Regional (se tem abrangência municipal); 3 – Local (se tem abrangência restrita aos limites da Organização, da cerca para dentro); 4 – Pontual (se tem abrangência interna, área de ocorrência da atividade).

10. Categoria de Importância (CT): determinada pela combinação da magnitude (M) com a criticidade (CR) do impacto ambiental, conforme QUADRO 2.9, onde A = muito importante; B = importante; C = importância moderada; D = pouco importante.

QUADRO 2.9: Categoria de Importância

| CATEGORIA (CT) |   |   |   |   |
|----------------|---|---|---|---|
| CR / M         | 1 | 2 | 3 | 4 |
| C              | A | A | A | B |
| M              | B | B | B | C |
|                |   |   |   |   |
| D              | B | C | C | D |

FONTE: R.B. Consultoria (2001)

11. Regulamentação (R): classificada em 1 – Legislação (se está relacionada à legislação, códigos de práticas aplicáveis à indústria, acordos com autoridades públicas ou não regulamentar); 2 – Política Ambiental (se está relacionada a Política Ambiental ou normas da Organização).

12. Nível de Significância (NS): Determinada pela combinação da categoria (CT), com a Regulamentação (R), conforme QUADRO 2.10, sendo que, 1 = Alta significância; 2 = Média significância; 3 = Baixa significância.

QUADRO 2.10: Nível de Significância

| R/CT | A | B | C | D |
|------|---|---|---|---|
| 1    | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2    | 2 | 2 | 2 | 3 |

FONTE: R.B. Consultoria (2001).

13. Legislação Aplicável (LA): Indicar qual legislação é aplicável.

Este método é o mais simplificado de todos. Faz uma caracterização do impacto, não entre em detalhes sobre o processo, não questiona como ocorreu a falha, qual será o controle, as ações que serão recomendadas. O “trio” utilizado para avaliação dos impactos nos outros métodos (severidade, ocorrência e detecção), foi reduzido neste caso, restando apenas a ocorrência, sendo classificada em 4 níveis: contínua, periódica, esporádica e rara. A severidade pode ser comparada à permanência dos efeitos.

#### II.4 Caso da ULTRAFÉRTIL

Na Ultrafertil, unidade localizada em Catalão, estado de Goiás, é evidente a influência do FMEA no método para avaliação de impactos ambientais. Como pode-se observar no QUADRO 2.11, esta adaptação não utiliza como critério Detecção, e a Ocorrência é substituída por Frequência/Probabilidade, levando em consideração a Situação Operacional (Normal, Anormal ou Situação de Emergência). O roteiro apresentado pela ULTRAFÉRTIL (2001) para preenchimento do QUADRO 2.11, está apresentado em seguida:

QUADRO 2.11: FMEA adaptado pela Ultrafertil

| Planilha de Identificação de Aspectos e Impactos Ambientais |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|--|
| Empresa (1):                                                |             |             |            | Unidade de negócio (2): |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   | Data:                    |                                                             |                  |  |
| Setor / Área (3):                                           |             |             |            | Processo (4):           |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   | Revisão:                 |                                                             |                  |  |
| Identificação                                               |             |             |            |                         |                     |                          | Avaliação do Impacto |                               |                    |                    | Avaliação da Significância |                          |                   |                          | Gerenciamento dos Impactos (Proced./Sist. de Controle) (20) | Comentários (21) |  |
| Atividade (5)                                               | Aspecto (6) | Impacto (7) | Agente (8) | Situação – N/A/E (9)    | Incidência D/I (10) | Temporalidade A/P/F (11) | Severidade (S) (12)  | Frequência (F)/ Prob (P) (13) | Import= (S+F) (14) | Risco = (S+P) (15) | Legislação (16)            | Partes Interessadas (17) | I>=8 ou R>=5 (18) | Significativo (S/N) (19) |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
|                                                             |             |             |            |                         |                     |                          |                      |                               |                    |                    |                            |                          |                   |                          |                                                             |                  |  |
| Responsável pela Identificação:                             |             |             |            |                         |                     |                          | Matrícula:           |                               |                    |                    | Visto:                     |                          |                   |                          | Data: / /                                                   |                  |  |
| Responsável pela Avaliação:                                 |             |             |            |                         |                     |                          | Matrícula:           |                               |                    |                    | Visto:                     |                          |                   |                          | Data: / /                                                   |                  |  |
| Análise de significância pelo coord. de Meio Amb.:          |             |             |            |                         |                     |                          | Matrícula:           |                               |                    |                    | Visto:                     |                          |                   |                          | Data: / /                                                   |                  |  |

Situação N/A/E: Situação Normal/ Anormal/ Emergência; Incidência D/I: Incidência Direta/ Indireta; Temporalidade A/P/F: Temporalidade Atual/ Passada/ Futura; Prob: Probabilidade; Import= (S+F): Importância= (Severidade+ Frequência); Risco=(S+P): Risco=(Severidade+Probabilidade); I: Importância; R: Risco; Significativo (S/N): Significativo (Sim/ Não).

FONTE: ULTRAFERTIL ( 2001).

1 a 4: preenchimento do cabeçalho da planilha.

5. Atividade: identificação dos processos, serviços e atividades dos setores/ áreas. É a seleção dos processos e atividades desenvolvidas em seus setores/áreas. São relacionados conforme seqüência do processo, todas as atividades, operações, produtos e serviços realizados nos seus setores/áreas que geram ou possam gerar aspectos ambientais.

6. Aspecto: identificação dos aspectos ambientais. Para cada atividade do processo, produto ou serviço em análise, devem ser identificados os aspectos ambientais relacionados.

7. Impacto: identificação dos impactos ao meio ambiente. Para cada aspecto identificado na etapa anterior, devem ser identificados os seus respectivos impactos associados, ou seja, as conseqüências decorrentes dos referidos aspectos.

8. Agente: identificação do agente. É relacionado na planilha o agente, ou seja, a(s) substância(s) que causa(m) o impacto ambiental.

9. Situação Operacional: os aspectos de meio ambiente deverão abranger as seguintes situações em que ocorrem ou podem ocorrer:

a) Normal (N): considerando como normal todas as situações relacionadas a impactos ambientais para as atividades rotineiras/ regulares de funcionamento do processo, atividade, produto ou serviço.

b) Anormal (A): envolvendo as situações relacionadas a impactos ambientais para atividades não-rotineiras, como paradas e partidas programadas, testes, manutenções para o funcionamento do processo.

c) Situação de Emergência (E): associado à situações de emergências ou potenciais de emergência, ou seja, são aspectos que não deveriam ocorrer durante a execução da atividade na condição normal e anormal.

10. Incidência:

a) Direta (D): o aspecto está associado à atividade sob o controle da empresa.

b) Indireta (I): o aspecto está associado à atividade de fornecedores, prestadores de serviço e clientes, fora ambiente de responsabilidade da unidade ou mesmo por clientes, mas sobre as quais a unidade pode exercer influência.

#### 11. Temporalidade:

a) Passada (P): impacto identificado no presente, porém decorrente de atividade desenvolvida no passado.

b) Atual (A): impacto decorrente de atividade atual.

c) Futura (F): impacto previsto, decorrente de alterações nas atividades a serem implementadas no futuro (novos projetos).

12. Severidade (S): a Severidade representa a magnitude ou a gravidade do impacto, considerando ainda a sua abrangência espacial e reversibilidade. É estimada em baixa (1), moderada (3) e alta (4), conforme QUADRO 2.12.

QUADRO 2.12: Severidade

| GRAU | SEVERIDADE | CARACTERÍSTICA                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                               |
|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | CATEGORIA  | SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIAS COM POTENCIAL PARA CAUSAR:                                                                                                       | PARA SITUAÇÕES NORMAIS E ANORMAIS:                                                                                                                                                            |
| 1    | Baixa      | Impacto ambiental de magnitude desprezível com ações de controle e mitigação                                                                              | Nenhum ou pequeno impacto sobre o meio ambiente, com ações de controle se necessário                                                                                                          |
| 3    | Moderada   | Degradação ambiental reversível; Incômodo a comunidade interna; Falha que irá degradar o sistema numa certa extensão, porém sem comprometê-lo seriamente. | Impacto sobre o meio ambiente com custo de remediação moderado ou impactos ao meio ambiente que seja controlável e/ou recuperável. Possibilidade de gerar reclamações de partes interessadas. |
| 4    | Alta       | Degradação ambiental com tempo de recuperação elevado; danos a imagem da organização; incômodo a comunidade externa.                                      | Alteração grave no meio ambiente com custo elevado de remediação. Possibilidade de gerar reclamações de partes interessadas.                                                                  |

FONTE: ULTRAFÉRTIL (2001).

13. Frequência(F)/ Probabilidade(P): a Frequência(F) é associada ao aspecto de situação Normal e a Probabilidade é associada ao aspecto de situação de Emergência, estimada conforme QUADROS 2.13 e 2.14.

QUADRO 2.13: Critérios de avaliação para frequência em situação normal/anormal

| FREQÜÊNCIA | DESCRIÇÃO                                       | PONTOS |
|------------|-------------------------------------------------|--------|
| Improvável | Ocorrência é muito próxima de zero.             | 1      |
| Remota     | Ocorre ao menos uma vez na vida da organização. | 2      |
| Ocasional  | Ocorre ao menos uma vez a cada cinco anos.      | 3      |
| Provável   | Ocorre várias vezes ao ano.                     | 4      |
| Frequente  | Ocorrência permanente (sempre ocorre).          | 5      |

FONTE: ULTRAFÉRTIL (2001).

QUADRO 2.14: Critérios de avaliação para probabilidade em situação de emergência

| PROBABILIDADE | DESCRIÇÃO                                                         | PONTOS |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|--------|
| Improvável    | Probabilidade de ocorrer é muito próxima de zero.                 | 1      |
| Remota        | Probabilidade de ocorrer ao menos uma vez na vida da organização. | 2      |
| Ocasional     | Probabilidade de ocorrer ao menos uma vez a cada cinco anos.      | 3      |
| Provável      | Probabilidade de ocorrer várias vezes ao ano.                     | 4      |

FONTE: ULTRAFÉRTIL (2001).

14. Importância (I): sua pontuação é definida pela soma dos pontos registrados nas colunas Severidade e Frequência.

15. Risco (R): é definido pela soma dos pontos registrados nas colunas Severidade e Probabilidade.

16. Legislação e Outros Requisitos: quando incidir alguma regulamentação federal, estadual, municipal, ou outro requisito sobre o aspecto e impacto associados. Se este filtro for aplicável, é indicado sim na coluna.

17. Partes Interessadas: quando houver demanda registrada e aplicável de partes interessadas que normalmente incluem organismos governamentais e não governamentais, acionistas, investidores, empregados, clientes, circunvizinhança e público em geral. Por exemplo: reclamações formais sobre odores, oriunda da comunidade, ou ainda, aspectos considerados significativos devido à sua importância regional. Indicar sim ou não na coluna conforme existência de fatos registrados.

18. Importância, Risco: a Importância (I) ou o Risco (R) são avaliados pela composição de fatores, levando-se em consideração a Severidade (S) do impacto e a Frequência (F), quando a situação for normal ou Probabilidade (P), quando a situação for de emergência. Desta forma,  $I = S + F$  ou  $R = S + P$ . Impactos avaliados com Importância igual ou superior a 8 e Risco associado maior ou igual a 5 são avaliados como significativos.

19. Significativo: determinação da significância. Se ocorrer uma ou mais resposta positiva na aplicação dos Filtros de Significância, o impacto será considerado significativo, sendo indicado esta condição com “S” (Significativo) e caso contrário, com “N” (Não Significativo).

20. Gerenciamento dos Impactos Significativos: os impactos ambientais identificados como significativos serão levados em consideração quando forem definidos os objetivos e metas da empresa. Para cada tipo de situação operacional (conforme item 9), serão indicados diferentes controles, tais como:

a) Situação Normal ou Anormal: para o conjunto aspectos – impactos deverão ser definidos controles operacionais, tais como, procedimentos; ações de bloqueio; objetivos, metas e programas; instrumento ou equipamento de controle.

b) Situações de emergência: para o conjunto aspectos – impactos que apresente severidade igual a 4 deverão ser previstas ações/medidas mitigadoras em um plano de contingência. Para a severidade que apresentar valor menor que 4, se a situação puder ser controlada com recursos da própria área, prever ações/medidas mitigadoras nos procedimentos operacionais relativos à atividade. Se a situação não puder ser controlada com recursos da própria área, incluir ações/medidas mitigadoras no plano de contingência.

21. Comentários: é indicado neste campo, quando aplicável, o código da legislação conforme planilha de identificação e controle dos requisitos legais.

Após a determinação da significância, no gerenciamento, é que comenta-se algo específico do processo. Não é analisada a eficiência da detecção, apenas a severidade e ocorrência através da frequência e probabilidade, sendo a significância avaliada conforme valor da importância e risco.

## II.5 Caso da Alcoa

Segundo o Manual de Gestão Ambiental da ALCOA (2000), foi necessária uma adaptação do FMEA de processo para utilização no estudo de riscos ambientais, sendo também conhecido por PNEIA (*Potential Negative Environmental Impacts Analysis*), que busca identificar os aspectos e impactos ambientais relativos a cada etapa do processo em estudo, como demonstra o QUADRO 2.15. Assim como o FMEA, o método deve ser desenvolvido por equipes multifuncionais compostas por elementos com grande conhecimento sobre o processo em estudo.

QUADRO 2.15: FMEA adaptado pela Alcoa

| 1                 | 2                                             | 3                    | 4   | 5                   | 6    | 7    | 8                                                    | 9     | 10  | 11 |
|-------------------|-----------------------------------------------|----------------------|-----|---------------------|------|------|------------------------------------------------------|-------|-----|----|
| ETAPA DO PROCESSO | ASPECTO AMBIENTAL                             | IMPACTO AMBIENTAL    | SEV | CONDIÇÃO/SITUAÇÃO   | CONT | OCOR | SISTEMAS ATUAIS DE DETECÇÃO/INTERVENÇÃO              | DETEC | EPN | P  |
| Moagem            | Geração de resíduo: óxido de molibdênio em pó | Contaminação do solo |     | Operação normal     |      |      |                                                      |       |     |    |
|                   |                                               |                      |     | Temperatura elevada |      |      | Verificação da temperatura do forno pelos operadores |       |     |    |

SEV: Severidade; CONT: Contribuição; OCOR: Ocorrência; DETEC: Detecção; EPN: *Environmental Priority Number* (Número de Prioridade de Controle); P: Padrões/ Legislação.

FONTE: ALCOA (2000).

A quantificação e priorização são baseadas em:

- Severidade do possível impacto ambiental.
- Contribuição do aspecto para a ocorrência do impacto.
- Probabilidade de ocorrência do impacto.
- Probabilidade de detecção do aspecto.

O roteiro utilizado pela ALCOA (2000) é o seguinte:

- 1 - Etapa do Processo: descrição simplificada da etapa do processo ou da operação em análise.
- 2 - Aspecto Ambiental: levantamento do maior número possível de aspectos ambientais relativos àquela etapa do processo.

3 - Impacto Ambiental: levantamento de todos os impactos ambientais resultantes de cada aspecto identificado no item 2.

4 - Severidade (SEV): é uma avaliação da gravidade do impacto ambiental para o meio ambiente e para a organização, estimada numa escala de 2 a 10, conforme QUADRO 2.16.

QUADRO 2.16: Critérios de avaliação para severidade

| Severidade do Impacto                                                                                                                                                                       | Pontuação |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| O impacto negativo no meio ambiente é muito baixo (desprezível).                                                                                                                            | 2         |
| O impacto negativo no meio ambiente está entre baixo e muito baixo (significativo).                                                                                                         | 4         |
| O impacto negativo pode trazer danos à imagem da organização. Danos moderados ao meio ambiente (fácil reversão).                                                                            | 6         |
| O impacto negativo pode trazer danos à saúde das pessoas que vivem na circunvizinhança da organização. Sérios danos ao meio ambiente (moderada reversão).                                   | 8         |
| O impacto negativo pode colocar a vida das pessoas que vivem na circunvizinhança da organização em perigo. Danos muito sérios ao meio ambiente (difícil reversão do impacto a curto prazo). | 10        |

FONTE: ALCOA (2000).

5 - Condição/ Situação: são consideradas 3 situações operacionais, ou seja:

a) Situação Normal – situação que envolve o processo operacional de rotina;

b) Situação Anormal – situação que difere do processo operacional normal, tal como, partida e parada da planta, manutenção geral da planta, incidentes, etc., quando os impactos podem ser diferentes dos gerados pela situação normal;

c) Situação de emergência – situação inesperada que pode se tornar fora de controle e oferecer riscos a pessoas, equipamentos, instalações ao meio ambiente.

6 - Contribuição (CONT): a função desse fator é estimar o nível de contribuição do aspecto (numa certa condição/situação), numa escala de 0,2 a 1 para o impacto, ou seja, se apenas determinado aspecto em certa condição/situação estiver presente, indicar qual sua contribuição para o impacto total, conforme QUADRO 2.17.

QUADRO 2.17: Critérios de avaliação para contribuição para o impacto

| Contribuição para o Impacto                                                                                                                            | Pontuação |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Insignificante. A contribuição para o impacto total é desprezível (ex.: não contribui para a contaminação do solo ou do ar ambiente).                  | 0,2       |
| Baixa. Há uma pequena contribuição para o impacto (ex.: mínima contribuição para contaminação da água ou solo).                                        | 0,4       |
| Moderada. O elemento fornece uma contribuição razoável para o impacto (ex.: significativa contribuição para a contaminação do solo ou do ar ambiente). | 0,6       |
| Alta. O impacto do elemento no meio ambiente é alto (ex.: contribui para contaminação do solo e da água).                                              | 0,8       |
| Muito alta. O impacto do elemento é muito alto (ex.: alta contribuição para contaminação do solo ou do ar ambiente).                                   | 1         |

FONTE: ALCOA (2000).

7 - Ocorrência (OCOR): é a probabilidade de um impacto, sob determinada condição/situação, vir a ocorrer. Sua pontuação obedece uma escala de 2 a 10, conforme QUADRO 2.18.

QUADRO 2.18: Critérios de avaliação para ocorrência

| Ocorrência                                                                                                                 | Pontuação |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Remota. Condição de ocorrência altamente improvável (difícilmente ocorrerá).                                               | 2         |
| Baixa. A condição ocorre em casos isolados, e as chances são baixas (existe uma pequena chance de ocorrer).                | 4         |
| Moderada. A condição possui chance razoável de ocorrer (talvez início ou final de produção).                               | 6         |
| Alta. A condição ocorre regularmente e/ou durante uma quantidade de tempo razoável.                                        | 8         |
| Muito alta. A condição inevitavelmente ocorrerá por longos períodos de tempos (típico para condições normais de operação). | 10        |

FONTE: ALCOA (2000).

8 - Sistemas Atuais de Detecção/Intervenção: apesar do objetivo ser a prevenção dos problemas potenciais, detectar uma situação rapidamente e reagir a ela podem reduzir drasticamente as consequências do evento. Os sistemas de detecção presentes atualmente devem ser apontados para cada condição/situação identificada no item 5.

9 - Detecção (DETEC): é uma avaliação da probabilidade que os sistemas apontados no item 8 consigam detectar a ocorrência de determinado impacto (registradas no item 5), numa escala de 2 a 10, conforme QUADRO 2.19. Diferentes condições podem possuir diferentes níveis de detecção.

QUADRO 2.19: Critérios de avaliação para detecção

| Detecção do Aspecto                                                                                                                                                                                                | Pontuação |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Os controles atuais irão detectar o aspecto quase imediatamente. A reação pode ser instantânea. Ex.: Controle Automático ou operador acompanhando a tarefa 100% do tempo.                                          | 2         |
| As chances são tão altas que o aspecto será detectado rapidamente após a ocorrência. Uma rápida reação é possível. Ex.: Operador próximo ao local ou controle indireto.                                            | 4         |
| Existem chances moderadas que o aspecto será detectado num razoável período de tempo e/ou haverá algum tempo até a intervenção. Ex.: Inspeção ou outra atividade (tempo médio de demora: aproximadamente 2 horas). | 6         |
| É improvável que o aspecto será detectado em tempo hábil, ou haverá um longo tempo até que a intervenção seja realizada. Ex.: Chance de ser identificada durante o turno, inspeção ou outra atividade.             | 8         |
| O aspecto não será detectado em tempo hábil, ou não haverá reação possível. Ex.: análise de consumo ou monitoramento ambiental mensal.                                                                             | 10        |

FONTE: ALCOA (2000).

10 - *Environmental Priority Number* – EPN (E), ou Número de Prioridade Ambiental: é calculado para cada impacto e todas as suas possíveis condições/ situações, multiplicando-se os fatores de Severidade, Contribuição, Ocorrência e Detecção.

11 - Padrões/ Legislação (P): verifica a existência de padrões internos e legislativos para o impacto. Caso afirmativo, indicar (S), caso negativo (N).

Quanto maior o EPN, maior a prioridade para a tomada de ações sobre determinado aspecto e condição. Para identificar os impactos significativos é feito um histograma com a distribuição dos valores de EPN (*Environmental Priority Number*/ Número de Prioridade Ambiental). Os valores que se destacarem acima dos 97,5% do total dos dados na distribuição, serão considerados como impactos significativos.

## II.6 Avaliação dos casos adaptados

As adaptações das cinco empresas sofreram influência da norma ISO 14004 (ABNT, 1996), item 4.2.2 sobre Identificação de Aspectos Ambientais e Avaliação dos Impactos Ambientais associados, que considera: escala do impacto, severidade do impacto, probabilidade de ocorrência e duração do impacto. Cada empresa apresentada modificou e adaptou o método de forma a adequar-se da melhor forma possível a seu tipo de processo.

A adaptação realizada pela Odebrecht analisa de forma completa os aspectos ambientais para posteriormente identificar e avaliar os impactos, aponta diretamente o modo e o efeito de falha, ampliando o rigor da avaliação e contribuindo para a melhoria do processo de produção. Por outro lado, os critérios utilizados para avaliar a significância (severidade, ocorrência e detecção) por serem estimados em grupos de 3 níveis (1, 4 e 10) podem apresentar maior margem de erro.

A adaptação adotada pela AFL, por ser bem semelhante ao FMEA original, caracteristicamente metódica, também é direcionada para a análise do modo e dos efeitos da falha de cada etapa do processo, porém, o processo de avaliação só é finalizado após implantação das ações corretivas e preventivas. Utiliza uma escala de 1 a 10 para a atribuição de valores à severidade, ocorrência e detecção, o que diminui a possibilidade de erro.

No caso da ETA de Jaguariúna, é realizada a caracterização completa do impacto, porém, não se avalia em nenhum momento as etapas do processo, não avaliando o modo nem os efeitos da falha.

A Ultrafértil em sua adaptação, apenas fez uma análise do processo após a avaliação de significância do impacto, não detectando o modo e os efeitos da falha. Trata diferentemente as situações operacionais que ocorrem em situação normal, anormal ou de emergência.

O FMEA da Alcoa descreve sobre o processo apenas os sistemas atuais de prevenção e detecção, não apontando o modo e os efeitos da falha. Esta adaptação se diferencia no cálculo de significância, utilizando além dos já conhecidos critérios de severidade, ocorrência e detecção, a contribuição de cada aspecto para a efetiva ocorrência de determinado impacto.

## **CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DA MINERAÇÃO DE ARGILA E DA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTO CERÂMICO**

A argila é a principal matéria-prima utilizada na produção de cerâmica. As características da argila e seu processo de extração e beneficiamento, influenciam diretamente na qualidade do produto cerâmico. O processo de produção do revestimento cerâmico é semelhante em todas as indústrias do mesmo setor, diversifica o “sigilo industrial” e os modelos dos equipamentos.

Para implantar um Sistema de Gestão Ambiental numa indústria e executar um levantamento de impactos ambientais, é necessário ter conhecimento da procedência da matéria-prima e de todo processo industrial detalhadamente. Deve-se ter “mapeado” tudo o que entra e o que sai da indústria, seja como produto ou como rejeitos e resíduos, além de ter conhecimento sobre a situação econômica em que se encontra o mercado.

### **III.1 Breve Histórico da Argila e da Cerâmica**

A argila é um dos representantes do grupo dos primeiros bens minerais utilizados pelo Homem, sendo de especial importância para a história da humanidade. Os utensílios cerâmicos surgiram a partir do período Pré-Neolítico, cerca de 25.000 anos a.C., e os materiais de construção (tijolos, telhas e blocos) provavelmente entre 6.000 e 5.000 anos a.C. (RESENDE, 1998).

A argila é uma substância facilmente encontrada na crosta terrestre, nas áreas úmidas, nos vales fluviais, nas planícies e depressões. A argila é passível de modelagem quando úmida, é impermeável e apresenta resistência quando seca e queimada, dotando-se de uma durabilidade única, como têm provado as descobertas arqueológicas, além de dar asas à criatividade artística do ser humano.

A cerâmica nasceu da simples observação da natureza pelo homem e da necessidade dele armazenar água e alimentos em recipientes. Surgiu quando o homem mudou seu estilo de vida, de nômade passou a ser sedentário, ou seja, da caça para a agricultura e pecuária. Praticamente, pode-se dizer que a cerâmica feita de maneira mais elaborada surge no Neolítico, quando então o

homem passa a ser agricultor, pastor e ceramista. Isso aconteceu há 4.000 anos a.C. quando as peças cerâmicas, na forma de vasos, potes, jarros, foram usadas para conservar alimentos, essências e óleos. Também eram utilizadas como ornamentos, bijuterias, estatuetas, urnas funerárias e tijolos para construção civil. No início da era Cristã, em Roma, já eram fabricadas manilhas para transporte de água (COSTA, 1996).

O período da cerâmica avançada ou cerâmica de alta tecnologia começou a partir da década de 40, época em que se desenvolveu com grande rapidez e se difundiu a ciência dos materiais, e em que foram aprofundados os estudos da Química sobre a composição e a estrutura das substâncias, assim como as causas de suas propriedades (COELHO, 1996).

---

No Brasil, mais precisamente na Ilha de Marajó, o manuseio do barro atingiu um estágio de desenvolvimento que compete com as grandes culturas indígenas das Américas. O estilo marajoara ocorreu entre 400 a 1.400 d.C., caracterizando-se em forma de vasos, urnas, formas humanas, estatuetas, com excelentes detalhes de acabamento e desenhos em baixo e alto relevo com simetria e harmonia (CERAMICANORIO, 2002).

Ainda de acordo com CERAMICANORIO (2002), os portugueses introduziram no Brasil sua tradição na fabricação de azulejos herdada dos mouros, deixando sua marca na arquitetura do país, principalmente nas fachadas das residências da aristocracia do Brasil Colônia, nos séculos XVII e XVIII.

A indústria de cerâmica para revestimento no Brasil surgiu a partir de antigas fábricas de tijolos, blocos e telhas de cerâmica vermelha, e, já no século XX, começavam a produzir ladrilhos e, mais tarde, azulejos, pastilhas cerâmicas e de vidro, sendo a maioria empresas familiares (COSTA, 1996).

A partir da segunda metade da década de 60, com a criação do Sistema Financeiro de Habitação e do Banco Nacional de Habitação, toda a indústria nacional de materiais e componentes para a construção civil vislumbrou a possibilidade de crescimento, em virtude da mudança radical de escala de produção de habitações no país (COSTA, 1996).

No entanto, foi no início dos anos 70 que houve uma demanda contínua, levando a indústria cerâmica a ampliar significativamente sua produção com o surgimento de novas empresas. O crescimento da indústria cerâmica ocorreu em função do crescimento do mercado interno, mas os produtores brasileiros passaram a buscar também o mercado externo, observando-se então uma crescente participação das empresas brasileiras no mercado dos países consumidores.

Ainda de acordo com COSTA (1996), a indústria cerâmica brasileira, inicialmente concentrada em alguns pólos de produção nas regiões Sul e Sudeste do País, ampliou-se na década de 80, num processo de desconcentração industrial e pulverização regional que elevou para 119 o número de empresas produtoras de cerâmica para revestimentos, distribuídas em 16 estados brasileiros.

---

A maturidade da indústria deu-se no final da década de 80 e início da década de 90, com um elevado grau de atualização tecnológica em relação aos países líderes, com a incorporação de tecnologias de última geração, automação de todas as fases do processo produtivo e implantação de sistemas de gestão da qualidade (RESENDE, 1998).

### **III.2 Panorama Econômico da Indústria Cerâmica**

Estima-se que a indústria cerâmica participa da economia do país com aproximadamente 1% do PIB (Produto Interno Bruto), o que equivale a aproximadamente 6 bilhões de dólares, conforme informa ABCERAM (2001), representando assim uma grande importância para a economia do país. Este setor é competitivo no mercado externo devido à abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia como o gás natural, grandes centros de desenvolvimento tecnológico, criatividade e demanda para a produção de diversos tipos de produtos cerâmicos, acumulando conhecimento e transferindo para seus produtos uma qualidade técnica de alto padrão. Os equipamentos utilizados pela indústria ainda são, na maioria, importados.

Conforme ABCERAM (2001), a produção da cerâmica de revestimento é de aproximadamente 400 milhões m<sup>2</sup>, equivalendo a um consumo de 6 milhões t/ano de matérias-primas, entre elas, argilas comuns fundentes (40 a 50%), argilas plásticas (15 a 20%), fundentes feldspáticos e filito (20 a 25%), outros fundentes, como, carbonatos e talco (5 a 10%).

Estas substâncias minerais são extraídas da natureza através da mineração, que por ser uma atividade antrópica, interfere no meio ambiente em que está inserido. As atividades de mineração, principalmente a céu aberto, sensibilizam intensivamente a população devido ao grande impacto visual. Além disso, deve-se lembrar que a degradação não pode ser avaliada apenas pela sua extensão, mas também por sua intensidade (GRIFFITH, 1998). Por isso, a necessidade de uma avaliação prévia da compatibilidade do desenvolvimento da extração de minerais com a preservação ambiental, evitando a geração de danos irreversíveis e dando condições para a continuidade a uma atividade de importância histórica, econômica e social para o Brasil. Reduzindo e controlando a degradação e a geração de efluentes, utilizando a melhor tecnologia disponível, estaremos colocando em prática o conceito de desenvolvimento sustentável.

---

O setor de mineração tem importância crescente no desenvolvimento econômico e social brasileiro, com um crescimento médio anual que nos últimos cinco anos atingiu 8,2%, conforme informação fornecida pelo DNPM (2001), em virtude de seu papel no fornecimento de insumos básicos para o processo de expansão industrial e urbana, já que o Brasil possui cerca de 160 milhões de habitantes. Conforme dados cedidos por MENASCE (2000), na Região Sudeste estão sendo produzidos 92% dos pisos e azulejos brasileiros e isso se deve a localização próxima dos maiores mercados consumidores.

O relacionamento entre a indústria mineral e a de transformação necessita de atenção especial por apresentar um elemento estratégico no estudo de mercado para novos investimentos. O setor industrial foi o que mais cresceu no ano 2000, cerca de 5,01%, destacando o desempenho dos subgrupos: indústria extrativa mineral e de transformação, expandindo respectivamente em 11,48% e 5,74% segundo dados disponibilizados pelo DNPM (2001). Há um grande potencial de crescimento no mercado interno, devido ao consumo *per capita* de 2,2 m<sup>2</sup>/habitante/ano, conforme Associação Brasileira de Cerâmica (2001). O Brasil já ocupou o segundo lugar na produção mundial de pisos e hoje ocupa a quarta posição, atrás da China, Itália e Espanha. Na área de exportação, o Brasil também ocupa a quarta posição, competindo com a Itália, Espanha e Turquia. A produção brasileira de revestimentos cerâmicos cresceu 272% na última década, totalizando 473,4 milhões m<sup>2</sup> no ano 2001, conforme Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica (2003).

A participação brasileira no mercado externo está crescendo desde 1997, atualmente é de 5%, um valor baixo se comparado com a Itália e a Espanha que exportam aproximadamente 78% do mercado mundial. Os países do Mercosul compram 33,5% das exportações, enquanto que a América do Norte, a Europa e o restante da América Latina compram aproximadamente 60%, um número animador para os investidores do segmento (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000).

### III.3 Geologia e Mineralogia da Argila

O termo argila possui vários significados: material natural com propriedades plásticas; material constituído de partículas de dimensões muito pequenas; material cristalino resultante da decomposição ou intemperismo de outros minerais e constituído essencialmente por silício, alumínio, água e, frequentemente, por quantidades apreciáveis de ferro e de metais alcalinos e alcalinos-terrosos. Em termos granulométricos, o termo argila, designa a fração de menor diâmetro, geralmente inferior a 2 micra (2 milésimos de milímetro). O termo “material argiloso” pode ser aplicado como um termo de tamanho a qualquer material natural de granulometria inferior a 0,004mm e de textura terrosa ou argilácea, independentemente da composição ser essencialmente de argilominerais (SANTOS, 1975).

Os principais tipos de argila para o uso cerâmico são: argila do tipo “*ball clay*”, argilas refratárias e argilas para cerâmica vermelha. A argila pode ser utilizada na massa cerâmica como matéria-prima específica, acessória ou alternativa, e na composição do esmalte cerâmico (SANTOS, 1975).

Segundo DNPM (1997), as argilas do tipo “*ball clay*” são muito valiosas na indústria de cerâmica por apresentarem cor branca ou clara a 1250°C e por fornecer à massa cerâmica toda a plasticidade e resistência mecânica a cru, permitindo conformação e evitando deformações e quebras, qualidades essenciais na fabricação de produtos cerâmicos finos, como louças e porcelanas. No Brasil, estes são relativamente escassos e pouco estudados. No Estado de São Paulo, os principais depósitos estão localizados na bacia do ribeirão Tamanduá, Município de São Simão, a nordeste do Estado.

As argilas refratárias têm composição variada, caulinitica, com vários teores de gibsita, mica e quartzo, sendo um tipo de argila rica em silicatos de alumínio hidratados, capazes de suportar altas temperaturas sem deformação e desintegração, por isso muito usada na fabricação de produtos cerâmicos refratários. A resistência a elevadas temperaturas constitui a mais importante propriedade dessa variedade de argila. A maioria desses jazimentos estão concentrados na bacia do Alto Tietê, situada na região leste da Grande São Paulo, abrangendo atualmente Suzano, Mogi das Cruzes, Biritiba-Mirim, Salesópolis, abrigando um dos mais importantes pólos nacionais produtores de argilas plásticas e refratárias (DNPM, 1997).

As argilas para a indústria de cerâmica vermelha, ou argilas comuns, são formadas por uma variedade muito grande de sedimentos compostos por argilas quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos, lamitos, ritmitos e outros que queimam em cores avermelhadas a temperaturas variáveis entre 900°C e 1250°C. Essas argilas são essenciais na fabricação de telhas, blocos cerâmicos, ladrilhos de piso, manilhas e agregados leves. Os pólos produtores estão distribuídos na Bacia Sedimentar do Paraná, concentrado na província geomorfológica da Depressão Periférica, nas regiões de Sorocaba, Itu, Campinas, Mogi-Guaçu, Rio Claro e Tambaú. Também encontram-se ao longo dos rios Tietê, Paraná e Paranapanema, como em Barra Bonita, Araçatuba, Panorama e Ourinhos (DNPM, 1997).

Os depósitos de argila do Estado de São Paulo são suficientes para atender a demanda da indústria de transformação paulista deste segmento, associando-se ainda a facilidades como, fontes de energia, centros de pesquisa, universidades e escolas técnicas e também grande densidade demográfica, atividade industrial, infra-estrutura, o que justifica a grande concentração de indústrias cerâmicas na região (ABREU, 1973).

### **III.4 Principais Impactos Ambientais da Extração de Argila**

Apesar da mineração ser identificada como a primeira etapa do processo produtivo de revestimento cerâmico, não foi possível aplicar o método FMEA na mineração de argila devido ao fato de que em todas as indústrias analisadas, as matérias-primas são adquiridas de diversas mineradoras, além de possuírem jazidas próprias, não sendo possível abranger todas. Ainda

assim, seria impossível não abordar, mesmo que resumidamente, a mineração de argila, devido ao reconhecimento dessa atividade como fundamental, uma vez que responde ao fornecimento do insumo básico, matéria-prima sem a qual não existiria a indústria cerâmica que se constituiu o foco da aplicação do método FMEA no presente trabalho.

O Código de Mineração (BRASIL apud SÃO PAULO, 2000), no artigo 36, conceitua a lavra como “*o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas*”. Porém, há de se considerar que, para as substâncias minerais de emprego imediato na construção civil (areia, cascalhos, por exemplo), quando o consumo é *in natura* não se emprega, geralmente, o beneficiamento.

A atividade de lavra de argila como não envolve desmonte de rocha dura é relativamente simples, se comparada com outros tipos de empreendimentos minerários. A extração de argila, assim como de areia e cascalho, forma o grupo das atividades minerárias que visam suprir a construção civil de materiais básicos.

A lavra de argila geralmente é executada a céu aberto, e os métodos utilizados variam de uma jazida para outra, dependendo dos condicionantes geológicos e topográficos locais. Assim sendo, o método de lavra empregado em uma jazida situada na várzea de um rio ou córrego é diferente do método empregado em uma jazida situada na vertente de uma encosta.

As atividades extrativas minerais apresentam especificidades no que concerne aos impactos provocados no meio ambiente. As alterações ambientais na quase totalidade dos casos são irreversíveis. Qualquer exploração mineral, independente de sua magnitude, provoca alterações na paisagem original. Contudo, vale ressaltar que a área explorada pode e deve receber um manejo adequado, recompondo-a a fim de possibilitar seu uso para outras atividades futuras.

De acordo com BITAR (1990), os principais impactos sócio-econômicos negativos da mineração são:

- degradação e inutilização de terrenos escavados com possibilidade de danos às fundações e outros usos do solo nas proximidades ou dentro da própria área, nos casos de ocupação posterior da área;
- possibilidade de desabamentos e quedas de blocos, tanto a montante como a jusante da mineração;
- possibilidade de formação de lagos abandonados com problemas de saneamento e de riscos de acidentes de afogamento;
- comprometimento da capacidade de vazão de cursos d'água com riscos de inundação;
- aumento da vulnerabilidade dos aquíferos subterrâneos com prejuízos à captação em poços e cacimbas nas proximidades;
- comprometimento da qualidade das águas utilizadas, como em mananciais, para abastecimento público com riscos à saúde dos usuários;
- comprometimento da qualidade do ar com riscos à saúde das populações vizinhas e atividades sócio-econômicas;
- riscos aos trabalhadores, máquinas, equipamentos, habitações e, às populações vizinhas, associadas ao lançamento de blocos de rocha à distância;
- riscos de danos às habitações e outras edificações devido à propagação de vibrações.

Os impactos gerados pela mineração de argila pelo processo de lavra a céu aberto, que é o mais comum, iniciam-se desde a abertura de acesso às obras provocadas pelos caminhos e estradas, e através da instalação da infra-estrutura com a terraplenagem/movimentação do solo, compactação do solo, afugentamento/estresse da fauna, alteração da paisagem e risco de acidentes. A etapa seguinte seria a remoção da cobertura vegetal e camada superficial do solo gerando exposição e movimentação do solo, alteração da qualidade da água, alteração da pedoforma e uso da terra. O desmonte mecânico irá causar compactação do solo pelo tráfego de máquinas pesadas, intensificação dos processos erosivos, poluição atmosférica e hídrica, e produção de estéril. O afugentamento da fauna, alteração da paisagem e risco de acidentes, ocorrem em todas as fases (DIAS, 1999).

ARAÚJO (2000) ressalta ainda que a mineração sobrecarrega a malha viária e que nas cavas ocorre o risco de afogamento. As medidas mitigadoras na mineração de argila estão relacionadas ao controle de óleos, graxas e efluentes sanitários, à remoção de solo e de vegetação, aos sistemas de drenagem e de decantação, à prevenção ao lançamento de poluentes nas cavas, à recomposição da paisagem incluindo revegetação com espécies nativas, à instalação de placas de sinalização, à umectação e conservação dos acessos internos e externos.

É importante ressaltar que este tipo de atividade deve apresentar documentações específicas para o licenciamento ambiental. A Resolução CONAMA n.º 10, de 6 de dezembro de 1990 que dispõe sobre o estabelecimento de critérios específicos para a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil (SÃO PAULO, 2000), exige a documentação apresentada no QUADRO 3.1.

QUADRO 3.1: Documentação e Licenciamento Ambiental para Mineração

| DOCUMENTAÇÃO EXIGIDA PELA RESOLUÇÃO 010/90                                                                                                                                                                                                                                         | TIPO DE LICENÇA AMBIENTAL  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimento da LP.</li> <li>• Publicação do pedido de LP.</li> <li>• EIA/RIMA ou, se dispensado, o Relatório de Controle Ambiental (RCA).</li> </ul>                                                                                     | Licença Prévia (LP)        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimento de LI.</li> <li>• Publicação do pedido de LI.</li> <li>• Cópia da publicação da LP.</li> <li>• Licença da Prefeitura Municipal.</li> <li>• Plano de Controle Ambiental (PCA).</li> <li>• Licença de Desmatamento.</li> </ul> | Licença de Instalação (LI) |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimento da LO.</li> <li>• Publicação do pedido de LO.</li> <li>• Cópia da publicação da LI.</li> <li>• Registro de licença (DNPM).</li> </ul>                                                                                        | Licença de Operação (LO)   |

FONTE: Informações de SÃO PAULO (2000), quadro elaborado por DIAS (1999).

### **III.5 Caracterização do Produto e Processo de Produção dos Revestimentos Cerâmicos**

Existe uma norma internacional que rege a produção de placas cerâmicas para revestimento de piso e parede, a ISO 13006, que está deixando de ser diferencial de mercado para ser requisito mínimo, fazendo com que as empresas busquem outros aspectos que poderão diferenciá-las. Entre eles, o Sistema de Gestão Ambiental, proposto na norma ABNT/ ISO 14001, que tem um potencial de mudar o quadro de degradação, pois o “coração” desta norma é justamente a identificação de aspectos e impactos ambientais significativos (JULIBONI, 1999).

As principais vantagens adquiridas na implantação de um Sistema de Gestão Ambiental na indústria cerâmica de revestimento estão relacionadas à (HECK, 1998):

- 1) controle e prevenção da poluição através da análise da melhor tecnologia disponível;
- 2) economia e redução de custos com a eliminação de desperdícios de energia elétrica, calor, combustíveis e matérias-primas;
- 3) redução ou eliminação dos riscos inerentes às situações de emergências;
- 4) envolvimento e comprometimento dos funcionários da unidade em relação ao sistema como um todo;
- 5) resposta rápida na implementação de mudanças;
- 6) melhor diálogo com a comunidade circunvizinha e órgãos ambientais;
- 7) conquista de credibilidade no mercado com a adequação aos padrões ambientais exigidos.

#### **III.5.1 Produto**

Conforme ABCERAM (2001), a cerâmica ou material cerâmico, compreende todos os materiais inorgânicos, não-metálicos, que são produzidos geralmente pelo tratamento térmico em temperaturas elevadas, sendo originados de matérias-primas classificadas em naturais, como a argila, caulim, quartzo, feldspato, filito, talco, calcita, dolomita, magnesita, cromita, bauxita, grafita, zirconita, e em sintéticas, incluindo alumina (óxido de alumínio) sob a forma calcinada, eletrofundida ou tabular, carbetos de silício e produtos químicos inorgânicos variados.

Como o setor cerâmico é muito amplo e heterogêneo, este é dividido em subsetores de acordo com as matérias-primas que são utilizadas e com as propriedades e áreas de utilização dos produtos, classificando-se do seguinte modo: cerâmica vermelha; cerâmica ou materiais de revestimento; cerâmica branca; materiais refratários; isolantes térmicos; fritas e corantes; abrasivos; vidro, cimento e cal; cerâmica de alta tecnologia ou cerâmica avançada (ABCERAM, 2001).

A produção de revestimentos cerâmicos é uma indústria em que as matérias-primas são submetidas a uma sequência de operações para que adquiram as propriedades requeridas no produto final, através de transformações físico-químicas. As etapas percorridas nessa atividade industrial podem ser resumidas da seguinte forma: primeiramente, as matérias-primas são pesquisadas, explotadas, homogeneizadas e tratadas pela empresa mineradora. Após essas etapas, elas são transportadas e estocadas na indústria cerâmica, onde são moídas e misturadas de acordo com o processo de fabricação e o produto a ser produzido, passando pela conformação, secagem e, posteriormente, pelo processo térmico e acabamento (COELHO, 1996).

Os produtos dessa indústria são aqueles materiais usados na construção civil para revestimento de paredes, pisos e bancadas, conhecidos como azulejos, placas, pisos cerâmicos e porcelanatos, nestes sendo incluídas as pastilhas. As diferenças entre esses produtos devem-se, essencialmente, às matérias-primas usadas e ao acabamento final do produto, sendo seus processos de fabricação semelhantes.

Os azulejos são utilizados no revestimento de paredes e comercialmente se apresentam em três tipos: brancos, decorados e coloridos. São constituídos por um corpo cerâmico de cor branca, recoberto numa das faces por uma camada de vidro com ou sem decoração vítrea adicional. Devido às finalidades de sua utilização, apresentam usualmente baixa resistência mecânica e à abrasão (ABCERAM, 2001).

As pastilhas são utilizadas para revestimento de paredes e pisos. São também denominadas de porcelanatos, *Gres porcellanato*, em italiano, e com os novos processos de fabricação, adquirem alta resistência e durabilidade, sendo indicadas para áreas de tráfego e fachadas.

Os produtos de cerâmica e tijolos podem ser considerados como rochas metamórficas “artificiais”, formadas pelo aquecimento de argila a temperaturas que são suficientemente altas para os minerais serem metamorfoseados no produto final duro e quebradiço (BROWN, 1995).

### III.5.2 Processo

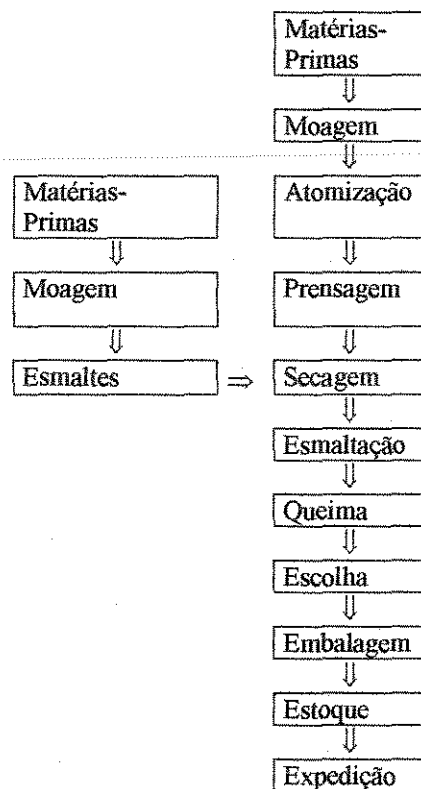
Segundo OLIVEIRA (2000), os revestimentos cerâmicos são obtidos por processos de biqueima tradicional, biqueima rápida e monoqueima porosa (monoporosa). A diferença essencial entre a biqueima tradicional e a biqueima rápida encontra-se na velocidade de queima, nas fritas (resultado da fusão balanceada de matérias-primas) e esmaltes empregados, e no processamento destes, sendo que, em ambos os processos, as peças cerâmicas são submetidas a duas queimas distintas. A monoqueima porosa é um processo pelo qual o revestimento cerâmico é obtido através de prensagem a seco e ciclo de monoqueima rápida. Este processo foi se aprimorando ao longo dos anos e atualmente gera produtos com características químicas, físicas e mecânicas superiores aos produtos obtidos com as tradicionais técnicas de biqueima, resultado este obtido com custos relativamente moderados, sendo esta uma grande vantagem em relação a biqueima.

A classificação geral é feita através do tipo de processo, seja biqueima ou monoqueima. Existe uma norma européia, que classifica as cerâmicas em vários grupos dependendo do método de fabricação e do valor de absorção de água do produto acabado. As características técnicas são definidas através dos valores de porosidade, resistência à flexão, resistência à abrasão, resistência a produtos químicos domésticos, choque térmico, resistência a ácidos e bases, resistência à manchas, máxima estabilidade dimensional durante a queima, e outros (OLIVEIRA, 2000).

A indústria de revestimento também é referenciada conforme preparação do pó para a prensagem, se dividindo entre o processo que realiza a moagem via úmida e granulação em *spray-drying* e o processo de moagem a seco e granulação a úmido. Na via seca não ocorre a atomização, passando a formulação da moagem direto para a prensagem, evitando assim os altos custos energéticos do atomizador. A diferença fundamental é no resultado, na moagem via úmida se obtém uma melhor homogeneização das matérias-primas, fazendo com que o produto final apresente melhor qualidade (QUINTEIRO et al., 1995).

O ciclo de produção da indústria cerâmica começa na caracterização das matérias-primas plásticas e complementares, sendo de fundamental importância que durante o processo de tratamento sejam garantidas as características exigidas em relação à qualidade do produto final, após a queima. As principais etapas do processo da fabricação do revestimento cerâmico são: moagem (via úmida ou via seca); atomização (no caso de moagem via úmida); prensagem (conformação); secagem; esmaltação; queima monoporosa e queima do esmalte, conforme demonstrado na FIGURA 3.1.

FIGURA 3.1: Fluxograma da produção por via úmida



FONTE: Informação obtida em indústrias cerâmicas de revestimento.

### 1) Moagem

A moagem por via úmida ou a seco, tem por objetivo a cominuição (redução das dimensões) e a homogeneização das matérias-primas. No processo de moagem a úmido, as matérias-primas, uma a uma, deverão ser pesadas através de caixões alimentadores e, então, transportadas para moinhos de bolas (seixos). Após obter a formulação adequada, a moagem é realizada em meio aquoso para uma melhor homogeneização da barbotina (massa fluida resultante da moagem a úmido que

beneficia matérias-primas brutas em uma suspensão líquida finamente moída), ficando armazenada em tamborões até a próxima etapa. (OLIVEIRA, 2000).

A moagem por via seca é desenvolvida pela granulação da massa, num moinho de galgas de pista lisa, com a umidade maior que a necessária na prensagem para facilitar a aglomeração dos grãos, passando em seguida por um misturador (VENTURA, 1993).

## **2) Atomização**

A barbotina é levada ao tanque com agitação contínua, e em seguida para o interior de uma câmara de secagem (*spray dryer*), e é obrigada a passar pelo bico dosador do atomizador. Ao passar por um orifício tão reduzido, a solução é pulverizada no interior da câmara de secagem, provocando, com o contato intenso do ar quente, a evaporação parcial da água contida na barbotina e a granulação da massa, de aparência semelhante a areia (OLIVEIRA, 2000).

Conforme observações nas empresas estudadas, foi constatado que o inconveniente deste equipamento, é que, por se tratar de um pó fino, inevitavelmente pequena parte deste pó é arrastado pelo vento perdendo-se pelo ar. Para solucionar esse problema, é utilizado um filtro ciclone para o aproveitamento do mesmo. Na moagem por via seca, a atomização não ocorre, sendo utilizada apenas na via úmida .

## **3) Prensagem**

A prensagem é um método de conformação que utiliza a prensa, um aparelho mecânico, para comprimir a massa granulada com moldes, sendo o objetivo da prensagem, obter uma densidade uniforme dentro de todo o molde (NORTON, 1973). Conforme declarações de funcionários das empresas estudadas, a prensa é um dos equipamentos mais importantes em uma cerâmica de revestimentos, pois uma grande parte das perdas ocorridas na produção provém do mau ajuste do equipamento, ou até mesmo em virtude do desgaste, pois elas trabalham 24 horas, necessitando assim de uma manutenção preventiva e contínua.

#### **4) Secagem**

Utilizando o secador, o processo de secagem fornece calor à peça cerâmica como compensação ao resfriamento por evaporação e elimina o vapor de água formado. Com a evaporação de água residual, verifica-se um aumento de resistência mecânica da peça cerâmica, atribuída a uma densificação causada pelo empacotamento e atração de partículas que aumenta as forças de ligação entre as mesmas. A programação da velocidade de secagem das peças cerâmicas recebem atenção especial, pois uma secagem brusca produz trincamento (NORTON, 1973).

#### **5) Esmaltação**

Para a esmaltação dos revestimentos é utilizada a esmaltadeira. Após o revestimento ter passado pelo processo de secagem (secador), ele é direcionado automaticamente para a linha de esmaltação (NORTON, 1973). Nessa etapa, o esmalte é pulverizado sobre o revestimento e o engobe de forma uniforme e com a quantidade de gramas adequada, conforme padrão e orientação fornecida pelo laboratório, geralmente aplicadas com telas serigráficas, sendo que a quantidade de camadas depende do revestimento e da cor que o cliente exigir, conforme informações obtidas nas empresas estudadas.

Durante a esmaltação de suportes queimados (peças cerâmicas) depara-se com a difusão (migração) de água do esmalte para o suporte dependendo da capilaridade do mesmo. Isso permite a absorção, facilita a aderência ao suporte e condiciona a extensão do esmalte, assim como o seu tempo de secagem. Isto implica a necessidade de controle da velocidade de absorção do biscoito, propriedade que depende da composição de base do suporte, do grau de sinterização ou queima do biscoito, da densidade e viscosidade do próprio esmalte. O excesso do esmalte pulverizado, que não cobriu no revestimento, escorre por uma calha e volta para o depósito de esmalte, de onde é novamente bombeado e pulverizado. Toda vez que a cor do esmalte for trocado, é necessário lavar o tanque para poder receber a nova cor (OLIVEIRA, 2000).

## **6) Queima**

A função da queima é a sinterização das peças cerâmicas, a vitrificação dos esmaltes e a estabilização das cores. A queima pode ocorrer em uma única etapa, sendo chamada de monoqueima, ou se dividir em duas etapas, biqueima, ocorrendo primeiro a sinterização das peças antes da decoração e após esta etapa ocorre a segunda queima para cumprir seus objetivos, ou seja, a vitrificação dos esmaltes e estabilização das cores (FERRARI, 2000).

### **III.6 Principais Impactos Ambientais da Indústria Cerâmica**

Partindo-se do princípio de que aspectos ambientais são inevitáveis, e os impactos previsíveis, a empresa tem a responsabilidade de lidar com este fator da melhor forma possível, por isso, muitos estudos têm sido desenvolvidos para promover a redução de geração, o tratamento, a reutilização e a disposição correta de resíduos. A adequação de um empreendimento em relação ao meio ambiente é realizada utilizando como parâmetros as especificações legais e reguladoras.

Os principais impactos ambientais da produção de revestimento cerâmico estão relacionados à emissão na atmosfera de pós e gases, à descarga de águas residuais e à geração de rejeitos e resíduos sólidos (FERRARI & FIGUEIREDO FILHO, 2001).

Segundo FIGUEIREDO (2001), os processos que merecem mais atenção na indústria cerâmica são: a eliminação de resíduos líquidos e sólidos (raspas) provenientes de equipamentos no processo de fabricação da massa atomizada, na moagem de massa e esmaltes e no estoque de matérias-primas; a eliminação de gases da queima dos fornos; e o controle do processo de extração de água de poços artesianos.

Os resíduos encontrados em abundância no processo de fabricação de revestimentos cerâmicos são: restos de matérias-primas, aditivos e peças cruas (resíduos crus); resíduos da depuração de gases; produtos acabados fora de especificações ou normas (resíduos queimados); lamas provenientes do tratamento de água, geradas nas operações de limpeza, nas etapas de preparação e aplicação dos esmaltes (MONFORT et al., 1996). Em relação à poluição atmosférica, um dos

impactos ambientais originados pela indústria cerâmica é a utilização de energia térmica, sendo necessário reduzir o consumo de energia e utilizar combustíveis menos poluentes.

Conforme LOPES (2001), a indústria cerâmica utiliza certos materiais que, através de seu processamento, provoca a emissão de fluoretos para a atmosfera na forma gasosa ou como particulado. A emissão de fluoretos ocorre durante a queima resultante da decomposição térmica das matérias-primas e pode ser solucionado através do controle do processo e da instalação de filtros, consistindo em medidas de fim de linha. A emissão desses gases causam doenças respiratórias, corrosão de materiais, perda do brilho de vidros, toxicidade para plantas com implicações na cadeia alimentar humana e chuvas ácidas (ALMEIDA et al, 2001).

---

Os efluentes líquidos contendo materiais sólidos em suspensão, são gerados na lavagem do piso da fábrica, abrangendo as linhas de produção, os equipamentos de serigrafia, os moinhos de preparação de esmaltes e demais equipamentos. Esse lodo, também denominado de “raspas” ou “lama”, contém metais tóxicos classificados como Classe I e Classe II, necessitando de uma disposição controlada. A parte líquida pode ser reaproveitada nos processos de lavagem da fábrica após tratamento químico (FERRARI et al., 2002).

Os QUADROS 3.2 e 3.3 demonstram os aspectos e impactos ambientais levantados através das referências bibliográficas acima citadas e do levantamento de campo realizado. Não foi possível ter acesso às informações sobre a classificação dos resíduos sólidos gerados (classe II - não inerte; classe III - inerte).

QUADRO 3.2: Aspectos ambientais evidenciados na indústria cerâmica de revestimento (via úmida)

| ATIVIDADES | ASPECTOS                                               |                                                                |                                 |                                                                        |             |                                         |
|------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|
|            | AR                                                     | ÁGUA                                                           | SOLO                            | MEIO ANTROPICO                                                         | FAUNA/FLORA | RECURSOS NATURAIS                       |
| Moagem     | Geração de particulados                                | Utilização de grande quantidade; Geração de efluente líquido;  | Geração de sedimentos/ resíduos | Geração de ruído                                                       |             | Utilização de matérias-primas e energia |
| Atomização | Geração de partículas em suspensão e gases em exaustão | Geração de efluente líquido (proveniente da lavagem dos pisos) | Geração de resíduos sólidos     | Geração de ruído; Emissão de calor                                     |             | Utilização de matérias-primas e energia |
| Prensagem  | Geração de partículas em suspensão                     |                                                                | Geração de resíduos sólidos     | Geração de ruído                                                       |             | Utilização de energia                   |
| Secagem    | Geração de partículas em suspensão e gases em exaustão |                                                                | Geração de resíduos sólidos     | Geração de ruído                                                       |             | Utilização de energia                   |
| Esmaltação | Geração de partículas em suspensão                     | Utilização de grande quantidade; Geração de efluente líquido   | Geração de resíduos sólidos     | Geração de ruído                                                       |             | Utilização de matérias-primas e energia |
| Queima     | Eliminação de gases tóxicos; Emissão de calor          |                                                                | Geração de resíduos sólidos     | Geração de ruído; Emissão de calor; Exposição à radiação não-ionizante |             | Utilização de combustível e energia     |

FONTES: ALMEIDA et al.(2001); FERRARI (2000); FERRARI et al. (2001), (2002); FIGUEIREDO (2001); HIDROAMBIENTE (2000); LOPES (2001); MONFORT et al. (1996); PALMONARI et al. (2002).

QUADRO 3.3: Impactos ambientais gerados na indústria cerâmica de revestimento

| ATIVIDADES | IMPACTOS                                             |                                                                   |                                                  |                                                                |                                                                                                                                                        |                                                 |
|------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|            | AR                                                   | ÁGUA                                                              | SOLO                                             | MEIO ANTROPICO                                                 | FAUNA/FLORA                                                                                                                                            | RECURSOS NATURAIS                               |
| Moagem     | Alteração da qualidade do ar                         | Alteração da qualidade da água                                    | Ocupação de terras úteis para fins de disposição | Poluição sonora e danos à saúde humana                         | Afugentamento da fauna; Fragilização do ecossistema                                                                                                    | Redução da disponibilidade de recursos naturais |
| Atomização | Alteração da qualidade do ar                         | Alteração da qualidade da água; Alteração do pH dos cursos d'água | Ocupação de terras úteis para fins de disposição | Poluição sonora e danos à saúde humana                         | Fragilização do ecossistema; Redução da biodiversidade                                                                                                 | Redução da disponibilidade de recursos naturais |
| Prensagem  | Alteração da qualidade do ar                         |                                                                   | Ocupação de terras úteis para fins de disposição | Poluição sonora e danos à saúde humana                         | Contaminação da flora; Afugentamento da fauna; Fragilização do ecossistema; Redução da biodiversidade                                                  | Redução da disponibilidade de recursos naturais |
| Secagem    | Alteração da qualidade do ar                         |                                                                   | Ocupação de terras úteis para fins de disposição | Poluição sonora e danos à saúde humana                         | Fragilização do ecossistema; Redução da biodiversidade                                                                                                 | Redução da disponibilidade de recursos naturais |
| Esmaltação | Alteração da qualidade do ar                         | Alteração da qualidade da água; Alteração do pH dos cursos d'água | Ocupação de terras úteis para fins de disposição | Danos à saúde humana; Alteração do pH do solo                  | Contaminação da flora; Afugentamento da fauna; Fragilização do ecossistema                                                                             | Redução da disponibilidade de recursos naturais |
| Queima     | Alteração da qualidade do ar; Aumento da temperatura | Alteração do pH dos cursos d'água                                 | Ocupação de terras úteis para fins de disposição | Poluição sonora; Danos à saúde humana; Alteração do pH do solo | Contaminação da flora; Afugentamento da fauna; Fragilização do ecossistema; Redução da produtividade em áreas agrícolas e da biodiversidade do entorno | Redução da disponibilidade de recursos naturais |

FONTES: ALMEIDA et al.(2001); FERRARI (2000); FERRARI et al. (2001), (2002); FIGUEIREDO (2001); HIDROAMBIENTE (2000); LOPES (2001); MONFORT et al. (1996); PALMONARI et al. (2002).

Através de programas de otimização nas etapas do processo é possível conseguir economias significantes. A reciclagem e reutilização no processo também colaboram para um maior controle e mitigação dos impactos ambientais gerados, tais como (MONFORT, 1996):

- 1) reciclagem no processo de preparação de massas, reutilizando a lama como matéria-prima, eliminando resíduos no próprio processo produtivo;
- 2) reciclagem na fabricação de fritas e esmaltes, reutilizando também a lama do tratamento de águas;
- 3) reutilização de lamas como aditivo na fabricação de outros produtos, por exemplo, ladrilhos cerâmicos e argilas expandidas.

Conforme FERRARI (2000), a adequação ambiental deve estar centrada nos seguintes pontos: preparação da formulação de massa do corpo cerâmico, preparação de tintas e vidrados, linha de decoração (esmaltação), caixa de captação e liberação para rede pública dos efluentes líquidos, água de abastecimento e laboratório de controle de qualidade.

Tem-se reparado a disposição das empresas em compatibilizar o seu crescimento econômico com a conservação e preservação do meio ambiente e que as novas empresas estão se preocupando desde a implantação da fábrica, facilitando assim a adequação e funcionamento dos processos limpos. No Brasil existem alguns exemplos práticos da aplicação desses processos de otimização, como a captação de pó gerado durante o processo de fabricação e movimentação da fábrica, a reutilização de 100% da água empregada no processo fabril (circuito fechado), a reciclagem do lixo, a filtragem de gases que contém partículas sólidas em suspensão, o reaproveitamento dos efluentes líquidos e resíduos provenientes de limpeza dos equipamentos e na fabricação da massa, o reaproveitamento do ar quente eliminado pela chaminé dos fornos para a secagem das peças, a instalação de filtros de mangas para a eliminação de partículas sólidas em suspensão no ar e hidro-filtro nas cabines de aplicação de esmalte dos pisos, ressaltando sempre que não basta a empresa investir em equipamentos de controle se os funcionários não estiverem preparados e conscientizados para a redução e prevenção da poluição (FIGUEIREDO, 2001).

## **CAPÍTULO IV – APLICAÇÃO DO FMEA NA INDÚSTRIA CERÂMICA**

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos da utilização do FMEA em algumas empresas cerâmicas de revestimento.

### **IV.1 ABORDAGENS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **A) Seleção das empresas**

A seleção das 4 indústrias resultou de um processo iniciado por contatos telefônicos junto à Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM) e Sindicato dos Ceramistas (SINCER), que tinham como objetivo traçar um quadro das principais indústrias do ramo no Estado de São Paulo. Inicialmente foram elencadas e contactadas 12 empresas, das quais selecionou-se 4 que foram receptivas à realização do trabalho em questão, desde que não fossem identificadas. Todas as demais demonstraram não haver disponibilidade de tempo para atender às demandas que a pesquisa implicaria.

#### **B) Reconhecimento do processo produtivo e identificação de impactos ambientais**

Antes de iniciar as visitas às empresas, foi feito um levantamento bibliográfico para o detalhamento do processo da fabricação de revestimentos cerâmicos, conforme descrito no item III.5.2 no capítulo III e para identificação dos seus prováveis impactos ambientais gerados, conforme descrito no item III.6, capítulo III, para preparação do material de avaliação.

Antes de aplicar o FMEA, foi feito um reconhecimento do processo em cada empresa a ser estudada juntamente com um funcionário para familiarização do processo e para facilitar a compreensão de cada etapa. Foi detalhado em cada uma delas um fluxograma do processo e respectivas tarefas, para poder quantificar os aspectos ambientais correspondentes a cada tarefa do processo.

Foi enviado às empresas selecionadas e às demais, um questionário contendo 96 questões sobre a relação da empresa com o meio ambiente, baseado na ISO 14004 e em material de Auditoria

Ambiental. Todavia, apenas na última visita em cada empresa, o questionário foi respondido pessoalmente, após ter sido revisado e resumido ao máximo, contendo 33 questões, conforme ANEXO 1.

Nas visitas em que foi aplicado o FMEA pela primeira vez, sentiu-se a necessidade de um instrumento de apoio, então no retorno às empresas, aplicou-se a Matriz de Interação (conforme ANEXO 2) como agente de facilitação, para complementar e facilitar a identificação de aspectos e impactos ambientais.

O levantamento foi realizado partindo-se da premissa que o entrevistado não estava “mascarando” nem ocultando informações, apesar de que em nenhuma das empresas foram disponibilizados dados a respeito de quantidades emitidas e permitidas de gases e poeiras.

### C) Modelo de FMEA e sua adaptação ao estudo de caso

O FMEA é o método básico considerado neste trabalho como de fundamental importância por proceder e condicionar o estabelecimento dos objetivos e metas que, por sua vez, determinará a eficácia do SGA, para o atendimento à melhoria contínua (IQA, 1997).

O modelo de FMEA aplicado neste trabalho foi uma combinação das adaptações do FMEA feitos pela Odebrecht e pela AFL. A escolha da adaptação da Odebrecht deve-se ao fato dela incluir uma análise completa dos aspectos enquanto causa dos impactos, para ampliar o rigor da avaliação, além de contribuir com a melhoria no processo de produção uma vez que, ao identificar e avaliar os aspectos, são identificadas as possíveis causas do impacto. Ressalta-se ainda que os cálculos dos indicadores que determinaram a significância dos impactos, têm a severidade como termo de ponderação comum à todos. Considerou-se que esse procedimento traz maior rigor ao processo.

Quanto aos valores de significância calculados e atribuídos aos 3 critérios (severidade, ocorrência e detecção), foi escolhida a adaptação da AFL que usa a escala de pontuação de 1 a 10. Comparada à pontuação adotada pela Odebrecht (1, 4 e 10), considerou-se que o resultado

terá um potencial menor de erro, uma vez que um leque maior de pontuação elimina parte das tendenciosidades e subjetividades que o método implica.

As demais adaptações foram preteridas devido às razões que seguem:

- a) No caso da AFL, o processo de avaliação só pode ser finalizado após as ações corretivas e preventivas serem tomadas.
- b) Na aplicação da ETA de Jaguariúna, a caracterização do impacto é feita, porém não se avalia em nenhum momento todo o processo, não avalia o modo nem o efeito de falha.
- c) Na adaptação da Ultrafértil apenas é realizada a análise do processo após a avaliação de significância do impacto.
- d) O FMEA da Alcoa aponta no processo apenas os sistemas atuais de prevenção/detecção e acrescenta o nível de contribuição para o cálculo de significância, além dos critérios de severidade, ocorrência e detecção, para a efetiva ocorrência do impacto. Apesar de ter sido considerada uma inovação que acresce mais rigor ao processo, não foi possível adotá-la nesse trabalho por falta de acesso às informações mais detalhadas que seriam necessárias. Seus critérios de avaliação são estimados em 4 níveis, podendo apresentar margem de erro.

Definido o processo a ser utilizado, o próximo passo foi o conhecimento detalhado do fluxograma dos processos e respectivas atividades. Concluída a fase de análise e descrição dos processos e tarefas de um sistema, deu-se início à identificação dos aspectos e a avaliação dos impactos associados, para o que é fundamental à compreensão das definições e dos conceitos aplicáveis, conforme estabelecido pela norma ABNT/ ISO 14001. Após identificados os aspectos e impactos ambientais, foi aplicado o método FMEA para avaliação de significância.

Foram consideradas as atividades mais importantes do processo da indústria cerâmica de revestimento, já detalhadas no item III.5.2, do capítulo III. Partiu-se do pressuposto que todas estão de acordo com a legislação vigente, conforme declaração das empresas, sem possibilidade de verificação. As atividades foram identificadas e detalhadas por um representante de cada empresa analisada. Utilizando a sistemática de avaliação, os aspectos ambientais relevantes foram identificados para cada atividade e em seguida, associados os impactos ambientais decorrentes.

Conforme QUADRO 4.1, foi usada a seguinte sistemática de avaliação, sendo os critérios baseados no método da Odebrecht e os parâmetros utilizados para quantificar a Ocorrência, Detecção e Severidade, baseados no método adaptado pela AFL.

QUADRO 4.1: FMEA aplicado neste trabalho

ÁREA: DATA:  
 PROCESSO: ELABORAÇÃO:  
 ATIVIDADE:

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS (I) |     |                                      |     |                                       |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS (II) |                          |     |         |         |
|------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|-----|-------------------------------------|--------------------------|-----|---------|---------|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO (1)           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL (3) | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO (5) | D T | P O | A T                                 | DESCRIÇÃO DO IMPACTO (2) | S V | NPC (4) | NPR (5) |
|                                    | 2   |                                      | 4   |                                       | 6   | 7   | 1                                   |                          | 3   |         |         |
|                                    |     |                                      |     |                                       |     |     |                                     |                          |     |         |         |

CR: Característica crítica (S/N);  
 OC: Probabilidade da ocorrência da causa;  
 DT: Detecção do controle na causa e no aspecto;  
 PO: Potencial de ocorrência do aspecto não controlado (OC x DT);  
 AT: Atendimento à legislação;  
 SV: Severidade do impacto;  
 NPC: Número de Prioridade de Controle (Maior OC x SV);  
 NPR: Número de Prioridade de Risco (Maior PO x SV).

I) Análise dos prováveis aspectos: nesta etapa são analisados todos os aspectos ambientais relacionados à atividade.

1) Identificação do aspecto: identificar os aspectos ambientais relacionados à cada atividade do processo.

2) Criticidade (CR): analisar se o aspecto apresenta característica crítica. Se apresentar, continuar a avaliação. Se não apresentar, passar para o próximo aspecto.

3) Provável causa real ou potencial: identificar as causas reais ou potenciais do aspecto (e não do impacto).

4) Ocorrência (OC): para cada causa (pode existir mais de uma), analisar sua probabilidade de ocorrência. É estimada conforme QUADRO 4.2.

QUADRO 4.2: Parâmetros para pontuação de probabilidade de ocorrência.

| Probabilidade de Falha                                                                                                                                                                                              | Taxas de falha possíveis                   | Índice de Ocorrência |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
| Muito alta: aspecto e seu impacto associados são inevitáveis, de forma elevada e irreversível.<br>Muito alta: aspecto e seus impactos são quase inevitáveis e ocorrem de forma irreversível.                        | Qualquer ocorrência                        | 10                   |
|                                                                                                                                                                                                                     | Ocorre com alta frequência                 | 9                    |
| Alta: aspectos (falhas) repetitivos, seguidamente gerando impactos de elevado grau.<br>Alta: aspectos cíclicos, de elevado impacto ocorrendo de forma periódica.                                                    | Ocorre com frequência de alta à moderada   | 8                    |
|                                                                                                                                                                                                                     | Ocorre com frequência de alta à moderada   | 7                    |
| Moderada: aspectos ocasionais, gerando impactos de médio impacto.<br>Médio impacto: aspectos cíclicos gerando impactos de médio impacto.<br>Baixo impacto: aspectos cíclicos gerando impactos de baixa intensidade. | Ocorre ocasionalmente                      | 6                    |
|                                                                                                                                                                                                                     | Ocorre com frequência moderada             | 5                    |
|                                                                                                                                                                                                                     | Ocorre ocasionalmente, poucas vezes        | 4                    |
| Baixa: muitos aspectos com baixos impactos.                                                                                                                                                                         | Ocorre poucas vezes                        | 3                    |
| Muito baixa: poucos aspectos com baixos impactos.                                                                                                                                                                   | Difícil de ocorrer, frequência muito baixa | 2                    |
| Remotas: aspectos são incomuns e impactos são improváveis de ocorrerem.                                                                                                                                             | Não ocorre                                 | 1                    |

FONTE: AFL (2001)

5) Controles sobre a causa e aspecto: devem ser identificados os controles no possível aspecto ou nas suas possíveis causas. São considerados controles: instalações, equipamentos, instrumentos ou procedimentos/instruções que objetivam controlar os aspectos ou suas causas de forma a minimizar sua ocorrência.

6) Detecção (DT): avaliação da eficácia do controle em detectar os modos de falha antes que o impacto seja gerado. É estimada conforme QUADRO 4.3.

QUADRO 4.3: Critérios de avaliação para detecção.

| Detecção do Controle e Monitoramento ambiental | Critério: Existência da probabilidade de um aspecto e seu impacto serem detectados pelos controles de processo | Pontuação |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Quase impossível                               | Não conhecido(s) controle(s) disponível(is) para detectar o modo de falha.                                     | 10        |
| Muito remota                                   | Probabilidade muito remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                     | 9         |
| Remota                                         | Probabilidade remota de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                           | 8         |
| Muito baixa                                    | Probabilidade muito baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                      | 7         |
| Baixa                                          | Probabilidade baixa de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                            | 6         |
| Moderada                                       | Probabilidade moderada de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                         | 5         |
| Moderadamente alta                             | Probabilidade moderadamente alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.               | 4         |
| Alta                                           | Probabilidade alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                             | 3         |
| Muito alta                                     | Probabilidade muito alta de que o(s) controle(s) atual(is) irá detectar o modo de falha.                       | 2         |
| Quase certamente                               | Controle(s) atual(is) quase certamente irá detectar o modo de falha.                                           | 1         |

FONTE: AFL (2001)

7) Potencial de Ocorrência (PO): calcular o potencial de ocorrência do aspecto não controlado, considerando a ocorrência e a detecção,  $PO = OC \times DT$ .

II) Análise dos prováveis impactos: são analisados todos os impactos ambientais gerados pelos aspectos ambientais para, em seguida avaliar sua significância.

1) Atendimento à legislação (AT): verificar se atende aos padrões internos e legislativos. Preencher com sim (S) ou não (N).

2) Identificação do impacto: identificar os impactos gerados pelos aspectos identificados anteriormente.

3) Análise de severidade (SV): a gravidade do impacto ambiental é avaliada pela severidade, sendo estimada conforme QUADRO 4.4.

#### QUADRO 4.4: Critérios para severidade.

| Efeito                    | Critério: Severidade do Efeito                                                                                                                                                                                                                             | Índice de Severidade |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Perigoso sem aviso prévio | Pode pôr em risco as partes interessadas. Pontuação muito alta de severidade: quando um modo de efeito de falha potencial for um impacto irreversível ou envolver discordância com leis governamentais sem aviso prévio.                                   | 10                   |
| Perigoso com aviso prévio | Pode pôr em perigo as partes interessadas. Pontuação de muito alta severidade: quando um modo de efeito de falha potencial for um impacto irreversível ou envolve a não concordância com leis governamentais conhecidas. As falhas irão ocorrer sem aviso. | 9                    |
| Muito alto                | Perda da função primária e não atende à legislação. Partes interessadas muito insatisfeitas.                                                                                                                                                               | 8                    |
| Alto                      | Perda da função primária ambiental e com redução do nível de desempenho. Partes interessadas insatisfeitas e não atendimento à legislação.                                                                                                                 | 7                    |
| Moderado                  | Perda da função primária e atende à legislação. Partes interessadas insatisfeitas.                                                                                                                                                                         | 6                    |
| Baixo                     | Sem perda da função primária, mas atende totalmente à legislação.                                                                                                                                                                                          | 5                    |
| Muito baixo               | Impacto moderado, atende à legislação e a função primária é ameaçada.                                                                                                                                                                                      | 4                    |
| Menor                     | O impacto avaliado é pequeno, não está em conformidade, requer estudo ambiental, foi detectado na empresa e houve grande reclamação da população.                                                                                                          | 3                    |
| Muito menor               | O impacto avaliado é pequeno, não está em conformidade, requer estudo ambiental, foi detectado na empresa e houve pouca reclamação da população.                                                                                                           | 2                    |
| Nenhum                    | Nenhum efeito.                                                                                                                                                                                                                                             | 1                    |

FONTE: AFL (2001)

4) Número de Prioridade de Controle (NPC): é a indicação da importância do controle das causas (aspectos) dos impactos na atividade analisada, considerando a ocorrência e a severidade, onde:  $NPC = OC \times SV$ . Será apontado como impacto significativo aquele que apresentar NPC maior ou igual a 40.

5) Número de Prioridade de Risco (NPR): é a indicação do nível de risco envolvido na atividade analisada, considerando o potencial de ocorrência e a severidade, onde:  $NPR = PO \times SV$ . Será apontado como impacto significativo aquele que apresentar NPR maior ou igual a 160.

## IV.2 Aplicação e análise do FMEA às empresas selecionadas

### IV.2.1 Estudo da Empresa I

A empresa I foi fundada em 1964, iniciando suas atividades fabris em 1965. Atualmente sua produção é estimada em 190.000 m<sup>2</sup>/mês de revestimentos, contando com 420 funcionários. Está concentrada numa área de 115.000 m<sup>2</sup>, sendo a área de processamento de 31.000 m<sup>2</sup>. Seus produtos apresentam 7 tamanhos variados, sendo o formato das pastilhas 2,50 x 2,50; 4 x 4; 5 x 5;

5 x 10 e o formato dos revestimentos 5 x 10; 7,5 x 7,5 e 10 x 10. Toda a área produtiva é controlada rigorosamente como: perdas, colagem, m<sup>2</sup> produzidos, temperaturas dos fornos, consumo de matéria-prima, consumo de esmaltes, embalagens, energia elétrica, gás GLP. Ocorre também a monitoração da produção pelos gerentes de todas as áreas, demonstrando a preocupação em manter a qualidade dos produtos oferecidos pela empresa. Possui a certificação da ISO 13006, de produção de placas cerâmicas para revestimento de piso e parede, e está implantando a ISO 9000.

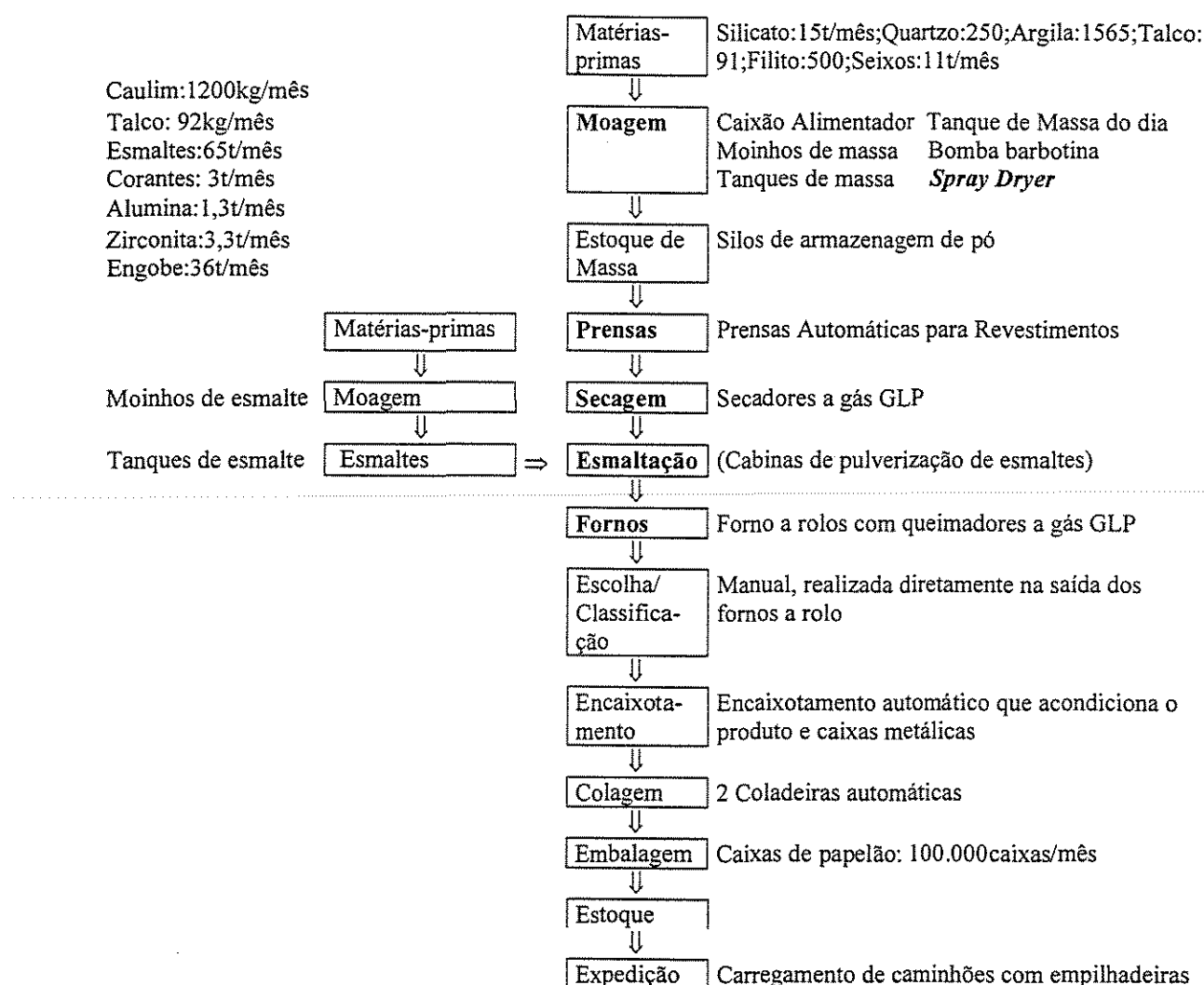
A primeira visita em junho de 2000, foi acompanhada pelo Gerente Administrativo, logo substituído por um funcionário da produção que explicou todo processo (via úmida), conforme demonstra a FIGURA 4.1. Esta visita foi apenas para reconhecimento da área e para explicar qual a finalidade da pesquisa.

Na segunda visita, em agosto de 2001, foi aplicado o FMEA juntamente com o Engenheiro Químico responsável pelo Departamento de Produção e com o Técnico Químico responsável pelo Departamento de Qualidade, que acompanhou numa segunda visita à produção, para observar certos pontos específicos que passaram despercebidos na primeira vez. Após concordância em responder ao questionário, este fora enviado por e-mail à empresa, que não respondeu.

Foi necessária uma terceira visita, que ocorreu em fevereiro de 2002, para complementar o levantamento e responder ao questionário. O mesmo Engenheiro Químico acompanhou os trabalhos com maior receptividade e interesse no método aplicado.

O monitoramento de impactos ambientais é feito periodicamente através da vistoria da CETESB e o controle interno é feito por uma firma contratada a cada 3 ou 6 meses, dependendo da necessidade. Também existe uma firma contratada para calibrar e amostrar os equipamentos e sistemas de medição a cada 4 ou 6 meses. A avaliação do cumprimento da legislação é feito através do Departamento Administrativo.

FIGURA 4.1: Fluxo de produção de revestimentos da empresa I.



A empresa faz um acompanhamento diário da energia gasta, atualmente utilizando 640.000 kwh/mês e, em relação a água, utiliza 120.000 m³/dia, provenientes de poço artesiano, de água tratada e água reaproveitada do sistema interno de tratamento.

Para amenizar os impactos gerados, a empresa possui caixas de decantação e lagoas de resíduos para tratamento de água, reaproveita parte dessa água no processo de fabricação. O lodo gerado no processo segundo o funcionário da empresa, após seco, volta para o processo; a água também retorna ao processo e o excedente é conduzido para o rio após passar pelas lagoas de decantação, existindo um projeto para a água toda retornar ao processo. O lixo gerado pela empresa em geral é recolhido pela prefeitura.

Os dirigentes e técnicos da empresa têm consciência do que está errado e do que pode mudar, consideram que falta apenas um ajuste de verba e tempo para assimilação de todo o grupo. Como estão implantando a ISO 9000 por sentirem cobrança no mercado competitivo, o próximo passo, conforme informação fornecida, será a certificação ISO 14001.

Foram identificados, com a utilização da matriz de interação, um total de 21 aspectos e 29 impactos ambientais. Desses 29 impactos, 11 foram considerados significativos por apresentarem NPC maior ou igual a 40, conforme demonstram os QUADROS 1 a 9 do ANEXO 3.1. Todos os modos de falha são detectados com eficiência, pois a avaliação não apontou nenhum NPR com valor acima ou igual a 160.

---

Os 21 aspectos apresentados podem ser reunidos em: geração de poeira, geração de ruído, utilização de água (recursos naturais), geração de efluente líquido e emissão de calor, sendo os mais evidentes apontados pelo FMEA: a geração de poeira e de ruído.

Os impactos ambientais identificados em cada etapa analisada e avaliados como significativos foram agrupados em:

- Alteração da qualidade do ar: na moagem, atomização e prensagem;
- Alteração da qualidade da água: na moagem e esmaltação;
- Poluição sonora: na moagem, prensagem, colagem e expedição;
- Danos à saúde: na moagem, atomização, prensagem, queima, colagem e expedição.

Os impactos ambientais foram considerados significativos devido à atenção especial atribuída à severidade dos efeitos da falha, indicados pelo NPC alto. Em quase toda a área da fábrica ocorre geração de poeira e ruído, provocando danos à saúde humana, apesar da empresa possuir um filtro manga para controle de particulados e monitorar ruído periodicamente, além de todos os funcionários utilizarem equipamentos de proteção individual (EPI) corretamente.

#### IV.2.2 Estudo da Empresa II

A empresa II é a mais nova das estudadas, sendo que está em atividade há apenas 8 anos. Apresenta uma produção média de 400.000 m<sup>2</sup>/mês de revestimentos, empregando atualmente 101 funcionários, sendo 94 na produção e 7 no escritório. Seus produtos variam em dois tamanhos diferentes: 20 x 30 e 30 x 30.

Neste caso, o acompanhamento sempre foi feito pelo Gerente do Departamento de Compras, Administrador de Empresas, que também responde pelo controle ambiental. Apesar de apresentar sempre muita receptividade, não foi possível entrar em contato com outros funcionários, mais especificamente envolvidos com a produção.

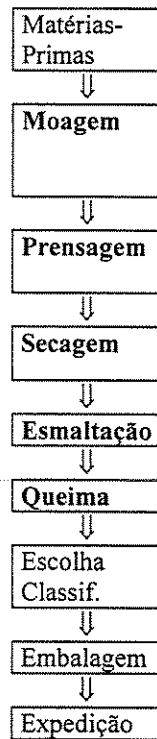
---

O número de visitas necessárias e as datas coincidem com as da empresa I. Primeiramente foi feita a visita de reconhecimento do processo, demonstrado na FIGURA 4.2, em junho de 2000, depois a aplicação do FMEA em agosto de 2001 e finalmente, a complementação com a Matriz de Interação e o questionário em fevereiro de 2002. O questionário foi entregue antes da segunda visita via correio eletrônico, mas também teve que ser respondido pessoalmente.

A empresa contrata uma prestadora de serviço que faz a medição do ruído a cada 2 meses e exame médico periódico, responsável também pela calibração e amostragem dos equipamentos e sistemas de medição e monitoramento. O serviço relacionado à legislação é contratado quando há necessidade.

Atualmente o gasto de energia é de 350.000 kwh/mês, acompanhado e revisado diariamente, existindo uma empresa contratada para estudar a redução do consumo continuamente. A água não é mensurada, sendo consumida aproximadamente 20.000 l/mês, proveniente de poço artesiano e rio. Existe uma estação de tratamento de água, com a qual se viabiliza o reaproveitando de 60% da água e o restante é jogado no rio após decantação.

FIGURA 4.2: Fluxo de produção da empresa II



Aos poucos a empresa II vai se adequando às exigências da CETESB. Como é uma empresa nova tem um grande potencial para médio e longo prazo atuar de forma ambientalmente correta, pois com pouca verba já tem projetos diferenciados, como a oficina de reciclagem de lixo dentro da própria empresa, consultoria contratada para estudar a redução de consumo de energia, além de outro estudo visando a reciclagem do lodo gerado no processo.

O lodo produzido é reciclado em firma especializada e posteriormente volta ao processo. O lixo é reciclado na própria empresa, que o vende como sucata, sendo tudo otimizado, não acumulam nada. Os requisitos legais e outros aplicáveis são acionados conforme exigência da CETESB, que vistoria a empresa a cada 60 dias, e através das Normas Regulamentadoras.

Apesar de ser uma empresa pequena e nova, procura informalmente no seu dia-a-dia e através de palestras, conscientizar seus funcionários, estando sempre em busca de novas e eficientes soluções para seus problemas.

Foram identificados 16 aspectos e 28 impactos ambientais, sendo que 7 impactos foram considerados significativos, apontando 1 NPR  $\geq 160$  e 7 NPC  $\geq 40$ , conforme QUADROS 1 a 7 do ANEXO 3.2. Esta é a única das quatro empresas que não adota o processo por via úmida, o que pode ter influenciado na quantidade de aspectos e impactos ambientais indetificados. A avaliação demonstrou que, para a emissão de gases na etapa da queima, não está ocorrendo detecção eficiente do modo de falha, não existindo um controle e é significativa a severidade dos efeitos da falha que causam danos ao equipamento da fábrica, danos à saúde humana, alteração da qualidade do ar, poluição sonora e contaminação da água.

Os aspectos levantados podem ser reunidos em: geração de ruído, de poeira e de efluente líquido; emissão de gases para a atmosfera; geração de incômodo para o funcionário devido esforço repetitivo. A empresa no geral apresenta geração de ruído resultando em poluição sonora e danos à saúde humana.

Os impactos ambientais significativos e as atividades correspondentes são:

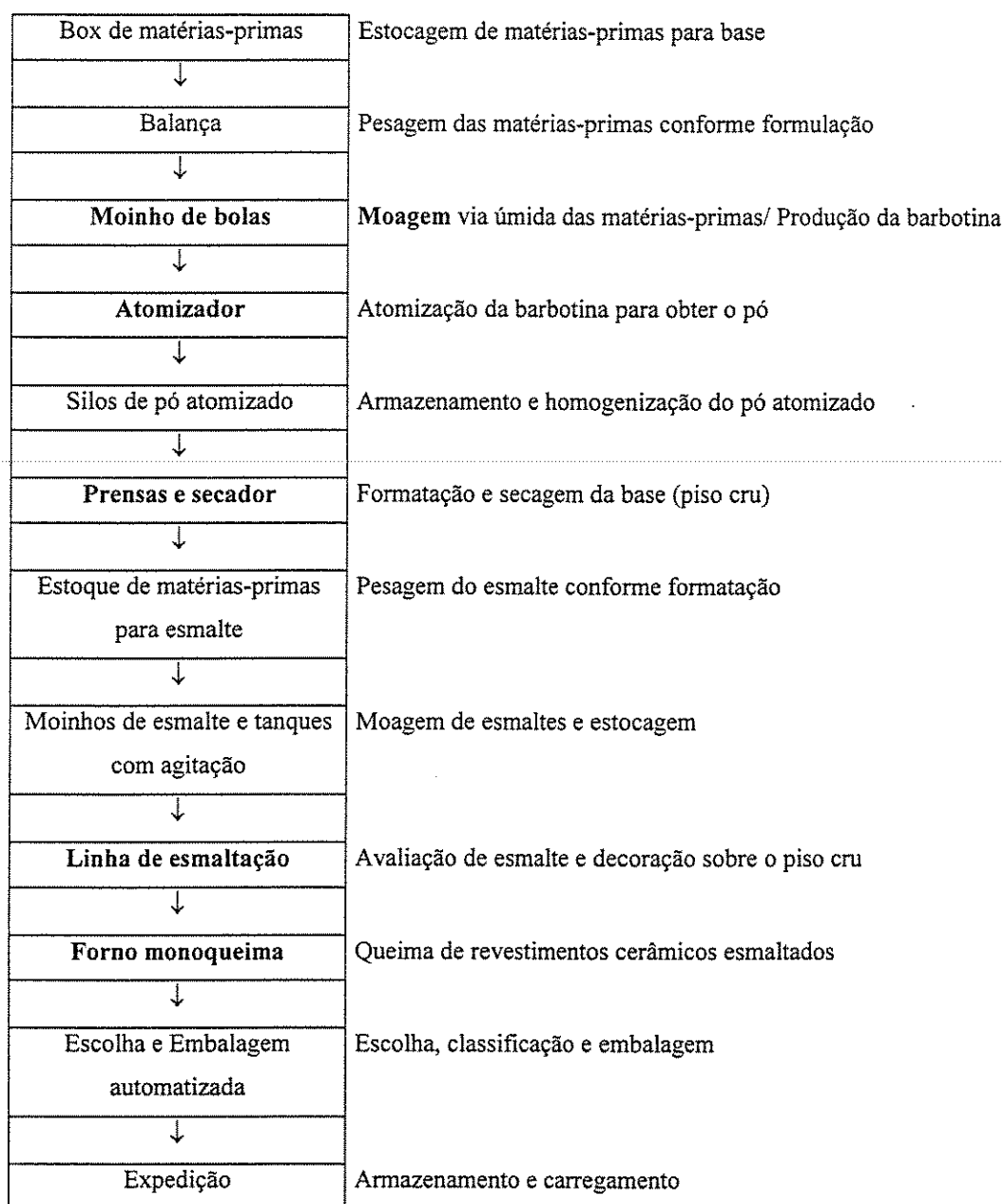
- Danos ao equipamento da fábrica: moagem;
- Danos à saúde humana: moagem, prensagem, secagem, queima e escolha;
- Alteração da qualidade do ar: prensagem e queima;
- Poluição sonora: prensagem e secagem;
- Contaminação de água: esmaltação.

#### **IV.2.3 Estudo da Empresa III**

A empresa III foi fundada em 1964, possuindo 150 funcionários com produção total de 410.000 m<sup>2</sup>. A área total da empresa é de 173.997 m<sup>2</sup>, e a área construída totaliza 25.514 m<sup>2</sup>. Seus produtos variam em 6 tamanhos: 34 x 34; 20 x 20; 24 x 35; 20 x 25; 30 x 41; e futuramente será produzido 50 x 50.

Na empresa III, numa primeira visita, que foi realizada em agosto de 2001, foi feito o reconhecimento do processo demonstrado na FIGURA 4.3, e aplicação do FMEA.

FIGURA 4.3: Fluxo de produção de revestimentos da empresa III



Na segunda visita, em fevereiro de 2002, a aplicação da Matriz de Interação, a complementação do método e o preenchimento do questionário foi realizado sempre com o acompanhamento do Técnico de Segurança que também é o responsável pelo controle ambiental.

O processo industrial desde a primeira visita até a segunda apresentou mudanças significativas, sendo reaproveitada a água e o lodo em 100% no processo na Unidade II, reduzindo as perdas. Na Unidade II é consumida 15 m<sup>3</sup>/h e na Unidade I, 126 m<sup>3</sup>/dia e para consumo humano é gasto 20 m<sup>3</sup>/dia. É a única das quatro empresas a reaproveitar o calor do forno em outras etapas, apesar das demais saberem que é possível. Ela utiliza o calor do forno para secagem do piso na linha de esmaltação.

A empresa possui um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Foi providenciado um treinamento de conscientização ambiental para os funcionários através de reuniões com filmes e fotos, referentes a requisitos legais, riscos ambientais e outros assuntos.

---

Por estar se preparando para a certificação da ISO 14001, primeiramente a empresa está adequando seu processo industrial, para depois começar a implantar o Sistema de Gestão Ambiental. Atualmente possui a certificação ISO 13006 e ISO 9000.

Foram identificados 24 aspectos e 30 impactos ambientais correspondentes, sendo que 15 foram considerados significativos, pois apresentaram NPC maior ou igual a 40 e 3 desses com NPR maior que 160, conforme demonstram os QUADROS 1 a 7 do ANEXO 3.3. Não está sendo feito o controle devido à falha na detecção, gerando alteração da qualidade do ar por emissão de gases na atomização, na prensagem por geração de poeira e na esmaltação por emissão de particulados.

Os aspectos ambientais apresentados foram: emissão de particulados, geração de efluente industrial, emissão de ruído, geração de poeira, geração de efluente líquido, emissão de calor e ergonomia. Os impactos ambientais significativos relacionados à cada atividade são:

- Alteração da qualidade do ar: moagem, atomização, prensagem e esmaltação;
- Contaminação dos recursos hídricos: moagem e esmaltação;
- Danos à saúde humana: moagem, atomização, prensagem, queima e escolha.

#### IV.2.4 Estudo da Empresa IV

A empresa IV foi fundada em 1961, época em que não se falava em preservação e proteção ao meio ambiente. Possui 245 funcionários e sua produção total é de 500.000 m<sup>2</sup>/mês de revestimentos.

Na Empresa IV, em apenas uma visita foi realizado todo o conhecimento do processo, demonstrado na FIGURA 4.4, e a aplicação do FMEA e questionário. Para o conhecimento do processo um Técnico do Laboratório acompanhou a visita mostrando todas as etapas. O questionário foi respondido pelo Gerente de Qualidade, e o FMEA pelo Técnico de Segurança.

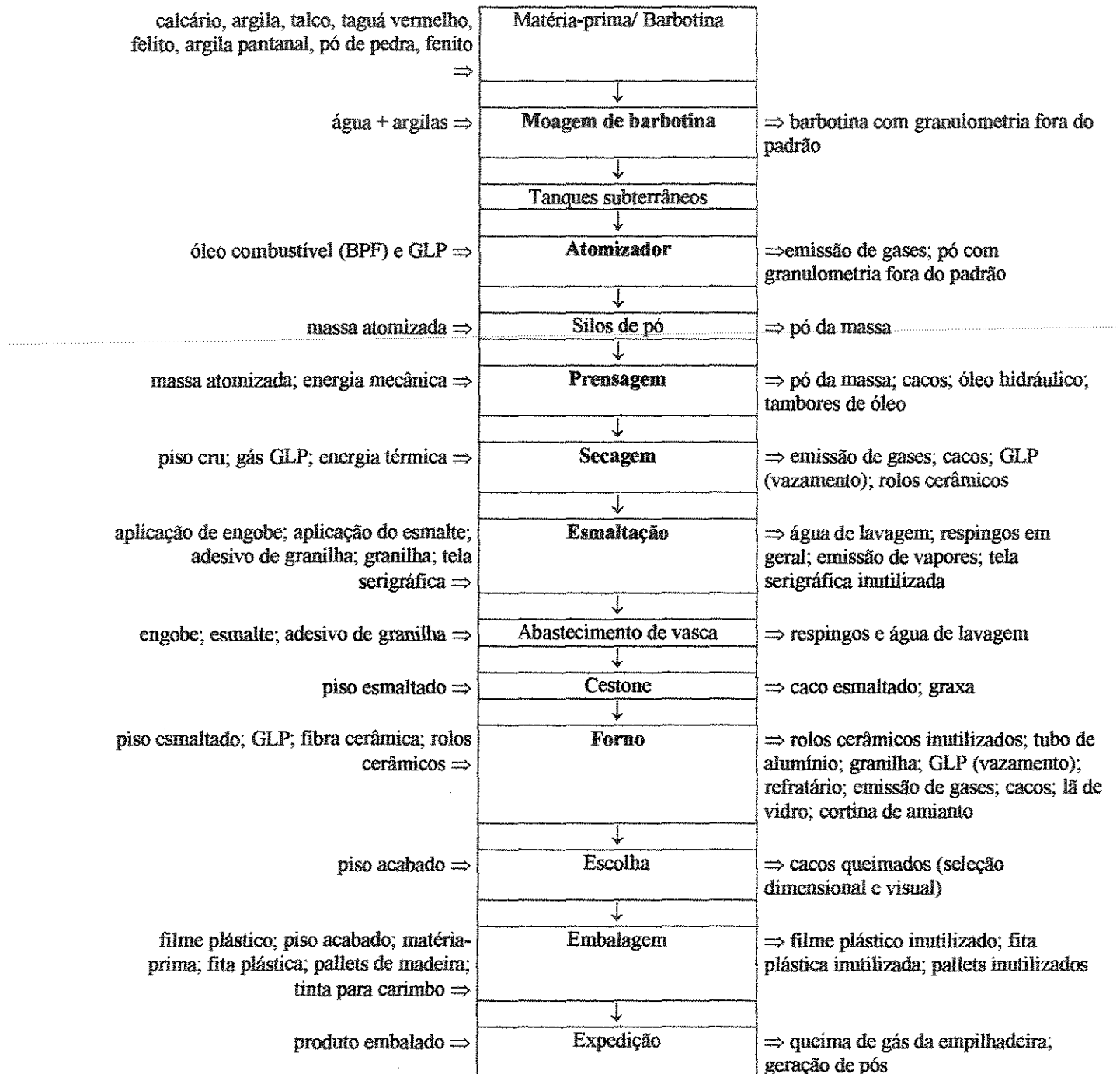
---

Neste caso, foi alcançado um resultado mais satisfatório devido a empresa possuir o mapeamento de riscos ambientais setorizados, realizado no ano de 2001, entre 27 de julho a 5 de setembro, coordenado pelo Técnico de Segurança e por já ter sofrido uma “auditoria ambiental” realizada por alunos do SENAI e possuir ISO 9000.

Na empresa IV não foi necessário utilizar a Matriz por existir o mapeamento de riscos ambientais setorizados, um instrumento que se apresentou muito eficaz, por ter sido realizada com cada equipe responsável, não necessitando reuni-los novamente, sendo listados, neste caso, apenas os impactos ambientais que atingem simultaneamente a área de saúde operacional e segurança do trabalho e a área de meio ambiente.

O monitoramento externo é periódico (anual) e o interno é feito pelo Técnico de segurança periodicamente, comunicando o resultado através de laudos técnicos. É realizada uma auditoria interna constantemente para avaliar periodicamente o cumprimento das disposições legais e outras exigências aplicáveis, assim como, Legislação Trabalhista, Normas Regulamentadoras e PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais). Todo funcionário que começa a trabalhar na empresa passa por um curso de Integração sobre normas de segurança, riscos ambientais, regulamento interno, etc.

FIGURA 4.4: Fluxo de produção da empresa IV demonstrando materiais utilizados e resíduos gerados em cada fase do processo.



A energia utilizada na empresa é continuamente acompanhada e revisada, gastando atualmente 900.000 kw. A água utilizada no processo é reaproveitada 100%, sendo utilizada 5.100.000 l/mês. Parte da poeira também é reaproveitada no processo.

Como a terceira empresa, esta também está se preparando para a certificação da ISO 14001, segundo o Diretor do Departamento de Qualidade, falta apenas tempo para implantarem o Sistema de Gestão Ambiental. A empresa tem condições de se adequar perfeitamente aos padrões estabelecidos pela norma certificadora.

Foram levantados 64 aspectos e 91 impactos ambientais, conforme QUADROS 1 a 10 do ANEXO 3.4. Desses impactos, 33 foram considerados significativos devido aos resultados do NPC serem maior ou igual a 40. Pelo fato do método não revelar nenhum NPR maior ou igual a 160, pode-se afirmar que as ações de minimização implantadas são eficientes.

Os aspectos ambientais levantados foram: geração de ruído, geração de poeira, risco de acidentes, geração de efluentes líquidos, geração de particulados, utilização de produtos químicos, geração de esforço físico, exposição à radiação não ionizante, emissão de calor, emissão de pressões normais, trabalho com postura inadequada, geração de névoas, geração de choque elétrico, emissão de gases e risco de explosão.

Os impactos ambientais significativos relacionados com suas atividades são:

- Poluição sonora: moagem, atomização, prensagem, secagem, queima, escolha e embalagem;
- Danos à saúde humana: moagem, atomização, esmaltação, prensagem, secagem, esmaltação, queima, escolha, embalagem e expedição;
- Alteração da qualidade do ar: moagem, atomização, esmaltação, prensagem e secagem;
- Alteração da qualidade da água: atomização e esmaltação.

### 4.3 Análise dos Resultados

As quatro empresas estão localizadas no Estado de São Paulo e são fiscalizadas pela CETESB, adotando por orientação desta, critérios técnicos para adequação de valores entre parâmetros permitidos. Existe uma busca constante de todas as empresas estarem sempre se adequando à legislação, mantendo as licenças de suas atividades e sempre procurando programas de controle ambiental mais eficientes. Todas alegaram estar funcionando dentro das conformidades legais. As certificações pela ISO também são de grande interesse organizacional, principalmente para as que exportam seus produtos, alcançando assim um nível de exigência mais eficaz que do órgão ambiental. Isto comprova o que DONAIRE (1999) afirma, quando escreve que a questão ambiental é fruto de influências externas, provenientes da legislação ambiental e das pressões exercidas pelo mercado nacional e internacional, repercutindo internamente nas organizações.

Com relação à matéria-prima, a situação é a mesma para as 4 empresas, que além de possuírem jazidas próprias, também adquirem o insumo de jazidas de terceiros provenientes do próprio Estado de São Paulo e de Minas Gerais. Os técnicos declaram que é feito um rigoroso controle da entrada e do consumo de argila.

Das 4 empresas, 3 delas apresentam o processo por via úmida, são certificadas pela ABNT/ ISO 13006 e exportam seus produtos. A quarta empresa, cujo processo produtivo é por via seca, destina toda sua produção ao mercado nacional. O processo de melhoria contínua está inserido nas 4 empresas visitadas, levando em consideração a constante busca de tecnologias mais eficientes, as necessidades dos consumidores e acima de tudo, a adequação às regulamentações ambientais.

Em relação às 4 empresas estudadas, a questão ambiental ainda não é uma prioridade organizacional, apesar de estarem desenvolvendo operações que sejam minimamente compatíveis à legislação ambiental, apenas para se adequarem às exigências do órgão ambiental. Todos os impactos abordados são relacionados aos elementos: ar, água e principalmente, ser humano. Os impactos ambientais levantados foram: danos à saúde humana (os mais evidentes); poluição do ar; poluição sonora; contaminação da água. Os impactos sobre a fauna e a flora ocorrem na fase

de implantação da indústria e na mineração de argila, ocorrendo supressão da vegetação e afugentamento dos animais. É certo que a alteração da qualidade do ar e da água influenciam no ciclo de vida da fauna e da flora, mas estes impactos não foram identificados pela aplicação do método. As empresas consideram que os impactos são controláveis, podendo ser eliminados conforme ampliação do acesso ao conhecimento e disponibilidade de recursos financeiros, para aquisição de equipamentos e para investimento em programas de treinamento. Todos os impactos são conhecidos, só falta adequar e aplicar os procedimentos pertinentes.

Como as empresas estão localizadas numa mesma região, estas possuem tecnologias similares, pois, na medida do possível, trocam experiências entre si, sofrendo influência umas das outras. Todas elas usam eficientemente a energia nos processos e nas edificações, sendo esses gastos continuamente acompanhados e revisados. Os técnicos das empresas acreditam que não ocorrem impactos ambientais significativos no processo de produção. Consideram que a grande causadora dos impactos é a atividade de lavra de argila. Todas as empresas retornam o resíduo cru ao processo, sendo o resíduo queimado (caco) doado, ou vendido.

No que diz respeito à segurança e saúde do trabalhador, considerado pelas empresas como tema de altíssima importância, de acordo com os técnicos, são realizados exames periódicos, no sentido de monitorar a saúde dos empregados. Pôde-se observar durante as visitas que todos usam Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Os profissionais responsáveis pelo controle ambiental desempenham várias funções dentro da empresa, e nenhum deles tem formação específica em meio ambiente, sendo sempre funcionários de confiança. De certa forma, isso é devido à acomodação das empresas, que acabam tomando atitudes apenas quando o órgão fiscalizador autua, contratando pessoas especializadas apenas para solucionar problemas pontuais, e não para implantar trabalhos preventivos. O que se verifica é uma tendência nas organizações pela prática de Gestão Integrada, uma fusão do Setor de Meio Ambiente, Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional dado os cargos originais dos responsáveis pela área ambiental, ou seja, quase sempre são técnicos ou engenheiros especializados em uma das áreas mencionadas.

De acordo com os técnicos que supervisionaram a visita às empresas, as principais dificuldades encontradas no setor decorrem da concorrência dada pelo uso de tecnologia importada e da crise no setor imobiliário e construção civil, diretamente ligadas às decisões governamentais e medidas econômicas.

A empresa IV é uma organização que já havia passado por um levantamento de impactos ambientais, dispondo dessa forma, de informações consistentes para subsidiar o trabalho. No caso da empresa III, a aplicação foi razoável pelo fato da empresa estar se preparando para implantar um Sistema de Gestão Ambiental. A empresa II foi o pior caso, pelo trabalho ter sido realizado em conjunto com um profissional que não era da área técnica, tinha apenas conhecimento do processo em si, mas não possuía suficiente conhecimento para questionar o processo e promover alternativas, como ações corretivas e preventivas. A visita à empresa I, foi a única acompanhada por um Engenheiro Químico, porém faltou engajamento profissional para realizar o levantamento.

## CONCLUSÕES

O método pôde ser apresentado e resultou do levantamento bibliográfico, pesquisa na Internet e de informações disponibilizadas nas empresas que já o haviam adaptado e aplicado, relatando suas experiências.

Por sua vez, a aplicação do método FMEA nas 4 empresas foi possível, devido à aprovação e à receptividade das empresas, que compreenderam a importância da pesquisa e que seus resultados poderiam lhes agregar valores. Foram realizadas visitas para entender o processo de produção e, posteriormente, aplicar o questionário, a matriz de interação e o FMEA.

---

É um método eficaz, implantado com sucesso nas cinco organizações citadas neste trabalho, induz e incentiva a integração dos funcionários da empresa para a melhoria contínua, avaliando impactos ambientais significativos, fazendo com que uma equipe multidisciplinar analise e questione o processo utilizado, além de propor soluções para a implantação dos planos de ações corretivas e preventivas.

A eficácia do método foi comprovada porque aponta com precisão o aspecto e o impacto ambiental associado, que correspondem, respectivamente, ao modo e efeito de falha do processo, avaliando a significância do impacto. Por outro lado, o resultado não é confiável plenamente porque necessita de uma integração profissional responsável e exige perfeita sintonia de interesses para diminuir as tendenciosidades e subjetividades. Isto foi perceptível na aplicação nas 4 empresas.

A iniciativa da aplicação de um método como este tem que partir da própria empresa. Por ser muito minucioso, tem que disponibilizar tempo suficiente de funcionários-chave de cada departamento, reunindo-os para poder avaliar adequadamente cada etapa. Aplicando com apenas um funcionário, mesmo sendo o responsável pelo setor, a avaliação é influenciada, muitas vezes, “mascarada”.

Ainda de acordo com os objetivos propostos no início dessa dissertação, a identificação e a caracterização dos aspectos e impactos ambientais da indústria cerâmica de cada atividade do processo produtivo foram realizadas utilizando a matriz de interação, para em seguida, aplicar o método, analisar todo o processo e avaliar a significância dos impactos identificados. Como não foi possível realizar o trabalho em equipe, e também devido ao pouco tempo disponibilizado, ocorreram grandes chances de equívocos, no sentido de ter um levantamento falho, com aspectos e impactos ambientais não relacionados. Como faltou comprometimento da empresa, a iniciativa acabou apresentando um caráter superficial.

A avaliação da importância dada ao meio ambiente pelas empresas, foi possível observando o tipo de tratamento que é dado para os efluentes líquidos, gasosos e resíduos sólidos e aplicando o questionário, que foi essencial nesta etapa. Infelizmente, a questão ambiental ainda não é uma prioridade organizacional, apenas se adequam para atender à legislação e às exigências dos órgãos ambientais.

Os requisitos necessários para a avaliação de impactos ambientais observados neste trabalho foram: motivação do “mais alto cargo da empresa”, envolvimento dos técnicos responsáveis por todos os setores relacionados com meio ambiente e, principalmente, o comprometimento de todos através da sensibilização com programas de educação para todos os níveis de funcionários, desde a “alta administração” até o “chão de fábrica”.

As abordagens metodológicas exigem o reconhecimento de subjetividades como elementos inevitáveis na avaliação de impactos ambientais e sua significância. É possível diminuir as tendenciosidades comuns aos métodos de avaliação de significância de impactos ambientais, eliminá-las, nunca. As tendenciosidades são determinadas pelo atendimento de interesses contrários à proteção do trabalhador e do meio ambiente, e também podem ocorrer em função do real objetivo da empresa ao implantar um SGA, que nem sempre relaciona-se com a conservação, proteção e minimização do dano ambiental. Além disso, é comum que tais trabalhos sejam realizados por grupos de profissionais com diferentes formações e que apresentam pouca facilidade de interagir e cooperar entre si, sendo o trabalho, marcado pela formação do coordenador da equipe. A redução das tendenciosidades dependerá dos princípios desse

coordenador, de sua ética em relação ao meio ambiente e em relação à própria viabilidade técnica e financeira do empreendimento.

Conforme CHARDIN (1995), o ato de ver implica uma soma dos órgãos sensíveis (óticos ou não), das tecnologias e da espiritualidade individual, sendo uma busca constante de olhos cada vez mais perfeitos. Portanto, ver e pensar não são ações independentes. A visão seleciona e cria conforme estímulos e organiza formas significativas ao objeto selecionado.

Para o autor, não devemos ter a mesma ingenuidade da Ciência no passado em achar que se podia observar o desenvolvimento dos fenômenos independentemente de nós mesmos. Atualmente, percebemos que as mais objetivas observações estão todas inseridas em convenções pré-escolhidas e em raciocínios desenvolvidos no desenrolar da pesquisa. Dificilmente chegaremos a estrutura da matéria nua e crua, sem ser o reflexo do próprio pensamento, do próprio eu.

## Referências Bibliográficas

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica. Informações Técnicas. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>>. Acesso em: 22 de jan. de 2001.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14001. Sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 14p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14004. Sistemas de gestão ambiental – diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 32p.

ABREU, Sílvio Fróes. Recursos minerais do Brasil. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher/ Ed.da Universidade de São Paulo/ Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1973.

AFL – Alcoa Fujikura Ltda. Análise de modo e efeito da falha ambiental – EFMEA: documento interno. Itajubá – M.G.2001. 10p.

ALCOA. Análise de modo e efeitos de falha: relatório interno. Poços de Caldas – M.G. 2000. 11p.

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica. Informações Técnicas. Disponível em: <<http://www.anfacer.com.br>>. Acesso em: 05 de jan. de 2003.

ALMEIDA, M. et al. Redução do teor de flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica. Revista Cerâmica Industrial, vol. 6, n.º 3, p.7-13, maio/jun., 2001.

ARAÚJO, N. Os rumos do licenciamento ambiental da mineração no Estado de São Paulo (estudos de caso de licenciamento de bens minerais de uso imediato na construção civil). 2000. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BITAR, O.Y.(org.). O meio físico em estudos de impacto ambiental. São Paulo: IPT, 1990. p.1-25.

BROWN, Geoff . Os recursos físicos da terra – Bloco 2 – materiais de construção e outras matérias brutas. Tradução por Luiz Augusto Milani Martins. Campinas, S.P.: Editora da UNICAMP, 1995. Tradução de: The Earth's physical resources – Block 2 – Constructional and other bulk materials.

BUSTAMANTE, G.M.; BRESSIANI, J.C. A indústria cerâmica brasileira. Revista Cerâmica Industrial, vol. 5, n.º 3, p. 31-36, maio/jun., 2000.

CAVALCANTI, R.N. As normas ISO 14.000. In: ROMEIRO, A.R. et al.(org.). Economia do meio ambiente. Campinas, SP: UNICAMP.IE, 1996.p.205-218.

CAVALCANTI, R.N. As normas da série ISO 14.000. II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Proteção Ambiental. UNESCO. Campinas, 2000. 348p.

CERAMICANORIO – Cerâmica no Rio. Cerâmica Marajoara – PA. Disponível em: <<http://www.ceramicanorio.com/artepopular>>. Acesso em: 9 de maio de 2002.

CEV – Consultores em Engenharia do Valor. AMFEC/FMEA. Disponível em: <<http://www.cev.pt/info.htm>>. Acesso em: 11 de junho de 2000.

CHARDIN, P.T. O fenômeno humano. São Paulo: S.P. Editora Cultrix, 1995. 393 p.

COELHO, J. M. A importância das matérias-primas minerais na competitividade do segmento de revestimentos cerâmicos. 1996. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CONSTANTINO, C.E. Delitos ecológicos: a lei ambiental comentada artigo por artigo. São Paulo: Atlas, 2001. 229p.

COSTA, E.A. Modelo de custeio para indústrias consumidoras de bens minerais: estudo de caso do setor de revestimento cerâmico. 1996. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DASHEFSKY, H.S. Dicionário educação ambiental. São Paulo: Gaia, 2001. 313p.

DIAS, M.C.O. (coord.). Manual de impactos ambientais. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297 p.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Balanço Mineral Brasileiro 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 4 de junho de 2001.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. SCHOBENHAUS, Carlos, QUEIROZ, E. T., COELHO, C.E.S. (coords.). Principais depósitos minerais do Brasil. 4v. parte b. Brasília, 1997. 93 a 110p.

DNV – DET NORSKE VERITAS. Curso: análise de modos e efeitos de falhas potenciais. Sorocaba – São Paulo, 2001.

DONAIRE, D. Gestão ambiental na empresa. 2 ed. São Paulo: S.P. Editora Atlas, 1999. 134 p.

FIGUEIREDO, R.A. Em favor da vida. Revista Mundo Cerâmico, São Paulo, v. , n.º 76, p.26-30, jul. 2001.

FERRARI, K.R. Aspectos ambientais do processo de fabricação de placas de revestimentos cerâmicos (via úmida) com ênfase nos efluentes líquidos. 2000. Tese de Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais. Instituto de Pesquisas Especiais e Nucleares, São Paulo.

FERRARI, K.R., FILHO, P.M.F. Normas Técnicas e Legislações Ambientais para a Indústria de Revestimentos Cerâmicos Brasileira. Parte II: Legislações Ambientais. Revista Cerâmica Industrial, v. 6, n.º 1, p.40-42, jan./fev., 2001.

FERRARI, K.R. et al. Ações para a diminuição da geração de resíduos na indústria de revestimentos cerâmicos e a reciclagem das “raspas”. Parte I: Resultados Preliminares. Revista Cerâmica Industrial, v. 7, n.º 2, p.38-41, mar./abr., 2002.

GRIFFITH, J.J., DIAS, L.E. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV, 1998. p 1-7.

HECK, C. Sistema de gestão ambiental na mineração e na indústria cerâmica. VI Encontro de Mineradores e Consumidores. Laguna: ABCERAM, 1998.p. 1-5.

IQA - INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA) – manual de referência. São Paulo: 1997.66p.

---

JOLLIVET, M. e PAVE, A. O meio ambiente: questões e perspectivas para a pesquisa. In: VIEIRA, Paulo Freire (org.). Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1996. p. 63.

JULIBONI, M.(ed.). Não fique para trás. Revista Mundo Cerâmico. São Paulo, nov./dez 1999, p. 28-31.

LOPES, C.F.F. Avaliação dos níveis de fluoretos no Município de Cordeirópolis. Relatório CETESB, Diretoria de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental – EQQA. 2001.

MARTINS, M. Qualidade em quinta marcha. Revista Banas Qualidade. São Paulo, out. 1999, n.89. p24-30.

MENASCE, L. Hora de investir. Revista Mundo Cerâmico. São Paulo, set. 2000, p.18-23.

MONFORT, E.; ENRIQUE, J.E. Economia energética e vantagens meioambientais da reutilização de resíduos. Revista Cerâmica Industrial, v. 1, n.º 4/5, p.14-20,ago./dez., 1996,.

MOTA, S. Introdução à engenharia ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Rio de Janeiro(RJ), 1997. 280p.

NORTON, F.H. Introdução à tecnologia cerâmica. Tradução por Jefferson Vieira de Souza. São Paulo, Edgard Blücher, EDUSP. 1973. 324 p.

ODEBRECHT. Identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais: relatório interno. São Paulo. 2001.13p.

OLIVEIRA, A.P.N. Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos. Revista Cerâmica Industrial, v. 5, n.º 6, p.37-47, nov./dez., 2000.

PALMONARI, C.; TIMELLINI, G. A indústria de revestimentos italiana e o meio ambiente. Revista Cerâmica Industrial, v. 7, n.º 1, p.7-11, jan./fev., 2002.

QUINTEIRO, E. et al. Anais do 39.º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Estudo comparativo de massas de revestimento para processamento via seca e via úmida. Águas de Lindóia – SP, 1995. p. 434 – 439.

R.B. CONSULTORIA. Identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais – ETA de Jaguariúna: relatório interno. Campinas – S.P. 2001.11p.

RESENDE, M.A.P. A indústria cerâmica: estudo de caso no município de Tambaú-SP, 1998. 117p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANCHEZ, L.E. Evaluacion de impacto ambiental. II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Proteção Ambiental. UNESCO. Campinas, 2000. 348p.

SANTOS, Pêrsio de Sousa. Tecnologia de argilas, aplicadas às argilas brasileiras. São Paulo: Edgard Blücher/ Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 340 p.

SÃO PAULO (estado). MINISTÉRIO PÚBLICO. Legislação Ambiental. São Paulo: IMESP, 2000.

SILVA, J. A. Direito ambiental constitucional. São Paulo: Editora Malheiros, 1994. p. 6.

ULTRAFÉRTIL. Avaliação de impacto ambiental: relatório interno. Catalão – GO. 2001. 11p.

VENTURA, R. Anais do 37.º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Estudo comparativo entre granulação à *spray-drier* e pelo processo via seca. Curitiba – PR, 1993. p. 442 – 445.

## ANEXOS

---

## **ANEXO 1: QUESTIONÁRIO PARA ATIVIDADES, ASPECTOS E IMPACTOS**

1) Empresa: I, II, III, IV.

2) Localização:

I, II, III, IV: Interior de São Paulo.

3) Data da fundação:

I: 1964

II: 1992

III: 1964

IV: 1961

4) Área total da empresa e área de processamento da produção:

I: Área total = 115.00m<sup>2</sup>, sendo Área de processamento da produção = 31.000m<sup>2</sup>

III: Área construída 25.514 m<sup>2</sup>; Área total 173.997 m<sup>2</sup>.

5) Qual o número de funcionários?

I: 420 ( 385 na produção; 35 no escritório)

II: 101 (94 na produção; 7 no escritório)

III: 150

IV: 245

6) Qual(is) produtos fabricados pela empresa?

I: pastilhas 2,50x2,50; 4x4; 5x5; 5x10; revestimentos 5x10; 7,5x7,5; 10x10.

II: 20x30; 30x30.

III: 34x34; 20x20; 24x35; 20x25; 30x41; 50x50.

IV: Pisos, revestimentos e peças especiais.

7) Qual a produção de cada produto? E a total?

I: pastilha = 90.000 m<sup>2</sup>/mês; revestimento = 100.000 m<sup>2</sup>/mês

II: 400.000 m<sup>2</sup>/mês

III: 410.000 m<sup>2</sup>

IV: Produção total = 500.000 m<sup>2</sup>

8) A empresa é licenciada pelo órgão ambiental (CETESB)? Foi elaborado EIA-RIMA?

I: Possui Licença de Instalação e de Funcionamento, mas não EIA-RIMA.

II: Possui Licença de Instalação e de Funcionamento, mas não elaborou EIA-RIMA.

III: Possui apenas Licença de Instalação, e não elaborou EIA-RIMA.

IV: Possui apenas Licença de Instalação, e não elaborou EIA-RIMA, apenas fez um levantamento de impactos ambientais há 2 anos e está em fase de implantação do Plano de Ação.

9) Como é feito o controle de impactos ambientais?

II: CETESB ( através de exigências).

10) Como é feito o monitoramento?

I: Controle periódico (CETESB); controle interno é feito por firma contratada a cada 3-6 meses.

II: Visual, contínuo. Existe uma prestadora de serviço (COMBET-SP) que faz o controle do ruído a cada 2 meses e exame médico periódico.

III: Médico e Segurança é periódico; Ambiental interna a cada 2 anos; de Tratamento é mensal.

IV: Interno é periódico (anual); Externo é feito pelo Técnico de Segurança emitindo laudo técnico (ruído, p.e.).

11) Os processos de controle estão implementados para, de forma regular, calibrar e amostrar os equipamentos e sistemas de medição e monitoramento?

I: Sim. Através de firma contratada (4-6 meses).

II: Sim. Prestadora de serviço.

III: Sim.

IV: Sim.

12) Qual é o processo para avaliar periodicamente o cumprimento das disposições legais e outras exigências aplicáveis?

I: Através do Departamento Administrativo.

II: Contratado.

III: Através da Segurança, Ministério do Trabalho e CETESB (Ministério Público).

IV: Técnico de Segurança; Auditoria Interna (constantemente).

13) Quanta energia é utilizada na área da sua empresa? Isto é continuamente acompanhado e revisado?

I: 640.000 kwh/mês, tendo acompanhamento diário.

II: 350.000 kw/mês. É acompanhado e revisado diariamente, existe uma empresa contratada para reduzir o consumo.

III: É acompanhado e revisado.

IV: 900.000 kw. Sim.

14) A empresa já revisou as implicações de tráfego na sua planta, em termos de localização, acesso e gerenciamento?

IV: Foi feito planejamento na construção.

15) A eficiência no uso de energia para processos, aplicações e edificações é a máxima possível?

I: Pesquisando a cada dia.

II: Sim. Sempre otimizando.

III: Sim.

IV: Sim.

16) O excesso de calor pode ser reutilizado como fonte de energia? É possível utilizar a combinação de calor e energia?

I: Sim. Em fase de projeto.

II: Talvez sim.

III: Sim. Já é utilizado o calor do forno para secagem do piso na linha de esmaltação.

IV: Sim. Está em fase de projeto reaproveitar o calor do forno em outras etapas.

17) A empresa registra os materiais usados na sua área ?

I: Sim.

II: Sim. Matérias-primas passam por laudo técnico.

III: Sim, no laboratório.

IV: Sim. (filito 20%; feldspato 20%; argilas 55%; talco 5%).

18) Quanta água é utilizada na empresa?

I: Água de poço, de lagoas, da rua: 120.000 m<sup>3</sup>/dia

II: Não mensurado. Mais ou menos 20.000 L/Mês.

III: Na II – 15 m<sup>3</sup>/h; na I – 126 m<sup>3</sup>/dia e 20 m<sup>3</sup>/dia (p/ consumo, refeitório).

IV: É reaproveitada 5.100.000 L/Mês.

19) Quais os resíduos produzidos e como são manuseados?

I: Lodo seca e volta para o processo, água volta para a torta, o excedente vai para o rio. Projeto para a água retornar ao processo ( a partir de março).

Material cru volta p/ o processo; o queimado é doado p/ particulares ( rua, tipo cascalho).

II: Material cru volta p/ o processo, é moído; Material queimado é vendido como caco. Existe uma estação de tratamento de água em que está reaproveitando 60% da água; outra parte é aproveitada do rio e poço artesiano.

O lodo é reciclado em firma especializada e volta para o processo.

III: Água é reaproveitada 100%; resíduo sólido (lodo) também reaproveita 100%; resíduo cru volta para o processo; resíduo queimado é doado.

IV: Água é reaproveitada 100%; parte da poeira é reaproveitada; caco é doado (pavimentação de estradas); material cru volta para o processo.

20) A empresa já analisou alternativas para disposição de resíduos?

I: Sim. Será implantado.

II: Sim.

III: Sim.

IV: Sim.

21) A empresa realmente assegura uma disposição segura dos seus resíduos?

I: Sim. Lixo é recolhido pela prefeitura.

II: Sim. Lixo é reciclado na empresa, vende para sucata, otimiza, não acumula.

III: Sim.

IV: Sim.

22) Como é feita a medição e monitoramento de ruído e de material particulado num local externo?

I: Empresa contratada.

II: Não é feita.

III: Não há necessidade, é utilizado gás natural, não usa mais caldeira.

IV: É feita pelo Técnico de Segurança ( externo é anual; interno é realizado constantemente através de laudo técnico).

23) Os efeitos ambientais do produto da empresa são considerados na fase de projeto?

IV: Atualmente sim, nos produtos novos.

24) Qual o impacto tem a produção sobre o meio-ambiente? A empresa examinou a tecnologia utilizada no processo de produção? Métodos limpos de produção poderiam ser utilizados?

II: Não.

IV: Só na mineração. Sim.

25) A empresa já estabeleceu padrões ambientais ou critérios pelos quais seus fornecedores ou contratados sejam avaliados?

I: Sim. Através do laboratório, documentação.

II: Sim. Fornecedores enquadrados.

III: Sim. Análise de laboratório.

IV: Sim.

26) A empresa pode impor auditoria de conformidade a seus fornecedores, revendedores e contratados?

I: Sim.

II: Sim. A médio e longo prazo.

III: Sim.

IV: Sim.

27) Existem procedimentos para identificar, prevenir, investigar e responder a situações de emergência?

I: Sim. Contínuo.

II: Acompanhamento da CETESB, manutenção da empresa.

III: Sim.

IV: Por ser um processo contínuo é feito de imediato.

28) Existe um mapeamento dos riscos ambientais da Empresa?

II: Não. O dono da empresa é Técnico de Segurança.

III: Sim. PPRA.

IV: Sim.

29) A empresa possui um procedimento para identificação e análise dos riscos ecológicos associados as suas atividades operacionais ou produtos que poderiam impactar a vegetação/vida silvestre ou ter consequências ecológicas fora dos limites de sua propriedade?

I: Avaliação da CETESB.

II: CETESB

30) Foi providenciado treinamento de conscientização ambiental?

I: Não. Só de segurança.

II: No dia-a-dia informalmente e através de Palestras.

III: Sim.

IV: Sim. Na Integração.

31) A empresa tem um programa de treinamento em meio-ambiente para os contratados (prestadores de serviço)?

II: Não. Só orientação.

III: Sim.

IV: Sim.

32) Que contribuição ambiental positiva a empresa pode fazer para a comunidade local?

I: Doação, Reformas de Igreja, Prefeitura, Pronto Socorro, Comunidades, Delegacia.

II: Reciclagem de lixo, doações p/ a comunidade.

III: Doação p/ Prefeitura.

IV: Doação, Eventos, Missa Campal, Visita à fábrica, etc.

33) De que forma a organização acessa e identifica os requisitos legais e outros requisitos aplicáveis?

II: De acordo com a CETESB ( visita a cada 60 dias), e Normas Regulamentadoras.

III: Legislação.

IV: Auditoria (constante); Legislação Trabalhista; Normas Regulamentadoras, PPRA.

34) De que forma a organização comunica informações pertinentes ao seu pessoal, no tocante aos requisitos legais e outros requisitos?

III: Reuniões (filmes, fotos), através de sensibilização.

IV: Integração e Reciclagem (itens abordados: Regulamento interno do Departamento Médico, Treinamento de Segurança do Trabalho sobre NR e Portaria n.º 3214 de 08 de junho de 1978, Norma Regulamentadora n.º 1, Segurança do Trabalho, Normas de Segurança, Acidentes de Trabalho, Responsabilidades, EPI, Disposições Gerais, Brigada de Incêndios, Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho (SIPAT), Riscos Ambientais Específicos da Seção de Trabalho.



## ANEXO 2: MATRIZ DE INTERAÇÃO

| Elemento | Aspecto ambiental | Impacto ambiental | Número |
|----------|-------------------|-------------------|--------|
| Ar       |                   |                   |        |
| Água     |                   |                   |        |
| Solo     |                   |                   |        |
| Rec.Nat. |                   |                   |        |
| Flora    |                   |                   |        |
| Fauna    |                   |                   |        |
| Humano   |                   |                   |        |

| Elemento | Aspecto ambiental | Impacto ambiental | Número |
|----------|-------------------|-------------------|--------|
| Ar       |                   |                   |        |
| Água     |                   |                   |        |
| Solo     |                   |                   |        |
| Rec.Nat. |                   |                   |        |
| Flora    |                   |                   |        |
| Fauna    |                   |                   |        |
| Humano   |                   |                   |        |

ANEXO 3: QUADROS COM OS RESULTADOS OBTIDOS NAS 4 EMPRESAS

.....

ANEXO 3.1: QUADROS DA EMPRESA I

---



1) Moagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                                                                  |     |                                                                                   |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                             |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                                                 | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                                 | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                        | S V | NPC | NPR |
| Geração de poeira              | S   | Carregamento no caixão alimentador;<br>barbotina c/ granulometria fora do padrão | 8   | Não há necessidade                                                                | 2   | 16  | S                              | Alteração da qualidade do ar                                | 6   | 48  | 96  |
| Utilização de água             | S   | Água que é adicionada na moagem                                                  | 8   | Medição correta (50% de água e 50% matéria-prima) e reaproveitamento (tratamento) | 1   | 8   |                                | Alteração da qualidade da água e redução de disponibilidade | 5   | 40  | 40  |
| Geração de ruído               | S   | Movimentação dos moinhos                                                         | 8   | Uso de EPI                                                                        | 1   | 8   | S                              | Danos à saúde humana e Poluição sonora                      | 6   | 48  | 48  |

2) Atomização - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                                                                            |     |                                            |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                     |     |     |     |
|--------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                                                           | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO          | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                | S V | NPC | NPR |
| Geração de poeira              | S   | Ciclone danificado, falha no controle de granulometria; pó c/ granulometria fora do padrão | 8   | Ciclone bem dimensionado quantitativamente | 2   | 16  | S                              | Alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana | 6   | 48  | 96  |
| Emissão de gases               | N   |                                                                                            |     |                                            |     |     |                                | Alteração da qualidade do ar                        |     |     |     |

3) Prensagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                        |     |                                   |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                     |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL       | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                | S V | NPC | NPR |
| Geração de poeira              | S   | Limpeza do equipamento pó da barbotina | 7   | Filtro-manga e EPI (máscara)      | 2   | 14  | S                              | Alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana | 6   | 42  | 84  |
| Geração de ruído               | S   | Prensa                                 | 8   | EPI (auricular)                   | 1   | 8   | S                              | Poluição sonora e danos à saúde humana              | 6   | 48  | 48  |
| Geração de resíduos sólidos    | N   |                                        |     |                                   |     |     |                                |                                                     |     |     |     |
| Utilização de matérias-primas  | N   |                                        |     |                                   |     |     |                                |                                                     |     |     |     |

4) Esmaltação - Ago/2001

[illegible]

5) Queima - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                  |     |                                       |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                      |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO     | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO | S V | NPC | NPR |
| Emissão de calor               | S   | Aquecimento do forno             | 8   | Uso de ventiladores, exaustores, EPIs | 2   | 16  | S                              | Danos à saúde humana | 6   | 48  | 96  |
| Emissão de gases               | N   |                                  |     |                                       |     |     |                                |                      |     |     |     |
| Geração de resíduos sólidos    | N   |                                  |     |                                       |     |     |                                |                      |     |     |     |

6) Colagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                  |     |                                   |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                        |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                   | S V | NPC | NPR |
| Geração de ruído               | S   | Impacto das pastilhas (manual)   | 7   | EPI                               | 1   | 7   | S                              | Poluição sonora e danos à saúde humana | 6   | 42  | 42  |
|                                | S   | Equipamento (automática)         | 8   |                                   | 1   | 8   | S                              |                                        | 6   | 48  | 48  |

7) Expedição - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                       |     |                                   |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                        |     |     |     |
|--------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL      | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                   | S V | NPC | NPR |
| Geração de ruído               | S   | Máquinas (empilhadeiras e coladeiras) | 8   | EPI (Protetor auricular)          | 1   | 10  | S                              | Poluição sonora e danos à saúde humana | 6   | 48  | 60  |
| Geração de poeira              | N   |                                       |     |                                   |     |     |                                |                                        |     |     |     |

8) Estocagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |        |                                     |        |                                           |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                        |        |     |     |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|----------------------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO      | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO                | S<br>V | NPC | NPR |
| Geração de poeira              | S      | Pá carregadeira e clima seco        | 5      | Trator com tanque de 6.000 litros de água | 5      | 25     | S                              | Alteração da qualidade do ar           | 2      | 10  | 50  |
| Geração de ruído               | S      | Máquinas, pá carregadeira           | 5      | EPI                                       | 1      | 5      | S                              | Danos à saúde humana e Poluição sonora | 6      | 30  | 30  |

9) Geral - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |        |                                            |        |                                                                                                                  |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                         |        |     |     |
|--------------------------------|--------|--------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL        | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO                                                                             | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO | S<br>V | NPC | NPR |
| Geração de<br>poeira           | S      | composição da<br>massa (matéria-<br>prima) | 8      | Uso de EPIs,<br>ciclone, exaustores,<br>limpeza (chão<br>sempre úmido,<br>colocam serragem<br>para varrer)       | 2      | 16     | S                              | Danos à<br>saúde humana | 6      | 16  | 96  |
| Geração de<br>ruído            | S      | equipamentos                               | 8      | EPIs, proteção nos<br>motores, medição<br>por empresa (pres-<br>tadora de serviço),<br>exame nos funcio-<br>rios | 1      | 8      | S                              | Danos à<br>saúde humana | 4      | 32  | 32  |

ANEXO 3.2: QUADROS DA EMPRESA II

1

.....



1) Moagem - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                  |     |                                 |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|-----|--------------------------------|------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                           | S V | NPC | NPR |
| Geração de poeira              | S   | Moinho em si, peneiramento       | 8   | Filtro-manga (Moinho pendular)  | 2   | 16  | S                              | Prejudica equipamento da fábrica, saúde humana | 6   | 48  | 96  |

2) Prensagem - Fev/2002

[illegible]

3) Secagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                  |     |                                 |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                        |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|-----|--------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                   | S V | NPC | NPR |
| Geração de ruído               | S   | Motores dos ventiladores         | 8   | EPI                             | 1   | 8   | S                              | Danos à saúde humana e Poluição sonora | 6   | 48  | 48  |
| Geração de resíduos sólidos    | N   |                                  |     |                                 |     |     |                                |                                        |     |     |     |

4) Esmaltação - Ago/2001

[illegible]

5) Queima - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS    |     |                                                           |     |                                 |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                     |     |     |     |
|-----------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO              | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                          | O C | CONTROLES SOBRE CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                | S V | NPC | NPR |
| Emissão de gases para a atmosfera | S   | Desgaseificação do produto dentro do forno (contém Flúor) | 8   | Não há                          | 6   | 48  | S                              | Alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana | 6   | 48  | 288 |
| Geração de resíduos sólidos       | N   |                                                           |     |                                 |     |     |                                |                                                     |     |     |     |

6) Escolha - Fev/2002

[illegible]

7) Geral - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                  |     |                                 |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|-----|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO           | S V | NPC | NPR |
| Geração de ruído               | S   | Equipamentos                     | 8   | EPI                             | 1   | 8   | S                              | Saúde humana e Poluição sonora | 6   | 48  | 48  |

### ANEXO 3.3: QUADROS DA EMPRESA III

---

1) Moagem de Esmalte - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |        |                                     |        |                                                 |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                    |        |     |     |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|------------------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO            | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO            | S<br>V | NPC | NPR |
| Emissão de particulados        | S      | Carregamento do material            | 8      | Sistema de exaustão, lavagem do piso            | 3      | 18     | S                              | Alteração da qualidade do ar       | 6      | 48  | 108 |
| Geração de efluente industrial | S      | Uso da água na fábrica em geral     | 8      | Reaproveitamento total do resíduo no atomizador | 2      | 16     | S                              | Contaminação dos recursos hídricos | 6      | 48  | 96  |
| Emissão de ruído               | S      | Movimentação dos moinhos de esmalte | 8      | Uso de EPIs, exames periódicos                  | 1      | 8      | S                              | Danos à saúde humana               | 6      | 48  | 48  |

2) Moagem da barbotina - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                  |        |                                     |        |                                                 |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                 |        |     |     |
|-------------------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                            | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO            | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO                         | S<br>V | NPC | NPR |
| Emissão de particulados                         | S      | Equipamento                         | 8      | Exaustão                                        | 2      | 16     |                                | Alteração da qualidade do ar                    | 6      | 48  | 96  |
| Geração de efluente industrial                  | S      | Uso da água na fábrica em geral     | 8      | Reaproveitamento total do resíduo no atomizador | 1      | 8      |                                | Contaminação dos recursos hídricos              | 6      | 48  | 48  |
| Emissão de ruído                                | S      | Movimentação dos moinhos de bolas   | 8      | Uso de EPIs, exames periódicos                  | 1      | 8      |                                | Danos à saúde humana                            | 6      | 48  | 48  |
| Utilização de recursos naturais (água+ argilas) | N      | Constituição da barbotina           |        |                                                 |        |        |                                | Redução da disponibilidade de recursos naturais |        |     |     |

3) Atomização - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |        |                                     |        |                                      |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                     |        |     |     |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO                             | S<br>V | NPC | NPR |
| Geração de ruído               | S      | Equipamento                         | 8      | EPI                                  | 1      | 8      | S                              | Danos à saúde humana                                | 6      | 48  | 48  |
| Geração de poeira              | S      | Equipamento                         | 8      | Exaustor                             | 2      | 16     | S                              | Danos à saúde humana e desperdício de matéria-prima | 6      | 48  | 48  |
| Emissão de gases               | S      | Consumo de GLP                      | 8      | Não é realizado                      | 10     | 80     | S                              | Alteração da qualidade do ar                        | 6      | 48  | 480 |

4) Prensagem - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                                  |     |                                  |     |                                   |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                                            | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                | S V | NPC | NPR |
| Geração de poeira                                               | S   | Equipamento (pó da barbotina)    | 8   | Exaustão                          | 5   | 40  | S                              | Alteração da qualidade do ar e Danos à saúde humana | 6   | 40  | 240 |
| Emissão de ruído                                                | S   | Equipamento                      | 8   | Uso de EPIs, exames periódicos    | 1   | 8   | S                              | Danos à saúde humana                                | 6   | 48  | 48  |
| Geração de resíduos sólidos:<br>1) cacos<br>2) tambores de óleo | N   | Quebra ou defeito                |     | Retorna ao processo               |     |     |                                | Desperdício de material e energia                   |     |     |     |
| Utilização de matérias-primas                                   | N   |                                  |     | Local adequado de armazenamento   |     |     |                                | Contaminação da água e solo                         |     |     |     |

5) Esmaltação - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                  |     |                                   |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                    |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-----|--------------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO               | S V | NPC | NPR |
| Emissão de particulados        | S   | Equipamento                      | 8   | Exaustão                          | 5   | 40  |                                | Alteração da qualidade do ar       | 6   | 48  | 240 |
| Geração de efluente líquido    | S   | Lavagem de equipamento           | 8   | Reaproveitamento do material      | 2   | 16  |                                | Contaminação dos recursos hídricos | 6   | 48  | 96  |
| Geração de resíduos sólidos    | N   | Tela serigráfica inutilizada     |     | Reaproveitar                      |     |     |                                | Lixo                               |     |     |     |
| Geração de névoas              | N   |                                  |     | EPI                               |     |     |                                | Danos à saúde humana               |     |     |     |

6) Queima - Ago/2001

[illegible]

7) Escolha - Ago/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |        |                                     |        |                                      |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                         |        |     |     |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO | S<br>V | NPC | NPR |
| Ergonomia                      | S      | Trabalho repetitivo                 | 8      | Revezamento                          | 1      | 8      | S                              | Danos à saúde           | 6      | 48  | 48  |
| Geração de resíduos<br>(cacos) | N      |                                     |        |                                      |        |        |                                |                         |        |     |     |

ANEXO 3.4: QUADROS DA EMPRESA IV

.....

1) Preparação da barbotina (balança) - Fev/2001

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |        |                                     |        |                                              |        |        | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                           |        |     |     |
|--------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|----------------------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C<br>R | PROVÁVEL CAUSA<br>REAL OU POTENCIAL | O<br>C | CONTROLES SOBRE A<br>CAUSA E ASPECTO         | D<br>T | P<br>O | A<br>T                         | DESCRIÇÃO DO<br>IMPACTO                                   | S<br>V | NPC | NPR |
| Geração de ruído               | S      | Pá-carregadeira                     | 8      | Usar abafador de ruído                       | 1      | 8      | S                              | Poluição sonora;<br>Danos à saúde humana.                 | 6      | 48  | 48  |
| Geração de poeira              | S      | Caixão dosador e<br>piso da seção   | 8      | Molhar o piso e ligar<br>sistema de exaustão | 2      | 16     | S                              | Alteração da<br>qualidade do ar;<br>Danos à saúde humana. | 6      | 48  | 96  |

2) Preparação da barbotina - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS |     |                                        |     |                                                                                                   |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |     |                                                     |     |     |     |
|--------------------------------|-----|----------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO           | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL       | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                                                 | D T | P O                            | A T | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                | S V | NPC | NPR |
| Risco de acidentes             | S   | Depósito de barbotina                  | 8   | Manter a tampa do depósito subterrâneo fechada                                                    | 1   | 8                              | S   | Danos à saúde humana(quedas)                        | 6   | 48  | 48  |
|                                |     | Plataforma de queda (moinho)           | 8   | Fechar a tampa após operação de treinamento e não se aproximar do moinho enquanto estiver girando | 1   | 8                              | S   | Danos à saúde humana (ferimentos)                   | 6   | 48  | 48  |
| Geração de poeira              | S   | Correia transportadora e piso da seção | 8   | Molhar o piso e ligar exaustão                                                                    | 2   | 16                             | S   | Alteração da qualidade do ar; Danos à saúde humana. | 6   | 48  | 96  |
| Geração de ruído               | S   | Moinhos                                | 7   | Abafador de ruído (EPI)                                                                           | 1   | 7                              | S   | Poluição sonora; Danos à saúde humana.              | 6   | 42  | 42  |

3) Atomizador - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                                            |     |                                                             |     |                                                                         |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                      |     |     |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                                                      | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                            | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                       | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                 | S V | NPC | NPR |
| Geração de ruído                                                          | S   | Motores da seção                                            | 8   | Uso de protetor auricular (abafador de ruído)                           | 1   | 8   | S                              | Poluição sonora; Danos à saúde humana                | 6   | 48  | 48  |
| Risco de acidentes devido à umidade do piso e geração de efluente líquido | S   | Lavagem constante do piso                                   | 6   | Uso de calçado apropriado; efluente líquido é reaproveitado             | 1   | 6   | S                              | Danos à saúde humana; alteração da qualidade da água | 4   | 24  | 24  |
| Geração de poeira                                                         | S   | Ciclone e piso da seção; pó c/ granulometria fora do padrão | 8   | Uso de máscara e ligar exaustão                                         | 2   | 16  | S                              | Danos à saúde humana; alteração da qualidade do ar   | 6   | 48  | 96  |
| Risco de acidentes                                                        | S   | Injeção da barbotina                                        | 3   | Treinamento operacional; Uso de luvas de raspa; Fechar válvula esférica | 1   | 3   | S                              | Danos à saúde humana (queimadura)                    | 6   | 18  | 18  |
| Geração de particulados devido à queda de material                        | S   | Limpeza interna no atomizador (matéria-prima endurecida)    | 6   | Treinamento operacional                                                 | 1   | 6   | S                              | Alteração da qualidade do ar                         | 6   | 36  | 36  |
| Risco de acidentes devido à queda do contra-peso(equipamento)             | S   | Bico de saída do atomizador                                 | 4   | Treinamento operacional                                                 | 1   | 4   | S                              | Danos à saúde humana                                 | 6   | 24  | 24  |
| Risco de acidentes                                                        | S   | Elevador de canecas                                         | 4   | Usar cartão de sinalização                                              | 1   | 4   | S                              | Danos à saúde humana (ferimento)                     | 4   | 16  | 16  |
| Emissão de gases p/ a atmosfera                                           | N   | Consumo de óleo combustível (BFP e GLP)                     |     |                                                                         |     |     |                                | Alteração da qualidade do ar                         |     |     |     |

4) Preparação de Esmaltes - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                                            |   |                                  |   |                                                                |   |   | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                       |   |     |     |
|---------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------------------------------------|---|---|--------------------------------|-------------------------------------------------------|---|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                                                      | C | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                              | D | P | A                              | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                  | S | NPC | NPR |
| Geração de ruídos                                                         | S | Motores e moinhos                | 7 | Uso de protetor auricular                                      | 1 | 7 | S                              | Danos à saúde humana                                  | 6 | 42  | 42  |
| Risco de acidentes devido à umidade do piso e Geração de efluente líquido | S | Piso do depósito de esmaltes     | 7 | Uso de bota de borracha e reaproveitamento do efluente líquido | 1 | 7 | S                              | Danos à saúde humana e alteração da qualidade da água | 6 | 42  | 42  |
| Geração de poeira                                                         | S | Balança de carga                 | 7 | Uso de máscara contra pó e ligar exaustão                      | 1 | 7 | S                              | Danos à saúde humana e alteração da qualidade do ar   | 6 | 42  | 42  |
| Utilização de produtos químicos                                           | S | Componentes do esmalte           | 7 | Uso de máscara respiratória                                    | 1 | 7 | S                              | Danos à saúde humana e alteração da qualidade do ar   | 6 | 42  | 42  |
| Geração de esforço físico                                                 | S | Sacarias com produtos            | 7 | Levantar peso corretamente                                     | 1 | 7 | S                              | Danos à saúde humana                                  | 2 | 14  | 14  |
| Risco de acidentes                                                        | S | Moinhos em movimento             | 6 | Manter a proteção dos moinhos quando estiver em operação       | 1 | 6 |                                | Danos à saúde humana (ferimento)                      | 2 | 12  | 12  |
| Utilização de matéria-prima                                               | N |                                  |   |                                                                |   |   |                                | Redução de disponibilidade de recursos naturais       |   |     |     |

5) Prensagem e Secagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS             |   |                                                            |   |                                         |   | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |   |                                                    |   |     |     |
|--------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------|---|--------------------------------|---|----------------------------------------------------|---|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                       | C | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                           | O | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO       | D | P                              | A | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                               | S | NPC | NPR |
| Geração de ruído                           | S | Centralina, motores dos ventiladores                       | 8 | Usar abafador de ruído                  | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana; Poluição sonora              | 6 | 48  | 48  |
| Exposição à radiação não ionizante         | S | Solda elétrica                                             | 8 | Usar máscara para solda                 | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana                               | 2 | 16  | 16  |
| Emissão de calor                           | S | Secadores                                                  | 8 | Usar luvas                              | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana                               | 2 | 16  | 16  |
| Emissão de pressões anormais               | S | Acumulador de pressão/ nitrogênio/ mangueiras e hidráulico | 8 | Treinamento operacional                 | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana                               | 6 | 48  | 48  |
| Geração de poeira                          | S | Correia transportadora/ carro da prensa/ piso da seção     | 8 | Usar máscara contra pó e ligar exaustão | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana; alteração da qualidade do ar | 6 | 48  | 48  |
| Geração de esforço físico                  | S | Manutenção mecânica dos estampos/ manuseio dos estampos    | 3 | Trabalhar em equipe                     | 1 | 3                              | S | Danos à saúde humana                               | 6 | 18  | 18  |
| Geração de trabalho com postura inadequada | S | Porão da prensa/ tanque de óleo                            | 3 | Trabalhar com segurança                 | 1 | 3                              | S | Danos à saúde humana                               | 6 | 18  | 18  |

Continuação do Quadro 5)

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                        |     |                                                          |     |                                                                       |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                               |     |     |     |
|-------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                                  | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                         | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                     | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                          | S V | NPC | NPR |
| Risco de acidentes devido à probabilidade de incêndio | S   | Nitrogênio/ acumulador de pressão quando carregado com N | 8   | Treinamento operacional                                               | 1   | 8   | S                              | Danos à saúde humana                          | 6   | 48  | 48  |
| Risco de acidentes                                    | S   | Troca de estampos (equipamento de prensagem)             | 3   | Acionar dispositivo de segurança                                      | 1   | 3   |                                | Danos à saúde humana (ferimentos)             | 5   | 15  | 15  |
| Geração de resíduos sólidos(cacos)                    | N   | Quebra ou defeito                                        |     |                                                                       |     |     |                                | Desperdício de material e energia             |     |     |     |
| Utilização de matérias-primas (óleo hidráulico)       | N   |                                                          |     | Disponibilizar local adequado de armazenamento e cuidados no manuseio |     |     |                                | Contaminação do solo ou de águas subterrâneas |     |     |     |
| Geração de resíduos sólidos (tambores)                | N   |                                                          |     |                                                                       |     |     |                                |                                               |     |     |     |

6) Esmaltação - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS              |     |                                                                    |     |                                                                               |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |     |                                                                     |     |     |     |
|---------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                        | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                                   | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                             | D T | P O                            | A T | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                                | S V | NPC | NPR |
| Geração de ruído                            | S   | Motores e exaustores da seção                                      | 8   | Uso de protetor auricular                                                     | 1   | 8                              | S   | Danos à saúde humana                                                | 6   | 48  | 48  |
| Risco de acidentes devido à umidade do piso | S   | Geração de resíduo líquido em toda a seção (lavagem)               | 7   | Uso de bota de borracha e avental                                             | 1   | 7                              | S   | Danos à saúde humana e alteração da qualidade dos recursos hídricos | 6   | 42  | 42  |
| Geração de poeira                           | S   | Limpeza de resíduo, piso cru e manuseio de granilha(matéria-prima) | 8   | Uso de máscara contra pó e manter a exaustão ligada                           | 2   | 16                             | S   | Danos à saúde humana e alteração da qualidade do ar                 | 6   | 48  | 96  |
| Emissão de vapores                          | S   | Capelas de esmaltação                                              | 8   | Uso de máscara contra pó e manter a exaustão ligada                           | 2   | 16                             | S   | Danos à saúde humana e alteração da qualidade do ar                 | 6   | 48  | 96  |
| Geração de esforço físico                   | S   | Manuseio da vasca(recipiente) de esmalte/ sacaria de granilhas     | 8   | Trabalhar em equipe                                                           | 1   | 8                              | S   | Danos à saúde humana                                                | 6   | 48  | 48  |
| Geração de choque elétrico                  | S   | Sistema elétrico de toda a seção                                   | 8   | Manutenção nos cabos elétricos e não molhar os motores                        | 1   | 8                              | S   | Danos à saúde humana                                                | 6   | 48  | 48  |
| Risco de acidentes                          | S   | Polias/ guias/ capelas/ correias                                   | 5   | Treinamento operacional e não executar tarefas com o equipamento em movimento | 1   | 5                              | S   | Danos à saúde humana (ferimento)                                    | 6   | 30  | 30  |
| Geração de resíduos sólidos (tela)          | N   |                                                                    |     | Disponibilizar local adequado                                                 |     |                                |     | Desperdício de material e contaminação de água e solo               |     |     |     |

7) Queima (Rollermatic - Estocagem antes de entrar no forno) - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                             |   |                                                                             |   |                                                                               |   | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |   |                                                       |   |     |     |
|------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------|---|-------------------------------------------------------|---|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                                       | C | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                                            | O | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                             | D | P                              | A | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                  | S | NPC | NPR |
| Geração de ruído                                           | S | Motores da exaustão da esmaltação e da aspiração da fumaça dos fornos 1 e 2 | 8 | Uso de protetor auricular                                                     | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana e Poluição sonora                | 6 | 48  | 48  |
| Geração de poeira                                          | S | Saída da máquina carga/ pátio de argila                                     | 5 | Uso de máscara contra pó e organização no pátio da argila                     | 1 | 5                              | S | Danos à saúde humana e alteração da qualidade do ar   | 6 | 30  | 30  |
| Geração de esforço físico                                  | S | Movimentação de cestos (dispositivo que armazena o produto)                 | 8 | Trabalho em equipe                                                            | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana                                  | 5 | 40  | 40  |
| Risco de acidentes                                         | S | Roldanas/ polias do cestone                                                 | 8 | Treinamento operacional e não executar tarefas com o equipamento em movimento | 1 | 8                              | S | Danos à saúde humana (ferimentos)                     | 6 | 48  | 48  |
| Geração de resíduos sólidos (rolos cerâmicos inutilizados) | N |                                                                             |   | Disponibilizar local adequado                                                 |   |                                |   | Desperdício de material e contaminação de água e solo |   |     |     |

8) Queima - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS     |   |                                                             |   |                                                                           |   |   | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                                     |   |     |     |
|------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------------------|-----------------------------------------------------|---|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO               | C | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                            | O | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                         | D | P | A                              | DESCRIÇÃO DO IMPACTO                                | S | NPC | NPR |
| Geração de ruído                   | S | Motores: aspiração da fumaça/ ar de combustão/ resfriamento | 8 | Uso de protetor auricular                                                 | 1 | 8 |                                | Danos à saúde humana; Poluição sonora               | 6 | 48  | 48  |
| Emissão de calor                   | S | Queimadores dos fornos                                      | 8 | Uso de luva de amianto                                                    | 1 | 8 |                                | Danos à saúde humana                                | 6 | 48  | 48  |
| Exposição à radiação não ionizante | S | Queimadores dos fornos                                      | 8 | Uso de óculos de proteção fumê                                            | 1 | 8 |                                | Danos à saúde humana                                | 6 | 48  | 48  |
| Emissão de gases                   | S | Queimadores dos fornos                                      | 8 | Exaustão para retirada dos gases                                          | 1 | 8 |                                | Danos à saúde humana e alteração da qualidade do ar | 6 | 48  | 48  |
| Risco de acidentes                 | S | Polias do forno                                             | 3 | Manter as proteções e não executar tarefas com o equipamento em movimento | 1 | 3 |                                | Danos à saúde humana (ferimentos)                   | 6 | 18  | 18  |
| Explosão                           | S | Queimadores e vazamentos das válvulas                       | 2 | Manutenção nas válvulas e nas conexões de GLP                             | 1 | 2 |                                | Alteração da qualidade do ar                        | 6 | 12  | 12  |
| Risco de acidentes                 | S | Substituição de rolos dos fornos                            | 5 | Uso de óculos de segurança                                                | 1 | 5 |                                | Danos à saúde humana (corpo estranho nos olhos)     | 6 | 30  | 30  |
| Geração de resíduos sólidos (caco) | N | Quebra ou defeito                                           |   | Retorna ao processo                                                       |   |   |                                | Desperdício de material e energia                   |   |     |     |

9) Escolha e Embalagem - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                     |   |                                                                 |   |                                                                               |   |   | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS                         |                |     |     |  |
|----------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------|---|---|--------------------------------------------------------|----------------|-----|-----|--|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                               | C | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL                                | O | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO                                             | D | P | A                                                      | DESCRIÇÃO DO S | NPC | NPR |  |
| Geração de ruído                                   | S | Motores da saída do forno e extrator do empilhador              | 8 | Uso de protetor auricular                                                     | 1 | 8 | Danos à saúde humana; Poluição sonora                  | 6              | 48  | 48  |  |
| Emissão de calor                                   | S | Retirada dos pisos da correia                                   | 8 | Uso de luvas de raspa                                                         | 1 | 8 | Danos à saúde humana                                   | 6              | 48  | 48  |  |
| Geração de esforço físico                          | S | Movimentação de caixas de pisos                                 | 8 | Postura correta e trabalho em equipe                                          | 1 | 8 | Danos à saúde humana                                   | 2              | 16  | 16  |  |
| Risco de acidente                                  | S | Polias e máquina de escolha quando retirada de pisos enroscados | 3 | Treinamento operacional e não executar tarefas com o equipamento em movimento | 1 | 3 | Danos à saúde humana (ferimento)                       | 6              | 18  | 18  |  |
| Geração de resíduos sólidos:<br>1) cacos queimados | N | Quebra ou defeito                                               |   |                                                                               |   |   | Doação a terceiros e desperdício de material e energia |                |     |     |  |
| 2) embalagens                                      |   |                                                                 |   | Disponibilizar local adequado                                                 |   |   | Desperdício de material e contaminação de água e solo  |                |     |     |  |

10) Expedição - Fev/2002

| ANÁLISE DOS PROVÁVEIS ASPECTOS                                  |     |                                  |     |                                     |     |     | ANÁLISE DOS PROVÁVEIS IMPACTOS |                                  |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-----|--------------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|
| DESCRIÇÃO DO ASPECTO                                            | C R | PROVÁVEL CAUSA REAL OU POTENCIAL | O C | CONTROLES SOBRE A CAUSA E ASPECTO   | D T | P O | A T                            | DESCRIÇÃO DO IMPACTO             | S V | NPC | NPR |
| Risco de acidentes                                              | S   | Abrir guarda de caminhões        | 7   | Trabalho em equipe                  | 1   | 7   | S                              | Danos à saúde humana (ferimento) | 6   | 42  | 42  |
|                                                                 | S   | Plataforma de carregamento       | 7   | Manter sinalização na plataforma    | 1   | 7   | S                              | Danos à saúde humana (queda)     | 6   | 42  | 42  |
| Risco de acidente de trânsito                                   | S   | Movimentação de produto acabado  | 7   | Atenção quando dirigir empilhadeira | 1   | 7   | S                              | Danos à saúde humana             | 6   | 42  | 42  |
| Emissão de gases p/ a atmosfera (queima de gás da empilhadeira) | N   |                                  |     |                                     |     |     |                                | Alteração da qualidade do ar     |     |     |     |
| Geração de poeira                                               | N   |                                  |     |                                     |     |     |                                | Alteração da qualidade do ar     |     |     |     |



#### ANEXO 4: DADOS REFERENTES AO CASO DA EMPRESA IV

ATIVIDADE: Preparação da barbotina (Quadro 1):

ASPECTO 1: Geração de ruído;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: pá-carregadeira;

C) ocorrência: alta (10);

D) controle: uso de abafador de ruído como medida paliativa;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 10, através do cálculo  $PO = OC (10)$

x DT (1);

G) impactos: poluição sonora e danos à saúde humana;

H) severidade do impacto: leve (1);

I)  $NPC = OC (10) \times SV (1) = 10$

J)  $NPR = PO (10) \times SV (1) = 10$

ASPECTO 2: Geração de poeira;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: caixão dosador e piso da seção;

C) ocorrência: moderada (4);

D) controle: molhando o piso e ligando o sistema de exaustão;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

G) impactos: alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana;

H) severidade do impacto: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 10$

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 10$

ATIVIDADE: Preparação da barbotina – moagem (Quadro 2):

ASPECTO 1: Risco de acidentes;

A) criticidade: sim;

B) causas do aspecto: depósito da barbotina e plataforma de queda;

C) ocorrência: 10;

D) controle: mantendo a tampa do depósito subterrâneo fechada e fechando a tampa após operação de treinamento, não se aproximando do moinho enquanto estiver girando;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 10, através do cálculo  $PO = OC (10)$

x DT (1);

G) impacto: danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (10) \times SV (1) = 10$ ;

J)  $NPR = PO (10) \times SV (1) = 10$ .

ASPECTO 2: Geração de poeira;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: correia transportadora e piso da seção;

C) ocorrência: moderada (4);

D) controle: molhando o piso e ligando sistema de exaustão;

E) detecção: estimada como alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

G) impactos: alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$

ASPECTO 3: Geração de ruído;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: moinhos;

C) ocorrência: moderada (4);

D) controle: através do uso de abafador de ruído como medida paliativa;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

G) impactos: identificados como poluição sonora e danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ATIVIDADE: Atomização (Quadro 3):

ASPECTO 1: Geração de ruído;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: motores da seção;

C) ocorrência: alta (10);

D) controle: através do uso de protetor auricular como medida paliativa;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 10, através do cálculo  $PO = OC (10)$

x DT (1);

G) impactos: poluição sonora e danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (10) \times SV (1) = 10$ ;

J)  $NPR = PO (10) \times SV (1) = 10$

ASPECTO 2: Risco de acidentes;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: umidade do piso e geração de efluente líquido pela lavagem constante do piso;

C) ocorrência: baixa (1);

D) controle: uso de calçado apropriado e reaproveitamento do efluente líquido;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 1, através do cálculo  $PO = OC (1) \times DT (1)$ ;

G) impactos: alteração da qualidade da água e danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (1) \times SV (1) = 1$ ;

J)  $NPR = PO (1) \times SV (1) = 1$ .

ASPECTO 3: Geração de poeira;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: ciclone, piso da seção e pó com granulometria fora do padrão;

C) ocorrência: moderada (4);

D) controle: uso de máscara e sistema de exaustão;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times DT (1)$ ;

G) impactos: poluição sonora e danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ASPECTO 4: Risco de acidentes;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: injeção da barbotina;

C) ocorrência: moderada (4);

D) controle: treinamento operacional, uso de luvas de raspa e fechamento da válvula esférica;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times DT (1)$ ;

G) impacto: danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ASPECTO 5: Geração de particulados;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: queda de material quando ocorre limpeza interna no atomizador para a retirada de matéria-prima endurecida;

C) ocorrência: baixa (1);

D) controle: treinamento operacional;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 1, através do cálculo  $PO = OC (1) \times DT (1)$ ;

G) impacto: alteração da qualidade do ar;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (1) \times SV (1) = 1$ ;

J)  $NPR = PO (1) \times SV (1) = 1$ .

ASPECTO 6: Risco de acidentes;

- A) criticidade: sim;
- B) causa do aspecto: queda do equipamento (bico de saída do atomizador);
- C) ocorrência: moderada (4);
- D) controle: treinamento operacional;
- E) detecção: alta (1);
- F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

- G) impacto: danos à saúde humana;
- H) severidade: leve (1);
- I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;
- J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ASPECTO 7: Risco de acidentes;

- A) criticidade: sim;
- B) causa do aspecto: elevador de canecas;
- C) ocorrência: moderada (4);
- D) controle: uso de cartão de sinalização;
- E) detecção: alta (1);
- F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

- G) impacto: danos à saúde humana;
- H) severidade: leve (1);
- I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;
- J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ASPECTO 8: Emissão de gases para a atmosfera;

- A) criticidade: sim;
- B) causa do aspecto: consumo de óleo combustível;
- C) ocorrência: moderada (4);
- D) controle: consumo racionado;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

G) impacto: alteração da qualidade do ar;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ATIVIDADE: Preparação de esmaltes (Quadro 4):

ASPECTO 1: Geração de ruído;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: motores e moinhos;

C) ocorrência: moderada (4);

D) controle: uso de protetor auricular;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

G) impacto: danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;

J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ASPECTO 2: Risco de acidentes;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: umidade e a geração de efluente líquido no piso do depósito de esmaltes;

C) ocorrência: baixa (1);

D) controle: uso de bota de borracha e reaproveitamento do efluente líquido;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência foi estimado em 1, através do cálculo  $PO = OC (1)$

x DT (1);

- G) impactos: alteração da qualidade da água e danos à saúde humana;
- H) severidade: leve (1);
- I)  $NPC = OC (1) \times SV (1) = 1$ ;
- J)  $NPR = PO (1) \times SV (1) = 1$ .

ASPECTO 3: Geração de poeira;

- A) criticidade: sim;
- B) causa do aspecto: balança de carga;
- C) ocorrência: moderada (4);
- D) controle: uso de máscara contra pó e sistema de exaustão;
- E) detecção: alta (1);
- F) potencial de ocorrência: estimado em 4, através do cálculo  $PO = OC (4) \times$

DT (1);

- G) impactos: alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana;
- H) severidade: leve (1);
- I)  $NPC = OC (4) \times SV (1) = 4$ ;
- J)  $NPR = PO (4) \times SV (1) = 4$ .

ASPECTO 4: Utilização de produtos químicos;

- A) criticidade: sim;
- B) causa do aspecto: componentes do esmalte;
- C) ocorrência: baixa (1);
- D) controle: uso de máscara respiratória;
- E) detecção: alta (1);
- F) potencial de ocorrência: estimado em 1, através do cálculo  $PO = OC (1) \times$

DT (1);

- G) impactos: alteração da qualidade do ar e danos à saúde humana;
- H) severidade: foi estimada leve (1);
- I)  $NPC = OC (1) \times SV (1) = 1$ ;
- J)  $NPR = PO (1) \times SV (1) = 1$ .

ASPECTO 5: Geração de esforço físico;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: sacarias com produtos;

C) ocorrência: baixa (1);

D) controle: levantamento de peso corretamente;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 1, através do cálculo  $PO = OC (1) \times$

DT (1);

G) impacto: danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (1) \times SV (1) = 1$ ;

J)  $NPR = PO (1) \times SV (1) = 1$ .

ASPECTO 6: Risco de acidentes;

A) criticidade: sim;

B) causa do aspecto: moinhos em movimentos;

C) ocorrência: alta (10);

D) controle: manutenção da proteção dos moinhos quando estiver em  
operação;

E) detecção: alta (1);

F) potencial de ocorrência: estimado em 10, através do cálculo  $PO = OC (10)$

x DT (1);

G) impacto: danos à saúde humana;

H) severidade: leve (1);

I)  $NPC = OC (10) \times SV (1) = 10$ ;

J)  $NPR = PO (10) \times SV (1) = 10$ .