

Universidade Brasil
Campus de São Paulo

CLAYTON SOARES DA SILVA

ATENDIMENTO A DIRETIVA AMBIENTAL *RoHs* PARA ALTERAÇÃO DO
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESSOS
PARA ACABAMENTO SUPERFICIAL

ASSISTANCE TO *RoHs* ENVIRONMENTAL POLICY TO CHANGE THE
MANUFACTURING PROCESS OF PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR SURFACE FINISH

São Paulo - SP
2018

Clayton Soares da Silva

ATENDIMENTO A DIRETIVA AMBIENTAL *RoHs* PARA ALTERAÇÃO DO PROCESSO
DE FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESSOS PARA ACABAMENTO
SUPERFICIAL.

Orientadora: Prof. Dra. Dora Inés Kozusny Andreani.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

São Paulo - SP
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S579a Silva, Clayton Soares da

Atendimento a diretiva ambiental rohs para alteração do processo de fabricação de placas de circuitos impressos para acabamento superficial. / Clayton Soares da Silva. São Paulo, SP: Universidade Brasil, 2018.

77 f. il. color.

Orientadora: Prof. Dra. Dora Inés Kozusny Andreani.

Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil.

1. Restrição 2. Adequação 3. Adequação

I. Título

CDD 577

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "ATENDIMENTO A DIRETIVA AMBIENTAL *RoHs* PARA ALTERAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESSOS PARA ACABAMENTO SUPERFICIAL"

Autor(es):

Discente: Clayton Soares da Silva

Assinatura: _____

Orientadora: Dora Ines Kozusny-Andreani

Assinatura: _____

Data: 25/junho/2018

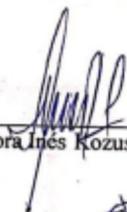


TERMO DE APROVAÇÃO

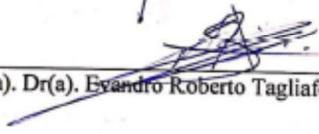
CLAYTON SOARES DA SILVA

**“ATENDIMENTO A DIRETIVA AMBIENTAL RoHs PARA ALTERAÇÃO DO
PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESSOS
PARA ACABAMENTO SUPERFICIAL”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Dora Inés Kozusny-Andreani (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Evandro Roberto Tagliaferro



Prof(a). Dr(a). Edy Carlos Santos de Lima

Fernandópolis, 25 de junho de 2018.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani



AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos Professores da Universidade Brasil pelas informações repassadas de seus conhecimentos.

Quero agradecer especialmente a minha Orientadora Dra. Dora Inés Kozusny-Andreani por ceder seu tempo e repassar as diretrizes para meu trabalho, aos meus familiares por me terem ensinado a importância da construção e coerência dos meus próprios valores, em especial à minha família a paciência infinita, compreensão e a disposição incondicional em me ajudar a conquistar os meus objetivos e a tornar tudo possível.

Obrigado aos meus amigos de trabalho e aos de Pós-Graduação pelas injeções de motivação, incentivo e pelo apoio de uma maneira ou de outra, nestes últimos anos.

Muito obrigado a todos!

ATENDIMENTO A DIRETIVA AMBIENTAL *RoHs* PARA ALTERAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESSOS PARA ACABAMENTO SUPERFICIAL

RESUMO

Os impactos socioambientais ao rápido crescimento de resíduos de equipamentos eletro e eletrônico gera grande consequência de contaminação no fim do ciclo de vida e tem sido globalmente reconhecidos como um risco emergente para a sociedade e o meio ambiente, devido aos crescentes volumes gerados e as substâncias tóxicas presentes em sua composição. Nos últimos anos este problema vem sendo objeto de estudos e da política voltada para sua gestão, na maior parte dos países desenvolvidos. Objetivou-se neste trabalho identificar alternativas de acabamentos superficiais no processo da fabricação de placa de circuito impresso eletrônico pela identificação de contaminantes dentro do processo de fabricação a fim de propor alternativas de produtos químicos menos poluentes no início da manufatura para a adequação de processo lead free, evitando assim, os componentes químicos que impactam diretamente o meio ambiente conforme descrito na diretiva ambiental europeia RoHS. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas placas de circuitos impressos de um mesmo fabricante, utilizando como laminado o FR4 (composto de fibra de vidro e resina epóxi), após a aplicação desses acabamentos, as amostras foram cortadas, e caracterizadas por Raio x (Modelo Fischer EDX) e microscopia eletrônica de varredura (Modelo EVO MA 15 ZEISS) com objetivo de verificar e quantificar os possíveis contaminantes descritos na diretiva apenas para o acabamento superficial depositado. Os ensaios realizados do uso de acabamento lead free condutivos utilizados nas placas de circuitos impressos evidenciaram processos eficientes sem apresentar qualquer elemento apontado na diretiva. O estudo mostrou que na utilização de determinadas substâncias empregadas na fabricação de elétricos e de eletrônicos evidenciam a forma de adequar o processo de fabricação de placa de circuito impresso eliminando os elementos químicos nocivos descritos na diretiva. Os estudos e ensaios de soldabilidade praticados, podem ser apresentadas como novas alternativas para serem empregadas pelos fabricantes de acabamentos superficiais livres de chumbo colocando-as como vantagens e desvantagens de cada tipo de processo. Contudo, para determinados tipos de placas de circuitos impresso, é necessário levar em conta as diferenças dos valores entre os tipos de acabamentos, e os parâmetros exigidos e as devidas especificações de seu cliente final.

Palavras-chave: Restrição, Adequação, Implantação.

ASSISTANCE TO RoHs ENVIRONMENTAL POLICY TO CHANGE THE MANUFACTURING PROCESS OF PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR SURFACE FINISH

ABSTRACT

The environmental impacts of the rapid growth of waste electrical and electronic equipment generates great consequence of contamination at the end of the life cycle and has been globally recognized as an emerging risk to society and the environment, due to rising volumes generated and toxic substances present in its composition. In recent years this problem has been the subject of studies and policy focused on its management, in most developed countries. The aim of this study was to identify alternative surface finishes in the process of electronic printed circuit board manufacturing through to identify contaminants within the manufacturing process in order to propose alternative chemical cleaner at the beginning of manufacturing for the adequacy of lead free process, thus avoiding the chemical components that directly impact the environment as described in European environmental directive RoHS. For the development of this work, printed circuit boards of the same manufacturer were used, using the FR4 (glass fiber composite and epoxy resin) as a laminate, after applying these finishes, the samples were cut and characterized by x-ray (Model Fischer EDX) and scanning electron microscopy (Model EVO MA 15 ZEISS) with the objective of verifying and quantifying the possible contaminants described in the directive only for the deposited surface finish. The tests carried out on the use of conductive lead free finishes used in printed circuit boards showed efficient processes without presenting any elements pointed out in the directive. The study showed that in the use of certain substances used in the manufacture of electrical and electronics demonstrate how to adapt the process of manufacture of printed circuit board eliminating the harmful chemical elements described in the directive. Weldability studies and tests can be presented as new alternatives to be used by manufacturers of lead-free surface finishes, placing them as advantages and disadvantages of each type of process. However, for certain types of printed circuit boards, it is necessary to take into account the differences in values between the types of finishes, the required parameters and the appropriate specifications of your final customer.

Keywords: Restriction, Adequacy, Implantation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxo de processo de fabricação de PCI.	28
Figura 2 - Organograma do mapeamento das etapas do processo.....	31
Figura 3 - Porcentagem de conformidades por etapas.	31
Figura 4: Micrografia 2000X placa em HALS.....	34
Figura 5: Micrografia 2000X placa em OSP.....	34
Figura 6: Micrografia 2000X placa em ENIG.....	35
Figura 7: Micrografia 2000X placa em Immersion Tin.	35
Figura 8 - Sugestão de fluxo de processo.....	38
Figura 9 - Esquema de decisão com respeito à necessidade de proceder a uma análise ou não.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do SITII para alguns laminados.	22
Tabela 2. Substâncias Presentes nas Placas de Circuitos Impressos Resultados de valores obtidos.	33
Tabela 3 - Substâncias Presentes nas Placas de Circuitos Impressos Resultados de valores obtidos.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Substâncias restringidas pela diretiva RoHS.	19
Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do HASL como acabamento superficial.....	23
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do OSP como acabamento superficial.....	24
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens do ENIG como acabamento superficial.	25
Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do Immersion Tin como acabamento superficial.....	25
Quadro 6 - Vantagens e desvantagens Immersion Silver como acabamento superficial.....	26
Quadro 7 - Comparação entre os tipos de acabamento superficial e suas propriedades.....	26
Quadro 8 - Critérios de avaliação.	29
Quadro 9 - Número de etapas por pontuação.	32
Quadro 10 - Comparação da ordem do fluxo do processo para placas lead-free.	38
Quadro 11 - Documento Plano de Controle.	39
Quadro 12 - Descrição do procedimento da Linha do Immersion Tin.	43
Quadro 13 - Procedimento de Análise.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACI – Associação Brasileira de Circuito Impresso
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cd - Cádmió
CQ - Controle de Qualidade
Cr⁺⁶ - Cromo hexavalente
CTE - Coeficiente de expansão térmica
ENIG - Electroless Nickel Immersion Gold
FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos
HASL - Hot Air Solder Leveling
Hg - Mercúrio
ISO - International Organization for Standardization
NBR - Norma Brasileira
OF - Ordem de Fabricação
OSP - Organic Solderability Preservative
Pb - Chumbo
PBB - Bromobifenilas
PBDE - Éteres de Bromobifenilas
PCI - Placa de Circuito Impresso
RoHs - Restriction of Hazardous Substances
Sn Pb - Estanho Chumbo
STII - Soldering Temperature Impact Index
Td - Temperatura de decomposição
Tg - Temperatura de Transição Vítrea
WEEE - Waste Electrical and Electronic Equipment

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Lead-Free.....	18
3.1.1 Propriedades do material base	20
3.1.2 Temperatura de transição vítrea, T_g	20
3.1.3 Temperatura de decomposição, T_d	20
3.1.4 Coeficiente de expansão térmica, CTE	21
3.1.5 Absorção de umidade	21
3.1.6 Tempo de delaminação.....	21
3.1.7 Escolha do material base	22
3.1.8 Acabamento superficial da PCI	23
3.1.9 HASL - Hot Air Solder Leveling	23
3.1.10 OSP - Organic Solderability Preservative	24
3.1.11 ENIG - Electroless Nickel Immersion Gold	24
3.1.12 Immersion Tin.....	25
3.1.13 Immersion Silver.....	26
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1 Processo convencional	27
4.2 Levantamento das etapas do processo.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Linha Immersion Tin.....	33
5.1.1 Guia de Adequação da Linha <i>Immersion Tin</i>	35
5.1.2 Otimização do processo.....	37
5.1.3 Plano de Controle da Linha <i>Immersion Tin</i>	38
5.1.4 Procedimento para a Linha <i>Immersion Tin</i>	43
5.1.5 Análises de Placas	53
5.1.6 Conformidade RoHS	54
5.1.7 Treinamento <i>RoHS</i>	54
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	58

APÊNDICE A - Levantamento das etapas de processo.....	61
APÊNDICE B - Levantamento das etapas de processo preenchido.....	63
APÊNDICE C - Diretiva RoHs	65
APÊNDICE D - Layout Linha.....	70
APÊNDICE E - Check List Immersion Tin	71
APÊNDICE F - Diário de Bordo	75
APÊNDICE G - Relatório de Análise.....	76

1 INTRODUÇÃO

Neste documento apresento o levantamento do processo de fabricação de placas de circuito impresso de uma determinada empresa do ramo de fabricação de placa de circuito impresso. O levantamento foi realizado nos dois processos de fabricação de placas, no convencional, isto é, processo utilizando ligas com chumbo e no processo isento de chumbo *lead-free*. São apresentados os pontos positivos do processo tradicional e sugestões de mudanças para melhoria no processo. Apresento também uma adequação do processo de fabricação de placas em conformidade com a diretiva *Restriction of Hazardous Substances* (RoHS). Esse atual trabalho surgiu da idéia de mudança em relação aos sistemas tradicionais de gestão, nos quais os sistemas de gestão da qualidade e de gestão ambiental atuam de forma isolada dentro da empresa estudada, para integração dos sistemas de gestão, onde as áreas e os sistemas de gestão da qualidade e ambiental possam atuar integrados, visando propiciar um diferencial de melhoria contínua para a organização.

A Diretiva relativa à Restrição do Uso de determinadas Substâncias Perigosas em Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (*RoHS*) entrou em vigor a 1 de Julho de 2006 (OFFICIAL JOURNAL EUROPEAN UNION, 2003). A partir dessa data, os produtores de certas categorias de equipamentos elétricos e eletrônicos estão proibidos de colocar no mercado produtos que contenham qualquer das seis substâncias proibidas, salvo se aplicar alguma das exceções previstas. Tal é claro, pelo que resta saber o que esperam as autoridades que os produtores façam.

A Diretiva é aplicável aos equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) abrangidos pelo seu âmbito de aplicação. Os “materiais homogêneos” que os compõem não poderão conter nenhuma das seis substâncias proibidas (chumbo, cádmio, mercúrio, cromo e éteres) em concentrações que excedam os “valores máximos de concentração” (VMC) fixados.

A quem deve ser imputada a responsabilidade? Os produtores de EEE são responsáveis por assegurar que os seus produtos não contêm nenhuma das seis substâncias proibidas. A Diretiva não trata especificamente dos componentes nem subconjuntos, pelo que caberá aos produtores de EEE tomar medidas no sentido de assegurar que todos os materiais e componentes específicos utilizados nos seus produtos não contenham qualquer substância proibida. Por “produtor” deve entender-se qualquer entidade que, independentemente da técnica de venda utilizada.

Não é permitida a utilização destas substâncias nos equipamentos objeto da Diretiva RoHS e/ou do Decreto-Lei n.º 230/2004, a saber: equipamentos EEE cujo funcionamento adequado depende de correntes eléctricas ou campos eletromagnéticos. Estão também incluídos equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às

categorias indicadas do presente guia e destinados a utilização com tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alterna e 1.500 V para corrente contínua.

As obrigações dos produtores para cumprir a Diretiva *RoHS*, Mediante a colocação dos produtos no mercado, os produtores declaram que estes estão conformes com a legislação. Esta é a base da “auto-declaração” que é, aliás, comum a outras Diretivas da União Europeia. Não se exige a aposição de uma marca específica, nem o controle de entidades independentes. Todavia, compete às autoridades de cada Estado-Membro supervisionar o respectivo mercado e realizar exames aos produtos.

Quando for detectado um produto não conforme com as regras fixadas na Diretiva *RoHS*, o produtor será demandado a comprovar que usou de normal diligência e que tomou “medidas razoáveis” no sentido do cumprimento (LEE, CHIN YU, 2004). Este tipo de defesa legal é comum à outra legislação, mas ainda não foi definido o que se deve entender por “medidas razoáveis”. Os produtores poderão utilizar duas estratégias para cumprir a Diretiva: Obter dos fornecedores declarações de conformidade dos materiais, componentes e outros elementos; Proceder a análises selecionadas, sempre que se verifique a existência de um produto não conforme com as disposições da Diretiva, as autoridades farão uma auditoria aos registros do produtor, que deverão estar guardados em “arquivos técnicos”. Tais arquivos devem ser mantidos por um período mínimo de quatro anos.

Os produtores de EEE devem obter dos seus fornecedores declarações ou certificados que atestem a conformidade dos materiais. Até ao momento, não existe um formato padrão para essas declarações, apesar de estarem a ser criados vários. Estes documentos devem mencionar, pelo menos, que os materiais, peças ou componentes podem ser usados para produzir EEE conforme com as normas da Diretiva *RoHS* (VOSSENAAR, R. 2006). Esta confirmação deve abranger os materiais de forma individualizada e não os componentes no seu todo (devido à exigência relativa ao material homogêneo, mencionada anteriormente).

Alguns fabricantes de componentes emitem declarações sobre materiais para gamas de produtos, por exemplo, uma única declaração para todos os tipos de embalagens de cápsula plana quadrada (QFP - Quad Flat Pack). Tal é possível, dado que são todos fabricados com os mesmos materiais, pelo que a declaração para um código de produto será idêntica à de outro da mesma gama, uma vez que a composição dos materiais é idêntica.

Com frequência, os produtores de EEE obtêm regularmente dos seus fornecedores, uma determinada peça proveniente de vários lotes. Nestes casos, não há necessidade de emitir declarações separadas para cada lote, salvo se o fabricante alterar o processo de produção.

No entanto, os produtores de EEE devem estar cientes que poderão ocorrer modificações entre lotes.

O principal objetivo da Diretiva *RoHS* é evitar o depósito de materiais perigosos em aterros. A União Europeia restringe o uso de seis substâncias perigosas com base no princípio da precaução, dado que, tanto quanto se sabe, essas seis substâncias estão classificadas como sendo nocivas e tóxicas.

Os fabricantes de equipamento não sofrerão grande impacto com a sua substituição por substâncias alternativas. Por exemplo, a extração de fumo que deveria ser utilizada nos processos de soldadura, serve na realidade para eliminar o vapor do fluxo. Os fluxos sem chumbo são quimicamente idênticos aos que são utilizados com soldas de estanho/chumbo, pelo que aquela necessidade não será alterada.

As substâncias químicas utilizadas na produção de revestimentos em cromo hexavalente são tóxicas e cancerígenas, pelo que os utilizadores das mesmas beneficiarão do fato de as alternativas serem muito menos perigosas. No entanto, até ao momento, não existem indícios de que os finos revestimentos em cromo hexavalente que são produzidos acarretem riscos para a saúde humana durante a sua normal utilização.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Concretizar o processo de fabricação de Placas de Circuito Impresso (PCI) para o atendimento da Diretiva Ambiental (*RoHS*) para exportação de placas de circuito impresso na comunidade Européia.

2.2 Objetivos específicos

Identificar no processo de fabricação de Placas de Circuito Impresso a tendência de melhorias na capacidade do processo através de levantamentos de dados estatísticos de acordo a sequência de fabricação.

Contribuir com a implantação de linha de aplicação, ajustando as alternativas de acabamentos superficiais para substituir processos que contém chumbo, a fim de atender a Diretiva RoHs eliminando os componentes químicos exigidos nesse diretiva Pb, Cd, Hg, Cr, PBB e PBDE na fonte.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura baseou-se em pesquisa bibliográficas e documental, empregando-se documentos elaborados e de fontes primárias e secundárias. Visou, num primeiro momento, construir o referencial teórico que permitiu compreender as origens da dinâmica conhecida de produção de Placas de Circuitos Impresso, o contexto do surgimento da nova abordagem das políticas ambientais voltadas aos produtos, das quais fazem parte as que tratam da problemática dos resíduos, a configuração internacional da questão e como esta influenciou os países em desenvolvimento. Num segundo momento, predominante documental (capítulo 5), teve por objetivo traçar um pano de fundo para estudo de caso, no que diz respeito à situação de adequação a configuração do setor eletroeletrônico, dados sobre venda no mercado interno e externo, instalado de alguns produtos, de forma a recomendar o determinado processo para o atendimento a diretiva, políticas públicas, panorama da implantação e como a questão é tratada e está sendo tratada no país.

3.1 Lead-Free

Neste tópico dedicar-se-á a explicação sobre a fabricação de placas de circuito impresso (PCI) acabamento *lead-free*. A conscientização mundial sobre o meio ambiente é cada vez maior na política empresarial para preservação da natureza do planeta. Duas legislações ambientais europeias RoHS e *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* causaram um grande impacto na indústria de fabricação de placas de circuito impresso e de montagem. O objetivo da diretiva RoHS é evitar ou diminuir a quantidade de substâncias tóxicas em produtos que coloquem em risco a saúde humana ou o meio ambiente e o da *WEEE* é diminuir a quantidade de lixo eletrônico que chega aos aterros.

A diretiva RoHS restringe o uso de chumbo, cádmio, mercúrio, cromo hexavalente, bromobifenilas (PBB) e éteres de bromobifenilas (PBDE). As quatro primeiras substâncias são metais utilizados em um variado número de aplicações, enquanto as duas últimas são geralmente utilizadas como retardante de chama em materiais plásticos.

A Quadro 1 apresenta o quadro com as substâncias restringidas pela diretiva RoHS. O texto da diretiva RoHS pode ser visto no Apêndice C.

Quadro 1 - Substâncias restringidas pela diretiva RoHS.

Substância	Símbolo ou abreviatura	Porcentagem máxima permitido	Uso em Eletrônicos	Riscos para humanos	Riscos para o meio ambiente
Chumbo	Pb	0,1%	Componentes eletrônicos, Soldas, baterias automotivas	Atinge o sistema nervoso e o sistema cardiovascular	Tem efeito acumulativo e efeitos altamente tóxicos em animais, plantas e micro organismos
Cádmio	Cd	0,01%	Pigmento de tinta, baterias, processos de galvanoplastia	Cancerígeno, ataca os rins e causa demineralização óssea	Bioacumulativo, tóxico e resistente a decomposição
Mercúrio	Hg	0,1%	Pigmentos, baterias, lâmpadas fluorescentes, sensores, relés e chaves	Causa danos ao cérebro e tem características cumulativas	É acumulado por organismos vivos
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0,1%	Galvanização, corantes, pigmentos, tratamento anti-corrosivo	Genotóxico e alérgico	Facilmente absorvido pelas células e tem efeito alérgico e tóxico
Bromobifenilas	PBB	0,1%	Retardante de chama PCI	Cancerígenos e neurotóxicos	Solúvel, bioacumulativo e resistem à decomposição
Éteres de bromobifenilas	PBDE	0,1%	Retardante de chama PCI	Cancerígenos e neurotóxicos	Solúvel, bioacumulativo e resistem à decomposição

Fonte: ABRACI.

A eliminação das substâncias nocivas ou de sua redução a níveis aceitáveis segundo a diretiva RoHS na fabricação de placas de circuito impresso implica basicamente na escolha apropriada de materiais para a montagem da PCI e seu acabamento.

Os novos materiais para manufatura de PCI devem ser capazes de suportar temperaturas de soldagem acima de 260°C. Temperatura mais elevadas são necessárias para a fusão das novas

ligas metálicas. Devido a imposição da diretiva RoHS novos materiais estão sendo testados e desenvolvidos com objetivo de satisfazer os parâmetros de soldagem *lead-free*.

3.1.1 Propriedades do material base

Os principais pontos que devem ser considerados quando da escolha dos materiais para processos *lead-free* são T_g (Temperatura de Transição Vítrea), T_d (Temperatura de decomposição), CTE (Coeficiente de expansão térmica), absorção de umidade e tempo de delaminação.

3.1.2 Temperatura de transição vítrea, T_g

A temperatura de transição vítrea é a temperatura na qual um polímero passa do estado vítreo (rígido) para um estado “maleável”, sem ocorrência de uma mudança estrutural (I. W. Lead-Free, 2005). Isso quer dizer que quando um material é aquecido acima de seu T_g ao esfriar (temperatura abaixo de T_g) ele retorna ao estado rígido basicamente com as mesmas propriedades iniciais. Mas se for aquecido a uma temperatura muito acima do T_g poderão ocorrer mudanças irreversíveis em suas propriedades. Historicamente T_g é a propriedade do material utilizado pela indústria para comparar a robustez térmica do material base (laminado).

3.1.3 Temperatura de decomposição, T_d

A Temperatura de decomposição T_d é tipicamente definida como o ponto na qual um material (laminado) perde 5% do seu peso, devido a uma decomposição física causada por sua exposição à alta temperatura. A perda de peso significa uma deterioração irreversível do material. A temperatura de decomposição é parâmetro importante em se tratando de confiabilidade principalmente em processos *lead-free*, pois utilizam temperaturas mais altas. Deve se tomar o cuidado na montagem e retrabalho de placas (produtos *lead-free*) de não ultrapassar a temperatura na qual começa a decomposição do material. A decomposição pode resultar na perda de aderência e delaminação do material. O T_d de um laminado deve ser significativamente maior que a temperatura máxima de exposição do laminado durante o processo de soldagem da placa, o índice de 5% de decomposição do material é um índice grande em se tratando de *lead-free*. O material ideal para processos *lead-free* é o que apresenta menor porcentagem de perda de matéria na faixa de temperatura de 240°C a 270°C. É importante lembrar que na faixa de temperatura dos processos estanho chumbo, os materiais não apresentam um significativo índice de decomposição.

Contudo, na faixa de temperatura de processos *lead-free*, o tradicional FR-4 apresenta de 1,5 a 3% de perda de material.

3.1.4 Coeficiente de expansão térmica, CTE

A taxa de alteração nas dimensões física de um material, em qualquer direção (X, Y ou Z) em função da temperatura é representada como coeficiente de expansão térmica CTE. Todos os materiais sofrem mudança em suas dimensões física em resposta as variações da temperatura. A taxa com que o material expande é muito menor abaixo do T_g que acima. Deste modo o valor do coeficiente de expansão térmica CTE acima do T_g é muito maior do que abaixo do T_g . A taxa de expansão do laminado nas direções XY e Z são diferentes devido ao arranjo das fibras no laminado. A expansão térmica na direção Z pode afetar significativamente a confiabilidade da placa de circuito impresso, pois contrações e expansões térmicas no material base causam *stress* nos furos metalizados. Temperaturas mais altas para processos *lead-free* resultam em maior expansão para um determinado material.

3.1.5 Absorção de umidade

Tendência de o material absorver umidade do ambiente em que está localizado. A absorção de umidade pela PCI pode resultar em *voids* e delaminação por ocasião da evaporação quando expostas a altas temperaturas ou durante o ciclo térmico. Placas *lead-free* são mais sensíveis à umidade que as de estanho chumbo. A pressão de vapor de água em processos *lead-free* é aproximadamente o dobro da do processo SnPb. Desta forma as placas devem ser armazenadas em ambientes com controle de umidade de forma a evitar a absorção de umidade. Quando as placas forem armazenadas em locais onde a umidade não é controlada deve-se secar primeiramente a PCI antes da realização da montagem dos componentes na placa.

3.1.6 Tempo de delaminação

Tempo expresso em minutos, necessário para o laminado apresentar delaminação quando submetido continuamente a uma determinada temperatura (260°C ou 288°C). Esta propriedade está relacionada à temperatura de decomposição e à aderência de componentes dos materiais. A expansão térmica e a absorção de umidade também podem influenciar no resultado.

3.1.7 Escolha do material base

A escolha do material base é muito complexa. Em princípio três fatores principais precisam ser equalizados. O dilema é como obter suficiente robustez térmica, compatibilidade RoHS, e custos compatíveis que satisfaçam as necessidades do cliente e do processo. O índice que pode ajudar na escolha do material base é o STII (*Soldering Temperature Impact Index*). Este índice é dado em termos do Tg, Td e do CTE através da relação:

$$STII = \frac{Tg + Td}{2} - [\% CTE(50 \text{ a } 260^{\circ}\text{C})] \times 10$$

Fonte: Reliability I. W. Lead-Free p.58

O material com o valor de STII maior que 215 são recomendados para processos *lead-free*. A Tabela 1 apresenta a relação de matérias base com seus respectivos valores de STII.

Tabela 1 - Valores do SITII para alguns laminados.

Fabricante	Código	Tg (TMA)	Td (5%)	CTE (50-260°C)	STII
TUC	TU-622-5	135 °C	310 °C	4,1%	181
ISOLA	IS400	135 °C	330 °C	3,0%	202
NELCO	N4000-7	150 °C	330 °C	3,7%	203
TUC	TU-662	145 °C	340 °C	3,4%	209
ISOLA	FR250HR	140 °C	350 °C	3,4%	211
TUC	TU-722	172 °C	330 °C	3,5%	216
ISOLA	IS410	170 °C	350 °C	3,5%	225
NELCO	N4000-11	170 °C	345 °C	3,2%	225
TUC	TU-752	170 °C	350 °C	2,7%	233
ISOLA	370HR	170 °C	350 °C	2,7%	233
NELCO	N4000-12	180 °C	370 °C	3,6%	239
NELCO	N4000-13	200 °C	365 °C	3,5%	247
ISOLA	IS500	170 °C	400 °C	2,8%	257
TUC	TU-842	170 °C	390 °C	2,1%	259

Fonte: Reliability I. W. Lead-Free, 2005.

3.1.8 Acabamento superficial da PCI

O acabamento superficial final da PCI consiste no revestimento de suas superfícies condutoras. A camada de cobertura das superfícies condutoras das PCI forma uma interface crítica entre o componente e as interconexões do circuito. A função essencial da camada de cobertura é proteger a superfície do cobre da superfície da PCI com a finalidade de preservar a soldabilidade.

A ausência de chumbo nas placas devido à diretiva RoHS resultou em mudança no tipo de acabamento superficial aplicado nas PCIs. Estes acabamentos de superfície devem ser capazes de resistir às elevadas temperaturas requeridas pelos processos *lead-free*. Deve-se observar também que a utilização de novas ligas de solda isenta de chumbo, afetam a compatibilidade do acabamento superficial com a metalurgia das junções de solda.

Os principais acabamentos de superfícies para placas *lead-free* são *Hot Air Solder Leveling (HASL)*, *Organic Solderability Preservative (OSP)*, *Electroless Nickel Immersion Gold (ENIG)*, *Immersion Tin* e *Immersion Silver*.

3.1.9 HASL - Hot Air Solder Leveling

É um método de cobertura com solda das áreas expostas de cobre de uma PCI (áreas soldáveis), realizada por deposição seletiva através de imersão da placa em um tanque de solda fundida e posterior passagem da mesma por jatos de ar quente para a remoção do excesso de solda do interior dos seus furos e da superfície realizado em equipamento automático específico. Para aplicações *lead-free* as principais ligas de solda incluem estanho-cobre, estanho-prata-cobre, estanho-cobre-níquel e estanho-cobre-níquel-germânio. A camada de cobertura pode variar de 2 a 40 μm de espessura. O Quadro 2 apresenta as vantagens e desvantagens do HASL.

Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do HASL como acabamento superficial.

Vantagens	Desvantagens
Excelente molhabilidade	Problemas de coplanaridade
Bom tempo de armazenamento	Problemas com <i>fine-pitch</i> menor que 0,5mm
Resiste a vários ciclos térmicos	Pode conter Pb*
Boa aderência	Danos térmicos à PCI
Resistente ao manuseio	Curtos elétricos devido a pontes de solda (<i>bridging solder</i>)
Testabilidade	PTHs obstruídos

Fonte: Coombs, Printed Circuits Board, 2008.

Obs.: * Pode haver contaminação de Pb caso seja utilizado o mesmo equipamento para o processo convencional e para o *lead-free*.

3.1.10 OSP - Organic Solderability Preservative

Tratamento orgânico superficial realizado nas áreas expostas de cobre da PCI (soldáveis ilhas e furos), protegendo-as contra oxidação durante o armazenamento da placa e preservando sua soldabilidade. É praticamente imperceptível, formando uma película transparente muito fina e frágil (0,1 a 0,6 µm de espessura) sobre a superfície do cobre. O Quadro 3 apresenta as vantagens e desvantagens do OSP.

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do OSP como acabamento superficial.

Vantagens	Desvantagens
Ótima coplanaridade	Tempo de armazenamento limitado
Excelente molhabilidade	Degrada com a temperatura
Pode ser retrabalhada	Degrada com múltiplos <i>reflows</i>
Boa proteção a oxidação da superfície	Sensível ao manuseio
Bom para <i>fine-pitch</i>	Não pode se inspecionada
Processo de fabricação mais rápido e menos complexo	Cobre exposto no final do processo
	Sensível ao fluxo
	Pobre molhagem nos furos
	Sem teste elétrico

Fonte: Coombs, Printed Circuits Board, 2008.

3.1.11 ENIG - Electroless Nickel Immersion Gold

Deposição seletiva química de ouro sobre níquel, para proteger contra oxidação as áreas de cobre da PCI não cobertas pela máscara de solda, formando uma superfície plana e uniforme. Geralmente a camada de níquel apresenta-se entre 3 e 6 µm, e a de ouro entre 0,05 e 0,25 µm. O Quadro 4 apresenta as vantagens e desvantagens do ENIG.

Quadro 4 - Vantagens e desvantagens do ENIG como acabamento superficial.

Vantagens	Desvantagens
Ótima coplanaridade	Preço maior
Excelente molhabilidade	Não pode ser retrabalhado pelo fabricante
Resiste a vários ciclos térmicos	<i>Black-pad</i> causada por excesso de fósforo nos banhos
Tempo de armazenamento longo	Não utilizado para placas com sinais de alta frequência
Bom para produtos <i>fine-pitch</i>	Processo complexo
Testabilidade elétrica boa	Ataca a máscara de solda

Fonte: Coombs, Printed Circuits Board, 2008.

3.1.12 Immersion Tin

Deposição de uma fina camada de estanho sobre as áreas expostas de cobre da PCI através de um processo galvânico. A camada de cobertura pode variar de 0,6 a 1,2 μm de espessura. O Quadro 5 apresenta as vantagens e desvantagens do *Immersion Tin*.

Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do Immersion Tin como acabamento superficial.

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo	Sensível ao manuseio
Processo simples	Tempo de armazenamento limitado
Boa coplanaridade	Degrada com o tempo
Boa molhabilidade	Degrada com a temperatura
Pode ser retrabalhada	Degrada com múltiplos <i>reflows</i>
Bom para teste elétrico	Ambiente de armazenamento controlado
	Ataca a máscara de solda
	<i>Whiskers</i>
	Uso de tiouréia (substância carcinógeno)

Fonte: Coombs, Printed Circuits Board, 2008.

3.1.13 Immersion Silver

Deposição de uma fina camada de prata sobre as áreas expostas de cobre da PCI através de um processo galvânico. Tipicamente a espessura da camada está na faixa de 0,1 a 0,4 μm . O Quadro 6 apresenta as vantagens e desvantagens do *Immersion Silver*.

Quadro 6 - Vantagens e desvantagens Immersion Silver como acabamento superficial.

Vantagens	Desvantagens
Baixo custo	Sensível ao manuseio
Processo simples	Formação de <i>dentrite</i>
Boa coplanaridade	Ambiente de armazenamento controlado
Excelente molhabilidade	<i>Tarnish</i> (mancha), quando exposto ao enxofre e cloreto
Bom tempo de armazenamento	
Resiste a vários ciclos térmicos	
Bom para teste elétrico	
Bom para <i>fine-pitch</i>	
Pode ser Retrabalhada	

Fonte: Coombs, Printed Circuits Board, 2008.

O Quadro 7 apresenta um quadro comparativo entre os vários tipos de acabamento superficial. Na literatura encontra-se recomendação ao *Immersion Ag*. O acabamento superficial o ENIG é considerado o mais problemático e caro.

Quadro 7 - Comparação entre os tipos de acabamento superficial e suas propriedades.

	HASL	OSP	ENIG	<i>Immersion Sn</i>	<i>Immersion Ag</i>
Processo	Simples	Simples	Complexo	Simples	Simples
Custo	\$	0,7 x \$	3 x \$	0,8 x \$	1,5 x \$
Espessura da Camada	2 – 40 μm	0,1 – 0,6 μm	Níquel 3 - 5 μm Ouro 0,05 – 0,15 μm	0,6 – 1,2 μm	0,1 – 0,4 μm
Coplanaridade	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Tempo de armazenamento em meses	18	6	24	6	12
Retrabalho	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Número de Reflows	6	2 - 4	6	2 - 4	6
Junção de solda	Cu-Sn	Cu-Sn	Ni-Sn	Cu-Sn	Cu-Sn
Wirebond	No	No	Al	No	Al, Au

Fonte: Coombs, Printed Circuits Board, 2008.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Processo convencional

O processo de fabricação de placas de circuito impresso é iniciado com a entrada do pedido pelo cliente no Departamento Comercial. Essa determinada empresa possui três tipos de clientes para manufatura; para aquisição do *layout* da placa de circuito impresso (PCI), para aquisição de placas nuas e aqueles que adquirem placas e sua conseqüente montagem.

Geralmente o cliente é proprietário do *layout* pronto para subseqüente confecção da PCI; toda e qualquer modificação no *layout*, só se processa com a autorização do cliente. Em principio essa determinada empresa não faz a análise do *layout* do projeto enviado para a fabricação da PCI, a não ser que solicitada pelo cliente.

Resumidamente, as placas de circuito impresso multicamadas são tipicamente produzidas por meio de processos industriais de fotolitografia, no qual uma ou mais camadas de cobre sobrepostas a uma placa-base recebem o desenho do circuito elétrico a ser fabricado. O processo de multicamadas exige a criação de máscaras específicas para cada camada da placa, além de um processo complexo para a implementação das interconexões entre as camadas e os furos metalizados onde serão inseridos os componentes eletrônicos.

O processo de fabricação das placas de circuito impresso é subtrativo. O processo subtrativo consiste na remoção seletiva do cobre previamente aderido sobre um material base (substrato) para a formação do traçado condutor. O cobre excedente é retirado da placa através de um banho químico da placa no ácido.

Este processo de fabricação das placas envolve uma série de etapas ou fases, o qual envolve uma grande quantidade de compostos químicos, muito deles nocivos ao ser humano e à natureza. As várias etapas do processo estão apresentadas no diagrama da Figura 1. O domínio do processo destas etapas contribui fortemente para a qualidade da placa fabricada.

Dessa forma, a ausência de chumbo nas placas devido à diretiva RoHS resultou em mudança no tipo de acabamento superficial aplicado nas Placas de Circuitos Impressos. Estes acabamentos de superfície devem ser capazes de resistir às elevadas temperaturas requeridas pelos processos lead-free. Deve-se observar também que a utilização de novas ligas de solda isenta de chumbo, afetam a compatibilidade do acabamento superficial com a metalurgia das junções de solda. O acabamento superficial final da PCI consiste no revestimento de suas superfícies condutoras. A camada de cobertura das superfícies condutoras das PCI forma uma interface crítica entre o componente e as interconexões do circuito. A função essencial da camada

de cobertura é proteger a superfície do cobre da superfície da PCI com a finalidade de preservar a soldabilidade.

Os principais acabamentos de superfícies para placas lead-free são *Hot Air Solder Leveling (HASL)*, *Organic Solderability Preservative (OSP)*, *Electroless Nickel Immersion Gold (ENIG)*, e *Immersion Tin*.

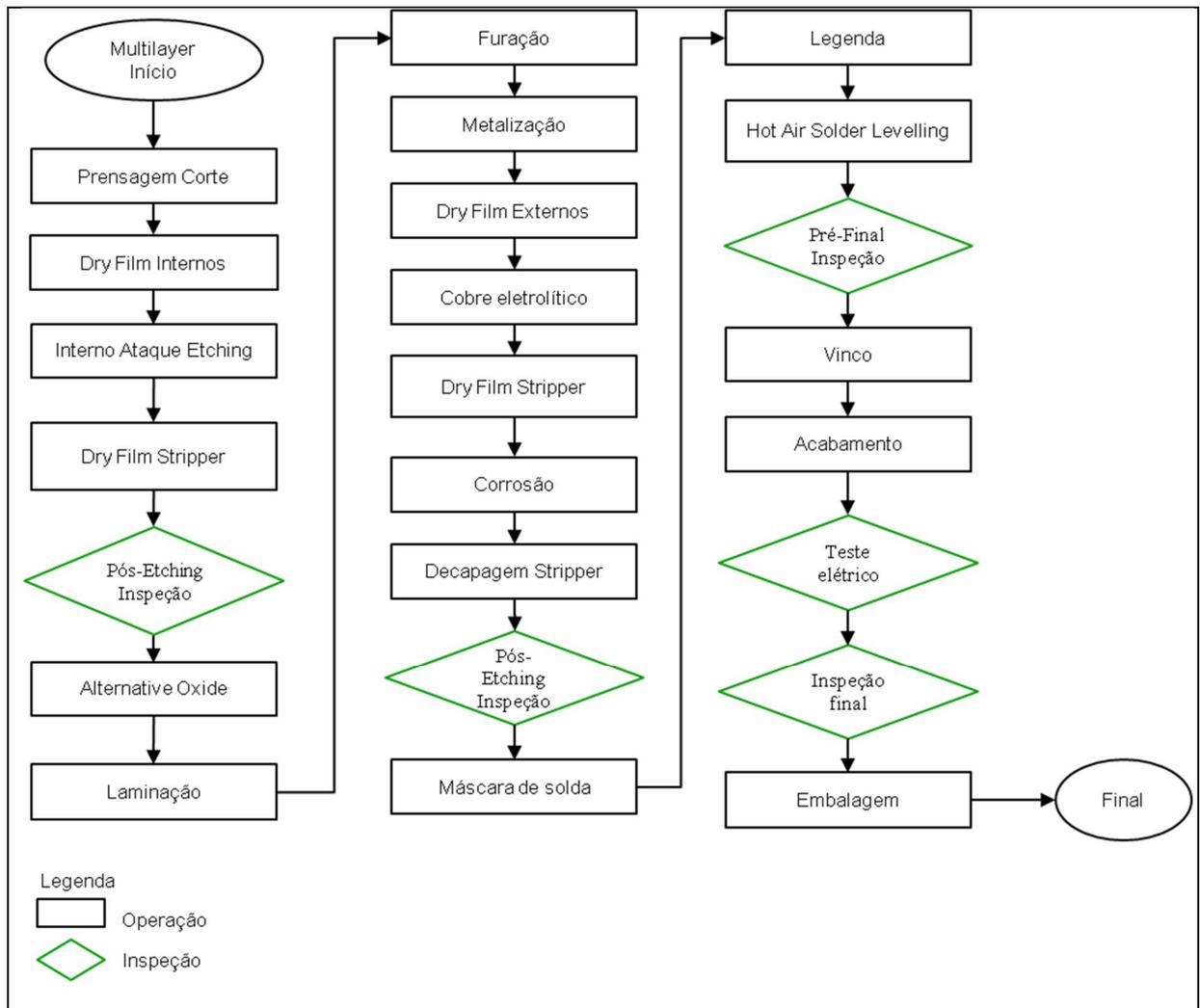


Figura 1 - Fluxo de processo de fabricação de PCI.

Fonte: elaboração do autor.

Com a finalidade de analisar estas etapas e montar um quadro, uma fotografia do processo tecnológico ora utilizado nessa determinada empresa foram planejadas atividades envolvendo o levantamento de fluxo, identificação dos insumos, práticas operacionais, parâmetros associados ao processo e identificação de eventuais não-conformidades. Para este propósito foi elaborado e estruturado um questionário para ser aplicado às várias etapas do processo com objetivo de se uniformizar o levantamento. A aplicação deste questionário padrão permite que se faça uma análise comparativa de desempenho entre as várias etapas do processo. A criação deste

questionário foi baseada nas normas ISO 9000 Sistema de gestão da qualidade, TS 16949 Requisitos da indústria automotiva, ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental e a NBR Segurança e saúde ocupacional. Um formato deste questionário se encontra no Apêndice A. Os critérios de avaliação do questionário do levantamento das etapas do processo foram agrupados em 12 itens.

Os itens abordados no questionário são:

- liberação do processo;
- parâmetros do processo;
- registro de processo;
- organização e meio ambiente;
- estoque intermediário no processo;
- manuseio / transporte do produto;
- comunicação;
- ergonomia / segurança;
- conhecimentos gerais;
- capabilidade do processo;
- manutenabilidade;
- planejamento.

Neste levantamento cada item analisado recebe uma pontuação, “1” se atende ao requisito, “0” se não atende ao requisito e “N/A” quando o item não é aplicado. Com base nesta pontuação pode-se ter uma avaliação de cada uma das etapas do processo de fabricação. A porcentagem de pontos em relação ao total de requisitos dará uma classificação à determinada etapa do processo analisada. A classificação está dada no Quadro 8.

Quadro 8 - Critérios de avaliação.

Faixa da Nota	Avaliação
$0 \leq \text{nota}\% < 50$	Crítico requer intervenção imediata no processo
$50 \leq \text{nota}\% < 70$	Insatisfatório, requer adequação imediata
$70 \leq \text{nota}\% < 95$	Parcialmente satisfatório, requer ação corretiva
$95 \leq \text{nota}\% < 100$	Satisfatório, implementar as oportunidades de melhoria

Fonte: Elaboração do Autor

4.2 Levantamento das etapas do processo

Para uma melhor compreensão da análise dos dados do levantamento, foram divididos por etapas do processo de fabricação de placas de circuito impresso em seis grandes áreas, a saber:

- Processo mecânico: composto pelas etapas corte *multilayer*, prensagem, furação e acabamento;
- processo galvânico: composto pelas etapas rebarbação, metalização, incisão, decapagem, HAL (HASL) e *Immersion Tin*;
- processo fotográfico: composto pelas etapas foto, laminação e exposição;
- processo serigráfico: composto pelas etapas impressão, exposição, revelação, curas e telas;
- inspeção: composto pelas etapas: teste elétrico e controle de qualidade final.
- suprimentos: composto pelas etapas almoxarifado e embalagem.

Um organograma do mapeamento das etapas do processo está mostrado na Figura 2. Os dados do levantamento de cada uma das etapas do processo de fabricação de placas de circuito impresso estão apresentados no Apêndice B preenchido em uma etapa do processo. Nos questionários estão apresentados em detalhes os itens conformes e os que requerem uma adequação. Uma visão geral do levantamento das várias etapas do processo está mostrada na Figura 3. Observa-se que a maior parte das etapas de processo (67% das etapas) está localizada na faixa de 50% a 70% de conformidades que segundo os critérios de avaliação do Quadro 9 recomenda uma ação de adequação imediata. Apenas duas etapas; a furação e a Rebarbação estão acima dos 70% e localizadas dentro da faixa com avaliação parcialmente satisfatória, requerendo uma ação corretiva. O restante das etapas 33% está abaixo de 50% de conformidades. O Quadro 9 apresenta um resumo da análise do processo por critério de pontuação. A etapa de Incisão foi a que apresentou o menor número de conformidades apresentando um percentual de 36,4%.

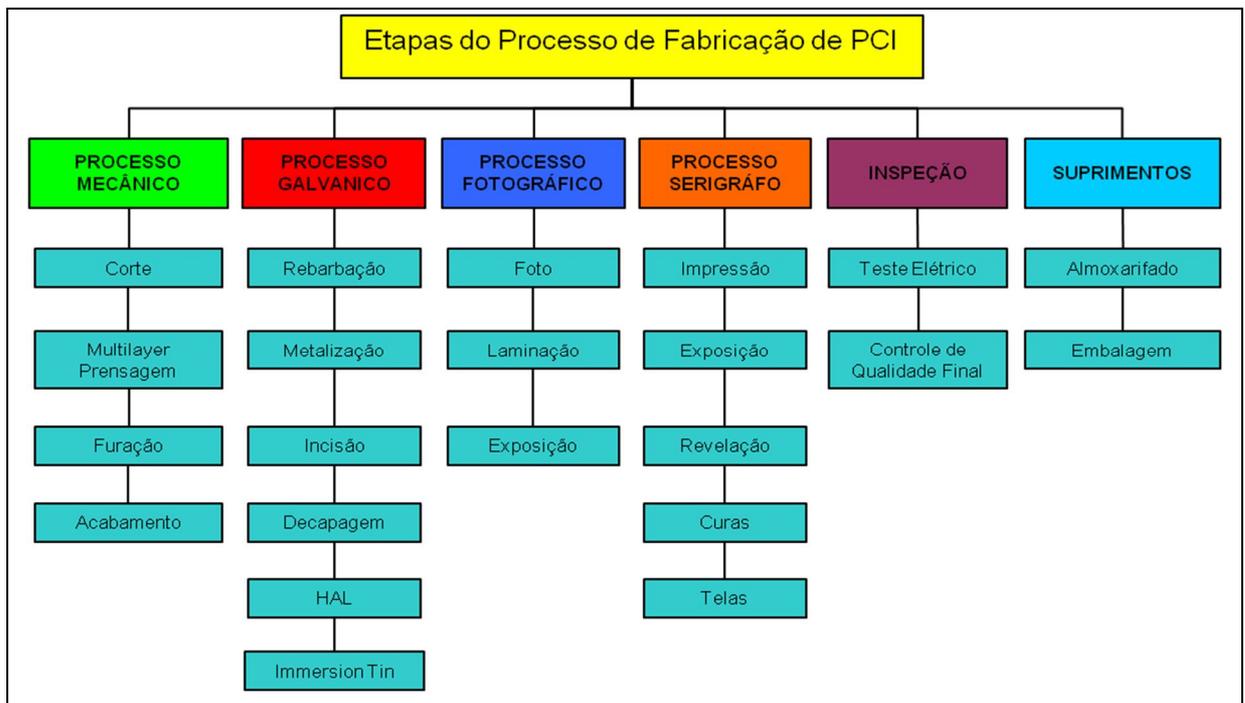


Figura 2 - Organograma do mapeamento das etapas do processo.

Fonte: Elaboração do Autor

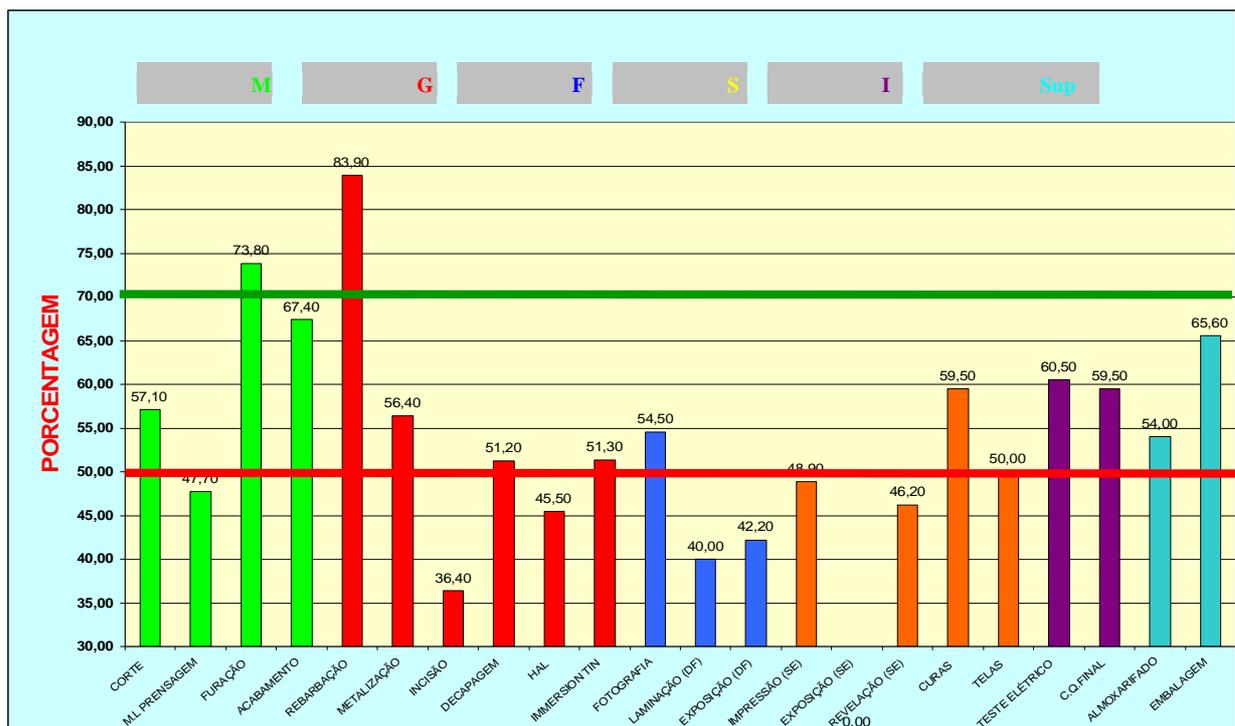


Figura 3 - Porcentagem de conformidades por etapas.

Fonte: Elaboração do Autor

Quadro 9 - Número de etapas por pontuação.

Pontuação	Número de etapas de processo
Crítico ($0 \leq \text{nota\%} < 50$)	7
Insatisfatório ($50 \leq \text{nota\%} < 70$)	12
Parcial ($70 \leq \text{nota\%} < 95$)	2

Fonte: Elaboração do Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Linha Immersion Tin

Neste tópico, para o desenvolvimento deste trabalho, foram selecionados quatro cupons de placa de circuito impresso com diferentes tipos de acabamentos superficiais conforme descrito anteriormente considerado como lead free, e com acabamento em *HAL*, *OSP*, *ENIG* e Estanho químico, os parâmetros dos acabamentos são apresentados na tabela 2. Contudo, para efeito de avaliar a quantidade de possíveis contaminantes e comportamento do laminado, as temperaturas de aplicação utilizadas nos experimentos foram seguidas severamente durante seu processo, onde foram submetidos a soldabilidade de acordo com a norma IPC-ANSI/J-STD-003 – Teste A, C e E conforme tabela 3.

Foram utilizadas placas de circuitos impressos de um mesmo fabricante, utilizando como laminado o FR4 (composto de fibra de vidro e resina epóxi) Após a aplicação desses acabamentos, as amostras foram cortadas, e caracterizadas por Raio x (Modelo Fischer EDX) e microscopia eletrônica de varredura (Modelo EVO MA 15 ZEISS) com objetivo de verificar e quantificar os possíveis contaminantes descritos na diretiva apenas para o acabamento superficial depositado.

Tabela 2. Substâncias Presentes nas Placas de Circuitos Impressos Resultados de valores obtidos.

Elementos	Símbolo	RoHS % Permitida	HALS	OSP	ENIG	Immersion Tin
			Resultados			
Chumbo	Pb	0,10%	0	0	0,01	0
Cádmio	Cd	0,01%	0	0	0	0
Mercúrio	Hg	0,10%	0	0	0	0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0,10%	0	0	0	0
Bromobifenilas	PBB	0,10%	0,05	0,07	0,06	0,01
Éteres de bromobifelinas	PBDE	0,10%	*	*	*	*

Fonte: Elaboração do autor.

Nota: Éteres não foram efetuados medições, por ser tratar de retardantes de chama.

É possível observar que os resultados obtidos de soldabilidade (Tabela 3) utilizando processo de solda considerada lead free, foram aprovadas de acordo com a norma IPC-ANSI/J-STD-003.

Tabela 3 - Substâncias Presentes nas Placas de Circuitos Impressos Resultados de valores obtidos.

Elemento	Símbolo	RoHS % Permitida	HALS	OSP	ENIG	Immersion Tin
			Resultados			
Chumbo	Pb	0,10%	0	0	0,01	0
Cádmio	Cd	0,01%	0	0	0	0
Mercúrio	Hg	0,10%	0	0	0	0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0,10%	0	0	0	0
Bromobifenilas	PBB	0,10%	0,05	0,07	0,06	0,01
Éteres de bromobifelinas	PBDE	0,10%	*	*	*	*
Soldabilidade IPC-ANSI/J-STD-003 – Teste A, C e E (Visual)			Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado

Nas figuras de 4 a 7 são apresentados às micrografias e gráficos de MEV indicando outros elementos como, Cobre, Estanho, Níquel, Ouro e Oxigênio que não são apontados na diretiva proveniente do processo de fabricação de placa de circuito impresso.

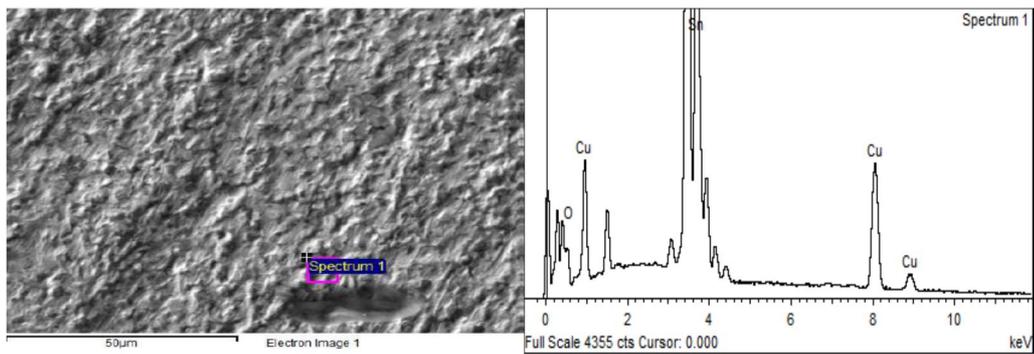


Figura 4: Micrografia 2000X placa em HALS.

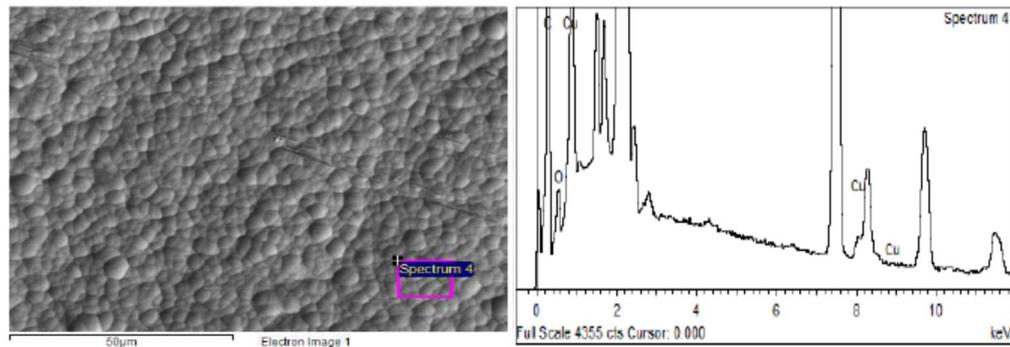


Figura 5: Micrografia 2000X placa em OSP.

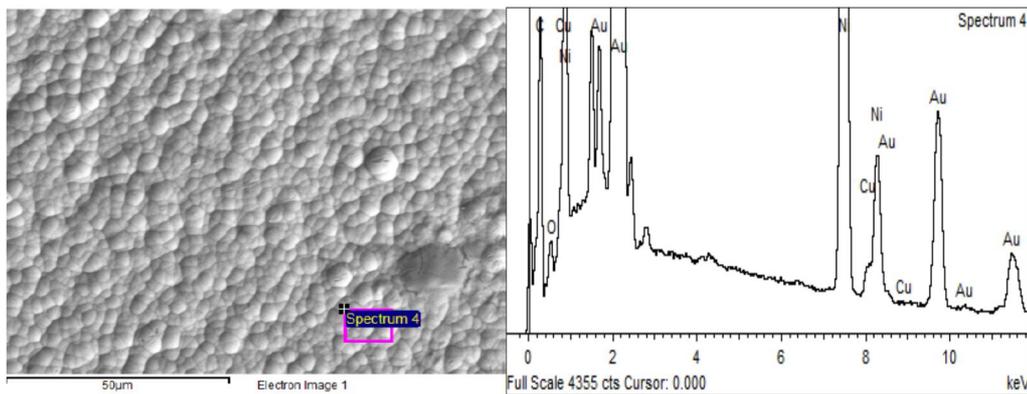


Figura 6: Micrografia 2000X placa em ENIG.

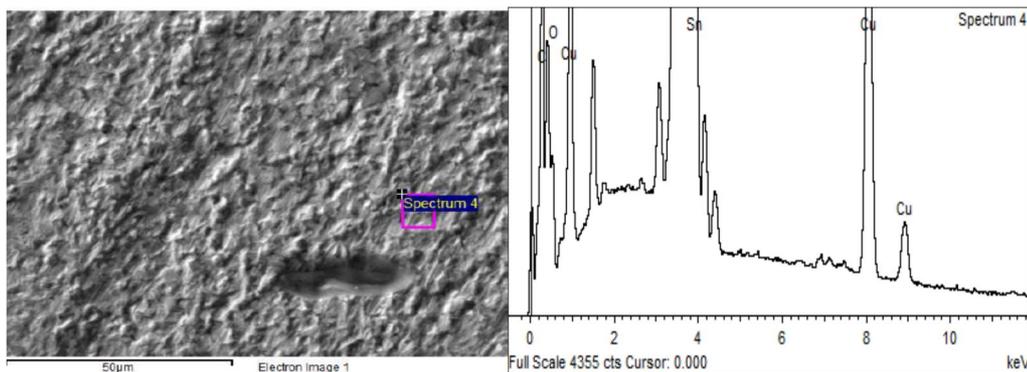


Figura 7: Micrografia 2000X placa em Immersion Tin.

5.1.1 Guia de Adequação da Linha *Immersion Tin*

Baseados nos dados obtidos durante o levantamento do processo de fabricação de PCI e em funções das recomendações do fornecedor da linha do *Immersion Tin* (ver layout da linha ideal no Apêndice D) sugerimos um guia de implementação das seguintes melhorias para adequação de processo:

- **lavagem ácida:** será necessário providenciar/adequar o controle de tempo (temporizador sonoro) e controle de temperatura (painel de controle) com sistema de filtragem do banho, conforme adicionado no *Check List* de produção (obs.: adequação da linha);
- **lavagem:** será necessária a adição de mais um tanque de água de lavagem após a lavagem ácida, ou, contatar o fornecedor para verificar o tempo necessário para a utilização com somente duas águas de lavagem (obs.: linha somente com dois tanques de águas de lavagem);
- **Micro Etch:** será necessário providenciar/adequar o controle de tempo (temporizador sonoro) e controle de temperatura (painel de controle) com sistema de filtragem do banho, conforme adicionado no *Check List* de produção (obs.: providenciar itens acima);

- **Stannadip:** será necessário providenciar/adequar o controle de tempo (temporizador sonoro) e controle de temperatura (painel de controle) com sistema de filtragem do banho, conforme adicionado no *Check List* de produção (obs.: providenciar itens acima);
- **Stannatech:** será necessário providenciar/adequar o controle de tempo (temporizador sonoro) e controle de temperatura (painel de controle) com sistema de filtragem do banho, conforme adicionado no *Check List* de produção (obs.: adequação da linha);
- **lavagem alcalina:** será necessário providenciar/adequar o controle de tempo (temporizador sonoro) e controle de temperatura (painel de controle) com sistema de filtragem do banho, conforme adicionado no *Check List* de produção e, controle do pH do banho (obs.: providenciar itens acima);
- **lavagem:** será necessário providenciar o controle de tempo (temporizador sonoro);
- **lavagem dupla:** será necessário providenciar o controle de tempo (temporizador sonoro);
- **lavagem a quente:** será necessário providenciar/adequar o controle de tempo (temporizador sonoro) e controle de temperatura (painel de controle), conforme adicionado no *Check List* de produção (obs.: adequação da linha);
- **secagem:** será necessário um sistema de secagem exclusiva para o acabamento superficial evitando assim, a contaminação da superfície, oxidação, manchas, manchas d'água e má soldabilidade da placa;

Todas as montagens de banho da linha deverão ser montadas com água DI com exceção do *Stanaddip*. A água DI deve ter uma condutividade menor que 2 μ S. Salienta-se que as medidas realizadas na coluna de água DI indicavam valores de condutividade muito alta, 261 μ S;

Todos os tanques deverão ter um sistema de ar (Insuflação) com exceção da lavagem ácida. (seguindo as recomendações do fornecedor);

Aconselha-se o uso de luvas emborrachadas no processo *lead-free* para o devido manuseio de partes e peças, evitando assim a contaminação da superfície, oxidação, manchas, manchas d'água e má soldabilidade da placa (obs.: Modelo Luva tricotada em nylon, com banho nitrílico verde (fabricante: www.solsa.com.br). Utilizar as luvas em todos os processos após a aplicação do *Immersion Tin*;

Será necessária a melhoria do sistema de exaustão em toda linha; sem exceção, com direcionamento ao lavador de gases. Evitando assim, a inalação dos vapores ácidos e Tiouréia;

todo o descarte de banho, incluindo água de lavagem, deverá ser direcionado ao Tratamento de efluentes atendendo os requisitos do fornecedor ao tratamento do resíduo e a legislação/regulamentação vigente;

Será necessária em toda a extensão da linha, uma cuba de contenção evitando possível vazamento de banhos e contaminação de solo e águas subterrâneas (passivos ambientais); verificar necessidades de adequação das tubulações de toda a extensão da linha com escoamento adequado à ETE- Estação de Tratamento de Efluentes;

Utilizar somente na extensão da linha o processo de acabamento superficial *lead-free* para evitar possíveis contaminações dos banhos (obs.: Utilização de aplicação do black oxide na mesma linha);

Sugere-se a alteração de algumas etapas no processo de fabricação de PCIs *lead-free*, com objetivo de otimização do processo e o devido manuseio após a aplicação do acabamento superficial *Immersion Tin* (ver seção 5.1.2);

Aconselha-se que após a inspeção final, as placas devem ser empacotadas em embalagens adequadas ou especificadas pelo Cliente, com dessecante (sílica gel) para evitar a absorção de umidade. Dentro de cada pacote deve ter um cartão indicador de umidade. No lado de fora uma etiqueta informando as condições de armazenamento com a devida simbologia;

Sugerimos a utilização de uma embaladora a vácuo; verificar possibilidades de implementação de SGA (Sistema de Gestão Ambiental) para o devido controle de resíduos, atendimento de todos os requisitos ambientais, federais, estaduais e municipais com a finalidade de atender homologações, auditorias de clientes e a diretiva *RoHS*.

5.1.2 Otimização do processo

Como avaliado e disposto nos itens anteriores a deposição de uma fina camada de estanho sobre as áreas expostas de cobre da PCI através de um processo galvânico a espessura da camada do acabamento superficial do *Immersion Tin* é extremamente fina variando de 0,6 a 1,2 μm , além disso, ela é sensível ao manuseio. Devido a estas características do acabamento superficial sugerimos algumas alterações na ordem da aplicação das etapas do processo de placas *lead-free* de forma a preservar a integridade do acabamento superficial. A sugestão de alteração no fluxo do processo também está indicada no Quadro 10. A Figura 8 mostra diagrama do fluxo do processo sugerido. Procedendo deste modo se evita a ocorrência de danos na camada de estanho causado pelas pontas dos *probes* do *in circuit test* observadas na análise das placas.

Quadro 10 - Comparação da ordem do fluxo do processo para placas lead-free.

Processo Atual	Processo Sugerido
Serigrafia (máscara de solda)	Serigrafia (máscara de solda)
Aplicação Superficial <i>Lead-Free</i>	Acabamento
Pré Final	Teste Elétrico (PCI em cobre)
Acabamento	Pré Final (inspeção visual)
Teste Elétrico	<i>Lead-Free (Immersion Tin)</i>
C.Q. Final	C.Q. Final (ver fluxo Figura 4)
Embalagem	Embalagem

Fonte: Elaboração do Autor

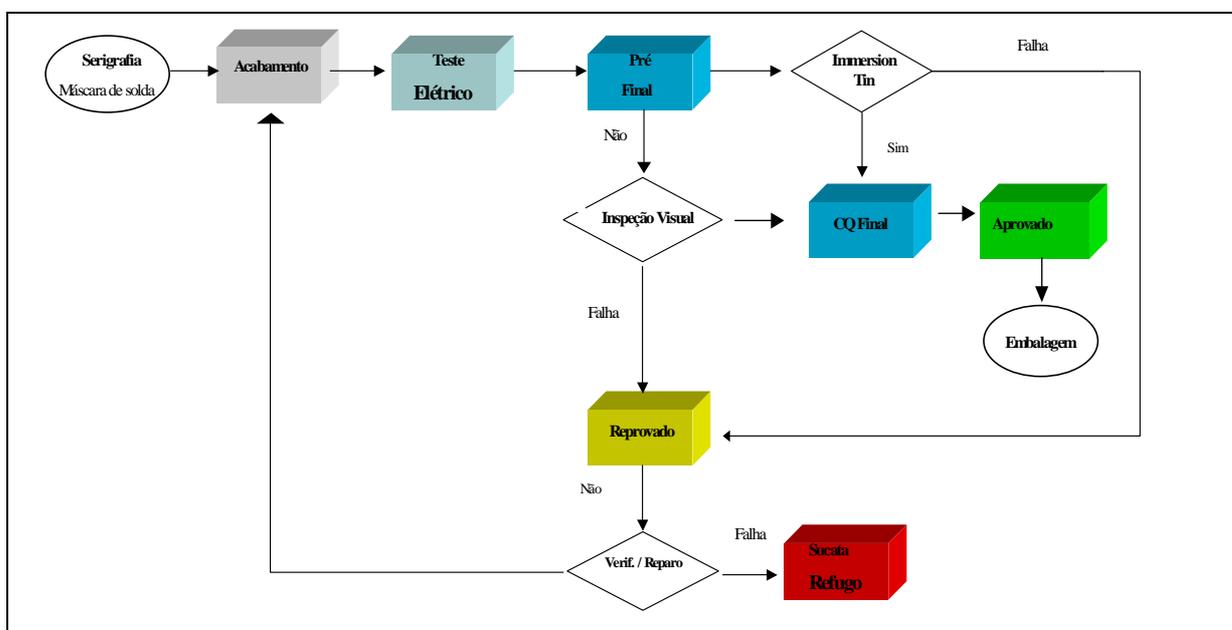


Figura 8 - Sugestão de fluxo de processo.

Fonte: Elaboração do autor.

5.1.3 Plano de Controle da Linha *Immersion Tin*

Com o objetivo de manter o processo da linha do *Immersion Tin* sob controle elaborou-se como sugestão o documento Plano de Controle apresentado na Quadro 11. A aplicação deste documento permitirá definir os melhores parâmetros do processo e o controle dos mesmos. Para cada etapa do processo é apresentado o Método de Controle e um Plano de Ação a ser seguido caso aconteça alguma alteração no processo.

Quadro 11 - Documento Plano de Controle.

PLANO DE CONTROLE												
<input type="checkbox"/> Protótipo <input type="checkbox"/> Pré Lançamento <input type="checkbox"/> Produção				Contato Principal / Telefone:				Data / Origem:				
Nome da Peça / Descrição Immersion Tin				Equipe Núcleo:				Data / Revisão:				
Número do Proc./ Peça	Descrição da Operação Nome do Processo	Equipamento, Jig, Ferramenta para Manufatura	Características			Class. Da Carc. Especial	Especificação/ Tolerância/ Medição	Técnica de Avaliação/ Medição	Amostra		Método de Controle	Plano de Reação
			N.º	Produto	Processo				Tam.	Freq.		
1	Pro Select SF	Linha de Immersion Tin			1.1 Temperatura		86 – 140°F 30 – 60°C	Painel de controle	1	Cada Turno	Check-List Procedimento	1 – Ajustar a temperatura. 2 – Avisar o chefe do setor. 3 – Acionar a manutenção. 4 – Segregar as peças para análise.
					1.2 Tempo de Processamento		3 – 6 Minutos	Painel de controle	1	Turno	Procedimento	1 – Ajustar parâmetro 2 – Acionar chefia / engenharia 3 – Segregar as peças para análise.
					1.3 pH		< 1 (pH)	pHmetro	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Segregar as peças para análise. 2 – Reforçar o banho. 3 – Acionar a engenharia.
					1.4 Concentração		45 ml/l H2SO4	Volumétrica	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
					1.5 Concentração		200 ml/l Pro Select SF	Volumétrica	1	Liberação da linha	Check-List Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise..
					1.6 Troca do banho		5 m2 de painel cortado por litro	Somatório da Produção	1	Dia	Check-List Procedimento	1 – Trocar o banho.
					1.7 Limpeza do filtro		Limpos	Olho nu	1	Quinzenal	Check-List Procedimento	1 – Trocar os filtros. 2 – Acionar chefia
2	Microetch	Linha de Immersion Tin			2.1 Temperatura		77– 104°F 25 – 40°C	Painel de controle	1	Cada Turno	Check-List Procedimento	1 – Ajustar a temperatura. 2 – Avisar o chefe do setor. 3 – Acionar a manutenção. 4 – Segregar as peças para análise.
					2.2 Tempo de Processamento		0,5 – 2 Minutos	Painel de controle	1	Turno	Procedimento	1 – Ajustar parâmetro 2 – Acionar chefia / engenharia 3 – Segregar as peças para análise.
					2.3 pH		< 1 (pH)	pHmetro	1	Cada Turno	F.A.L. Procedimento	1 – Segregar as peças para análise. 2 – Reforçar o banho. 3 – Acionar a engenharia.

(Continua)

Quadro 11 - Documento Plano de Controle (Continuação).

PLANO DE CONTROLE												
<input type="checkbox"/> Protótipo <input type="checkbox"/> Pré Lançamento <input type="checkbox"/> Produção			Contato Principal / Telefone:					Data / Origem:				
Nome da Peça / Descrição Immersion Tin			Equipe Núcleo:					Data / Revisão:				
Número do Proc./ Peça	Descrição da Operação Nome do Processo	Equipamento, Jig, Ferramenta para Manufatura	Características			Class. Da Carc. Especial	Especificação/ Tolerância/ Medição	Técnica de Avaliação/ Medição	Amostra		Método de Controle	Plano de Reação
			N.º	Produto	Processo				Tam.	Freq.		
2	Microetch	Linha de Immersion Tin			2.4 Concentração		150 g/l Microetch SF	Volumétrica	1	Liberação da linha	Check-List Procedimento	- Corrigir a concentração. - Acionar a engenharia. - Segregar as peças para análise..
					2.5 Limpeza do filtro		Limpos	Olho nu	1	Quinzenal	Check-List Procedimento	- Trocar os filtros. - Acionar chefia
3	Stannadip	Linha de Immersion Tin			3.1 Temperatura		68 – 86°F 20 – 30°C	Painel de controle	1	Cada Turno	Check-List Procedimento	1-Ajustar a temperatura. 2 – Avisar o chefe do setor. 3-Acionar a manutenção. 4 – Segregar as peças para análise.
					3.2 Tempo de Processamento		1 – 2 Minutos	Painel de controle	1	Turno	Procedimento	1-Ajustar parâmetro 2-Acionar chefia / engenharia 3- Segregar as peças para análise.
					3.3 pH		< 1 (pH)	pHmetro	1	Cada Turno	F.A.L. Procedimento	1 – Segregar as peças para análise. 2 – Reforçar o banho. 3 – Acionar a engenharia.
					3.3 Concentração		420 ml/l Stannatech LP	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
					3.4 Concentração		460 ml/l Stannatech 2000	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
		3.5 Concentração		40 ml/l Sol. C de Estanho SF	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.			

(Continua)

Quadro 11 - Documento Plano de Controle (Continuação).

PLANO DE CONTROLE													
<input type="checkbox"/> Protótipo <input type="checkbox"/> Pré Lançamento <input type="checkbox"/> Produção			Contato Principal / Telefone:					Data Origem: /					
Nome da Peça / Descrição Immersion Tin			Equipe Núcleo:					Data Revisão: /					
Número do Proc./ Peça	Descrição da Operação Nome do Processo	Equipamento, Jig, Ferramenta para Manufatura	Características			Class. Da Carc. Especial	Especificação/ Tolerância/ Medição	Técnica de Avaliação/ Medição	Amostra		Método de Controle	Plano de Reação	
			N.º	Produto	Processo				Tam.	Freq.			
3	Stannadip	Linha de Immersion Tin			3.6 Concentração		80 ml/l Aditivo Stannatech	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.	
					3.7 Limpeza do filtro		Limpos	Olho nu	1	Quinzenal	Check-List Procedimento	1 – Trocar os filtros. 2 – Acionar chefia	
					3.8 Metal Turn Over (MTO)		8 - 17 MTO Máximo 1 ano		Somatória	1	Consumo de banho	F.A.L. Procedimento	1- Trocar o banho.
44	Stannatech	Linha de Immersion Tin			4.1 Temperatura		149 – 161,6°F 65 – 72°C	Painel de controle	1	Cada Turno	Check-List Procedimento	1–Ajustar a temperatura. 2 – Avisar o chefe do setor. 3–Acionar a manutenção. 4 – Segregar as peças para análise.	
					4.2 Tempo de Processamento		12 – 15 Minutos	Painel de controle	1	Turno	Procedimento	1-Ajustar parâmetro 2-Acionar chefia / engenharia 3- Segregar as peças para análise.	
					4.3 pH		< 1 (pH)		pHmetro	1	Cada Turno	F.A.L. Procedimento	1 – Segregar as peças para análise. 2 – Reforçar o banho. 3 – Acionar a engenharia.
					4.3 Concentração		420 ml/l Stannatech LP		Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
					4.4 Concentração		460 ml/l Stannatech 2000		Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
					4.5 Concentração		40 ml/l Sol. C de Estanho SF		Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.

(Continua)

Quadro 11 - Documento Plano de Controle (Continuação).

PLANO DE CONTROLE												
<input type="checkbox"/> Protótipo <input type="checkbox"/> Pré Lançamento <input type="checkbox"/> Produção					Contato Principal / Telefone:					Data / Origem:		
Nome da Peça / Descrição Immersion Tin					Equipe Núcleo:					Data / Revisão:		
Número do Proc./ Peça	Descrição da Operação Nome do Processo	Equipamento, Jig, Ferramenta para Manufatura	Características			Class. Da Carc. Especial	Especificação/ Tolerância/ Medição	Técnica de Avaliação/ Medição	Amostra		Método de Controle	Plano de Reação
			N.º	Produto	Processo				Tam.	Freq.		
4	Stannatech	Linha de Immersion Tin			4.6 Concentração		80 ml/l Sol. C de Estanho SF	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
					4.7 Limpeza do filtro		Limpos	Olho nu	1	Quinzenal	Check-List Procedimento	1 – Trocar os filtros. 2 – Acionar chefia
					4.8 Metal Turn Over (MTO)		8 - 17 MTO Máximo 1 ano	Somatória	1	Consumo de banho	F.A.L. Procedimento	1- Trocar o banho.
55	Aditivo Stannatec 2000	Linha de Immersion Tin			5.1 Temperatura Lavagem Alcalina		68 – 86°F 20 – 30°C	Painel de controle	1	Cada Turno	Check-List Procedimento	1-Ajustar a temperatura. 2 – Avisar o chefe do setor. 3-Acionar a manutenção. 4 – Segregar as peças para análise.
					5.2 Tempo de Processamento		1 – 2 Minutos	Painel de controle	1	Turno	Procedimento	1-Ajustar parâmetro 2-Acionar chefia / engenharia 3- Segregar as peças para análise.
					5.3 pH		8.5 - 10 (pH)	pHmetro	1	Cada Turno	F.A.L. Procedimento	1 – Segregar as peças para análise. 2 – Reforçar o banho. 3 – Acionar a engenharia.
					5.4 Concentração		500 ml/l Aditivo de Lavagem Stannatech 2000	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.
					5.5 Concentração		50 ml/l H2SO4	Análise Química	1	Liberação da linha	F.A.L. Procedimento	1 – Corrigir a concentração. 2 – Acionar a engenharia. 3 – Segregar as peças para análise.

Fonte: Elaboração do Autor

5.1.4 Procedimento para a Linha *Immersion Tin*

Foi elaborado um procedimento de operação da linha do *Immersion Tin* com o objetivo de assegurar que a linha seja operada de acordo com os parâmetros técnicos de controle especificados no procedimento e definido no plano de controle. Bem como estabelecer conduta para operação do processo. O Procedimento descrito no Quadro 12 deve ser enquadrado e formado para o modelo usual da determinada empresa. Foi elaborado um *Check List* que se encontra no Apêndice E para apoio a operação da linha. Caso alguns dos parâmetros saia fora do especificado deve se fazer as anotações no Diário de Bordo descrito no Apêndice F. Com o Objetivo de definir critérios para análise, utilização e descarte de soluções e reagentes no Laboratório Químico da determinada empresa da linha *Immersion Tin* foi elaborado um documento que se encontra descrito no Apêndice G. Neste documento também são apresentadas instruções analíticas do banho *Stannatech 2000V*. No Apêndice H está apresentado uma sugestão de padrão de relatório para apresentação da análise química do banho.

Quadro 12 - Descrição do procedimento da Linha do *Immersion Tin*.

Procedimento da Linha <i>Immersion Tin</i>
<p>Objetivo</p> <p>Assegurar que a linha de <i>Immersion Tin</i> – (Atotech), seja operada de acordo com os parâmetros técnicos de controle especificados nesta norma. Estabelecer conduta para operação do processo.</p>
<p>Documentos de referência</p> <p>IQ.XXXX???</p> <p>Boletim Técnico do Fornecedor</p> <p>Manual de Star Up da Linha</p>
<p>Procedimento</p> <p>Segurança do operador</p> <p>No manuseio de produtos químicos usar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Óculos de segurança; - Luvas de borracha;

(continua)

Procedimento da Linha Immersion Tin

- Caso algum produto químico entre em contato com a pele ou com os olhos, lave imediatamente com bastante água e procure a chefia para encaminhamento médico (ver FISPQs).

- Riscos e efeitos dos produtos :
- Olhos: podem sofrer grave irritação.
- Pele: queimaduras.

Meio Ambiente: polui rios, solos, fauna e flora.

Ajuste do processo antes de iniciar a produção

- Acertar nível de todos os tanques utilizando somente água deionizada, acima das gancheiras.
- Ligar a chave geral no painel de controle.
- Ligar as resistências para aquecimento do: Desengraxante, Ligar as bombas filtro do: Stannatech e outros se tiverem.
- Abrir o registro geral da água.
- A insuflação de ar dos banhos da linha deverá estar sempre aberta quando em utilização.

Checagem do Etch rate (Ativação da linha)

- Conferir se as temperaturas estão conforme Check list e registrar.
- Esperar pelas análises do laboratório químico, reforçar os banhos que o laboratório químico indicar.
- Após o reforço dos banhos, colocarem placas sucatas em uma gancheira utilizando painéis de cobre sem furos.
- As condições (Temperatura, tempo, agitação a ar, concentração e pré tratamento) devem ser as mesmas da produção.
 - Pedir nova análise para o laboratório, reforçar se necessário e iniciar o processo.
- O Etch Rate é determinado medindo-se a diferença de massa pelo Etch. O painel deve estar completamente seco antes e depois das medidas.

Quadro 12 - Descrição do procedimento da Linha do Immersion Tin (continuação).

Procedimento da Linha Immersion Tin

Operação

- Verificar na listagem de prioridades qual a OF a processar.
- Ler todas as observações que constam na OF.
- Conferir o número de placas da OF.
- Fazer uma placa piloto, inspecionar e verificar as características da placa (manchas, manchas d'água, oxidação, etc. (providenciar critério de aceitação para Operador e inspeção final)

Colocar as placas na gancheira e iniciar processamento da linha.

Seqüência do Processo

Posição	Banho	Tempo de Imersão
1	Lavagem ácida	5 minutos
2, 3 e 4	Águas de Lavagem	1 minuto em cada
5	Micro Etch	1 minuto
6, 7 e 8	Águas de Lavagem	1 minuto em cada
9	Stannadip	1 minuto
10	Stannatech	13 minutos
11 e 12	Lavagem alcalina	1 minuto
13	Lavagem	2 minutos
14 e 15	Águas de Lavagem	2 minutos em cada
16	Lavagem a quente	5 minutos

ATENÇÃO:

- Em todo o lote deve ser feito primeiramente uma carga teste, com apenas 2 painéis na gancheira, para conferir: o depósito de Immersion Tin (na superfície e nos furos).

Controle Volante

- O operador é responsável pela qualidade do produto.
- A cada carga deverá fazer:
- Medição da camada de Sn
- Teste de soldabilidade
- Controle visual das placas, garantindo:
- Aspecto semi fosco.
- Depósito isento de aspereza.

(Continua)

Quadro 12 - Descrição do procedimento da Linha do Immersion Tin (continuação).

Procedimento da Linha Immersion Tin

- Depósito isento de pitting.
- Depósito isento de manchas.
- Depósito isento de falhas. (providenciar critério de aceitação para Operador e inspeção final)
- Para isto o operador deve fazer, quando sair a 1ª carga teste:
- Inspeccionar os furos com a lupa, usando uma mesa com luz de baixo e luz de cima. Tanto os furos como a superfície têm que estar depositados com brilho por igual e sem falhas de depósito.
- Passar os 2 painéis para uma inspetora, também, inspecionar.
- Se tudo OK, fazer mais 2 painéis e proceder como acima.
- Liberar a produção.
- Fazer inspeção de 1 painel por gancheira, e passar para a inspetora, também inspecionar.
- A cada gancheira que ir saindo da linha, o operador deve fazer a inspeção de 1 painel e ir passando o restante dos painéis da gancheira (= 4 painéis) para a inspetora.
- NÃO é para a inspetora deixar para inspecionar os painéis quando terminar de fazer o lote, ou seja, ir fazendo a inspeção em linha. Qualquer não conformidade parar o lote e chamar o chefe do setor.
- Controle visual na máscara de solda, garantindo que não ocorra:
- Manchas;
- Pontos esbranquiçados;
- Infiltração.
- A cada OF realizar 1 teste de soldabilidade para garantir a confiabilidade da peça (lote).

Parada

- Desligar a chave geral no painel de controle.
- Fechar o registro geral de água.
- Cobrir a linha.
- Guardar as gancheiras.

(Continua)

Quadro 12 - Descrição do procedimento da Linha do Immersion Tin (continuação).

Procedimento da Linha Immersion Tin

- Descarte todos os produtos químicos e águas de lavagem dos tanques.
Lave fortemente todos os tanques com água da rede.
 - Complete com água ¾ do nível de trabalho.
 - Adicione 5L para cada 100L de H₂SO₄(96%)
 - Complete com água até o nível de trabalho.
 - Deixe circulando por 8 horas a 40°C.
 - Descarte a solução após o tratamento para a planta de tratamento.
 - Lave o tanque com água DI até o pH se manter ao mesmo pH da água DI.
 - Montagem do Banho para a produção.
- Cheque a condutividade da lavagem final (<2µS).

Limpeza dos cartuchos de Filtro

- Todos os cartuchos devem ser trocados conforme boletim técnico. Cartuchos novos devem ser mergulhados por 1 hora em H₂SO₄ 10% e bem lavados antes do uso.

Manutenção e montagem dos processos

Processo Immersion Tin

Tanque	Processo	Volume (Lts.)	Med. Internas (cm)	Bomba-Filtro	Aquecimento (w)	Exaustão
1	Lavagem ácida	52	34 x 48 x 24* ???	Sim	Sim	Sim
2, 3 e 4	Águas de Lavagem	52		Não	Não	Sim
5	Micro Etch	52		Sim	Sim	Sim
6, 7 e 8	Águas de Lavagem	52		Não	Não	Sim
9	Stannadip	52		Sim	Sim	Sim
10	Stannatech	52		Sim	Sim	Sim
11 e 12	Lavagem alcalina	52		Sim	Sim	Sim
13	Lavagem	52		Não	Não	Sim
14 e 15	Águas de Lavagem	52		Não	Não	Sim
16	Lavagem a quente	52		Não	Sim	Sim

(*) comp. X alt. X larg.

(Continua)

Quadro 12 - Descrição do procedimento da Linha do Immersion Tin (continuação).

Procedimento da Linha Immersion Tin
<p>RESPONSABILIDADE</p> <p>É de responsabilidade dos operadores, líderes e chefe de processos químicos, seguir este procedimento.</p>

Fonte: elaboração do autor.

Quadro 13 - Procedimento de Análise.

<p>OBJETIVO.</p> <p>Definir critérios para análise, utilização e descarte de soluções e reagentes no Laboratório Químico da linha Immersion Tin.</p>
<p>DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.</p> <ul style="list-style-type: none">- Manual de Soluções, Reagentes e Solventes - Tokio Morita / Rosely M. V. Assunção.- Instruções Técnicas (Selective Finishing) Atotech- Manual de Star Up Atotech
<p>PROCEDIMENTO.</p> <p>Classificação das Soluções e Reagentes do Laboratório.</p> <ul style="list-style-type: none">- Reagentes P.A. (Líquidos ou Sais).- Soluções para Titulações com Concentração conhecida (determinada por pesagem ou por padronização) de uma substância que não seja padrão primário:<ul style="list-style-type: none">- Preparadas e padronizadas na determinada empresa.- Preparadas e padronizadas no Fornecedor.- Soluções preparadas a partir de Soluções P.A que não são utilizadas diretamente em titulações.- Soluções de Indicadores e aditivos.

(Continua)

Quadro 13 - Procedimento de Análise (continuação).

Técnicas de armazenamento e uso de Soluções e Reagentes.

- Sempre seguir as seguintes orientações:
- Nunca deixar frascos destampados por um tempo maior do que o absolutamente necessário.
- Nenhum Reagente deve retornar ao frasco após ter sido dele retirado.
- Os Reagentes líquidos devem sempre ser entornados diretamente das garrafas.
- Devem-se evitar contaminações da rolha de um frasco de Reagente. Quando um líquido é entornado de uma garrafa, nunca se deve colocar a tampa sobre a prateleira ou bancada, ela pode ser colocada sobre um vidro de relógio limpo. Imediatamente após a utilização da solução, esta deve ser tampada mantendo limpo em torno do gargalo e da boca.
- Se houver qualquer dúvida quanto a pureza dos reagentes utilizados, estes deverão ser fatorados para correção dos possíveis erros.
- Soluções relativamente estáveis e que não sejam afetadas pelo ar, podem ser guardadas em frascos de Pyrex ou outros vidros resistentes providos de rolhas de vidro esmerilhadas, no entanto é necessário utilizar rolha de borracha em vez de vidro nas Soluções alcalinas, em muitos casos os frascos de polietileno podem substituir os de vidro.

Controle da Validade dos produtos utilizados pelo Laboratório Químico.

Os prazos de validades serão controlados pelos analistas, através das tabelas anexas:

- Reagentes e Soluções Compradas.
- Indicadores
- Aditivos
- Reagentes Preparados no Laboratório

Na entrada do material no laboratório os analistas deverão apontar na tabela a data do vencimento do material.

Quando ocorrer a preparação de reagentes os analistas deverão apontar na tabela a data do vencimento do reagente.

Todo reagente estará localizado nas prateleiras identificadas nas tabelas anexas, salvo os materiais em uso.

Na data de vencimento o produto poderá sofrer:

Descarte, Refatoração Interna ou Refatoração Externa, se não consumido anteriormente.

(Continua)

Quadro 13 - Procedimento de Análise (continuação).

Os analistas deverão apontar na coluna “OBS “ (observação), das tabelas anexas, qual o destino dado ao material na data de seu vencimento.

O descarte dos produtos deverá ser descartado na planta da ETE atendendo as legislações Vigentes.

A nomenclatura das tabelas estão como seguem:

D = Descarte.

RI = Refatoração Interna.

RE = Refatoração Externa.

C = Consumido

Locação:

R = Reagentes

S= Sais

I = Indicadores

A = Aditivos

R-P = Reagentes Preparados

Prazo de Validade.

A data de validade de Reagentes e Soluções Compradas, Sais, Indicadores, Aditivos, deverá seguir o registro apontado pelo fornecedor no frasco do material.

A data de validade de Reagentes Preparados no Laboratório deverá respeitar o período de 03 (três) meses a 6 (seis) meses, sendo 3 meses para Reagentes Voláteis(libera vapores) e 6 meses para Ácidos Fortes.

Fatoração:

Sofrem fatoraçoão interna somente os reagentes preparados no laboratório e que são usados diretamente na titulaçoão das amostras.

Por decorrência da fatoraçoão é gerado o fator de correçoão do reagente, (fc). E que deve ser utilizado durante os cálculos de resultados.

Se o reagente for refatorado a diferença encontrada no resultado não pode ser maior que 10 % do primeiro valor. Caso isso ocorra o reagente deve ser descartado.

(Continua)

Instruções Analíticas do Banho Stannatech 2000V

Determinação do Conteúdo de Estanho no Stannatech 2000 V

Reagentes necessários:

- Solução padrão de EDTA 0,05 M
- Solução de tiouréia (75 g/l)
- Indicador azul de metiltimol (moer 1 g de azul de metiltimol com 100 g KNO₃ em um almofariz).
- Solução tampão de acetato pH = 4,7 (136 g/l de acetato de sódio trihidratado e 57 ml/l ácido acético conc.).

Procedimento:

- Pipetar 5,0 ml da amostra em um Erlenmeyer de 250 ml e diluir com
 - 100 ml de água deionizada. Adicionar
 - 10 ml de solução de tioureia,
 - 10 ml de tampão acetato e
 - 1 ponta de espátula de indicador. A cor muda do azul para o vermelho e finalmente para o amarelo. O fim da titulação é alcançado quando a solução permanece amarelo.
- O número de ml de solução padrão de EDTA 0,05 M utilizada - multiplicado por 1, 187 – é igual ao conteúdo de estanho em g/l.

Exemplo:

- Durante a titulação de 5,0 ml do banho, foram utilizados 10,1 ml de solução padrão de EDTA 0,05 M.

Cálculo:

$$10,1 \times 1,187 = 12,0 \text{ g/l Sn}^{2+}$$

Reforço do Estanho²⁺

Estanho²⁺ é reforçado com **Solução C de Estanho SF** de acordo com a análise. (veja Instruções Analíticas

(Continua)

Quadro 13 - Procedimento de Análise (continuação).

“Determinação do Conteúdo de Estanho no Stannatech 2000 V”).

Para aumentar o conteúdo de estanho²⁺ em 1 g/l, devem ser adicionados 3,3 ml/l de **Solução C de Estanho SF**.

Exemplo: Foram determinados 10,5 g/l de Sn²⁺. O set point é 12 g/l

$12 - 10,5 \text{ g/l} = 1,5 \text{ g/l} \rightarrow 1,5 \times 3,3 = 4,95 \text{ ml/l}$

*Deve ser feito o reforço de 4,95 ml/l de **Solução C de Estanho SF**.*

Determinação da Acidez Total no Stannatech 2000 V

Reagentes necessários:

- Solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 M
- Solução indicadora: Uma parte de Azul de Bromotimol (0,1% em álcool); No. CAS: [76-59-5]
- Uma parte de Púrpura de Bromocresol (0,1% em álcool); No. CAS: [115-40-2]

Equipamento necessário:

- Eletrodo de pH (para determinação potenciométrica)
- Erlenmeyer
- Pipeta
- Equipamentos usuais de laboratório

Procedimento:

Titulação com indicador:

- Pipetar exatamente 10,0 ml da amostra em um balão volumétrico de 100 ml, completar o volume até a marca com água deionizada e misturar completamente. Diluir 2,0 ml da amostra diluída (= 0,2 ml da amostra original) com aproximadamente 50 ml de água deionizada em um Erlenmeyer de 250 ml. Após adicionar
- algumas gotas de solução indicadora, titular com solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 M até a cor mudar do amarelo para o violeta azulado.

Titulação potenciométrica (eletrodo de pH):

(Continua)

Quadro 13 - Procedimento de Análise (continuação).

- Pipetar exatamente 10,0 ml da amostra em um balão volumétrico de 100 ml, completar o volume até a marca com água deionizada e misturar completamente. Diluir 2,0 ml da amostra diluída (= 0,2 ml da amostra original) com aproximadamente 50 ml de água deionizada em um Erlenmeyer de 250 ml. Titular com solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 M até o primeiro ponto de viragem.

O número de ml de solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 M utilizada – multiplicado por 10,53 – é igual ao conteúdo de acidez total em %.

Reforço da Acidez Total

A acidez total é reforçada de acordo com a análise (veja Instruções Analíticas “Determinação da Acidez Total no Stannatech 2000 V”) com **Stannatech LP conc.** e **Stannatech 2000 conc.**.

Para aumentar a acidez total em 1 %, devem ser adicionados 4,6 ml/l de **Stannatech LP conc.** e 5,0 ml/l de **Stannatech 2000 conc.**. A tiouréia é aumentada em 0,95 g/l.

Exemplo: Foi determinado 97,8 % de acidez total. O set point é 100 %.

$$100 - 97,8 = 2,2 \% \rightarrow 2,2 \times 4,6 = 10,1 \text{ ml/l}$$

$$2,2 \times 5,0 = 11,0 \text{ ml/l}$$

*Deve ser feito o reforço de 10,1 ml/l de **Stannatech LP conc.** e 11,0 ml/l **Stannatech 2000 conc.***

RESPONSABILIDADES.

É de responsabilidade dos analistas químicos do Laboratório seguir este procedimento.

É de responsabilidade da chefia e Engenharia de Processo orientar os analistas quanto ao uso correto deste procedimento.

Fonte: Atotech do Brasil.

5.1.5 Análises de Placas

Com a finalidade adequar o processo de placas *lead-free* de uma determinada empresa e ajustes de parâmetros de controle foram realizadas análises em placas nuas. Os relatórios das análises se encontram anexados no Apêndice I. Atualmente realiza-se análises de placas de 4

camadas com espessura de 1,0mm e 1,6mm para dois tipos de processo e de 6 camadas com espessura de 1,6mm e 2,4mm também para dois tipos de processo.

5.1.6 Conformidade RoHS

Salienta-se alguns pontos sobre a diretiva *RoHS*. Para um produto ser considerado RoHS (produto conforme) ele deve cumprir os requisitos da diretiva (ver Apêndice C). Os materiais homogêneos que compõem um produto não poderão conter nenhuma das seis substâncias proibidas em concentrações que excedam os valores máximos de concentração fixados. Material homogêneo (cujas partes todas são da mesma natureza) é uma substância simples como o plástico. Componentes, tais como capacitores, transistores e semicondutores, não são considerados materiais, mas são constituídos por diversos materiais homogêneos. A determinada empresa deve certificar-se junto dos seus fornecedores de que os materiais, componentes ou outros produtos que utilizam não contêm nenhuma das seis substâncias proibidas. Estes fornecedores deverão apresentar uma declaração de conformidade à diretiva RoHS. Tendo dúvidas sobre a existência de substâncias proibidas nos seus produtos é aconselhável à realização de análises. A Figura 9 apresenta um esquema de decisão a ser consultado de modo a certificar-se da conveniência de proceder a uma análise. Essa determinada empresa deve manter um arquivo técnico para guardar as declarações emitidas pelos fornecedores; bem como o resultado das análises. Essas informações poderão ser solicitadas pelas autoridades em caso de suspeita de qualquer infração. Os seus clientes poderão solicitar informação sobre o cumprimento da diretiva *RoHS*; bem como exigir uma declaração de conformidade.

5.1.7 Treinamento RoHS

Durante o período do projeto de cooperação foram realizados dois treinamentos referentes à diretiva RoHS; a saber:

- a) Placas de Circuito Impresso Aplicação, Qualificação e Adequação para *RoHS* – Onde foram abordados tópicos entre outros como ambiente da aplicação da PCI, funções da PCI, necessidades de qualificação derivadas destas funções, materiais e suas características, ensaios de qualificação e adequação da PCI ao *RoHS*. Este treinamento foi aplicado à direção e aos líderes das áreas de fabricação de placas e de montagem do produto;

- b) *RoHS* Básico – Neste treinamento foram abordados assuntos das implicações da diretiva *RoHS* e *WEEE* nos processos de fabricação de placas e de montagem dos componentes na placa. O treinamento foi realizado em uma linguagem mais simples destinado aos principais líderes das várias linhas dos processos de fabricação de PCI e montagem de produtos.

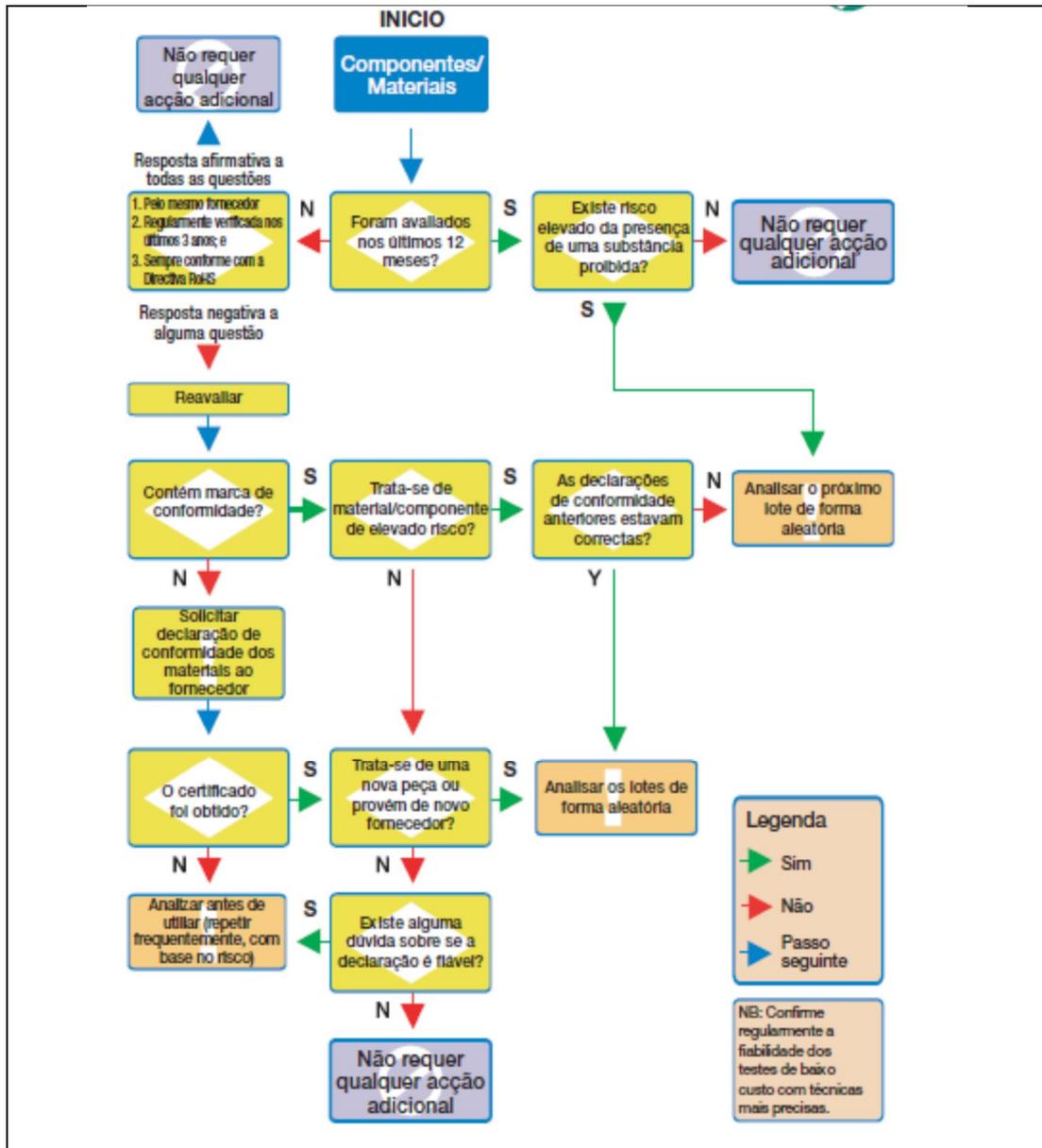


Figura 9 - Esquema de decisão com respeito à necessidade de proceder a uma análise ou não.

Fonte: ERA Technology.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados obtidos através do levantamento das etapas do processo sugerimos possíveis possibilidades de melhorias nas etapas de processos para os possíveis planos de ações corretivas com a conseqüente identificação das falhas e a proposição de ações corretivas, execução das atividades recomendadas e determinação de prazo para correção das não-conformidades caso observado. Esta parte de implementação das ações fica a critério da determinada empresa, salienta-se que se for o interesse das empresas em implementar um processo *RoHS* se torna necessária a correção das não-conformidades principalmente as que se referem ao meio ambiente. Lembrando que a diretiva *RoHS* é uma legislação ambiental Européia.

Os ensaios realizados do uso de acabamento lead free condutivos utilizados nas placas de circuitos impressos atribui processos eficientes sem apresentar qualquer elemento apontado na diretiva. O estudo mostrou que na utilização de determinadas substâncias utilizadas em elétricos e eletrônicos mostram forma de adequar o processo de fabricação de placa de circuito impresso eliminando os elementos químicos nocivos descritos na diretiva, os estudos e ensaios de soldabilidades praticados são de forma apresentar alternativas aos fabricantes os acabamentos superficiais livre de chumbo colocando-as como vantagens e desvantagens de cada tipo de processo. Contudo, para determinados tipos de placas de circuitos impresso, é necessário levar em conta as diferenças dos valores entre os tipos de acabamentos, os parâmetros exigidos e as devidas especificações de seu cliente final.

Algumas áreas como Fotografia, *Dry-Film*, Exposição, Montagem de *Multilayer*, Serigrafia devem receber um controle rígido no que diz respeito às condições ambientais. O controle da temperatura, umidade, iluminação e limpeza são fundamentais, pois a alteração de alguns destes itens pode influir na performance do material. Maior cuidado nestas áreas proporcionará uma melhora progressiva no processo; conseqüentemente uma melhora no produto. Está listado a seguir alguns passos básicos para assegurar uma maior limpeza nestes ambientes:

- anti-sala limpa com controle de acesso;

- colocar como meta a ser atingida para as salas limpa (sala classe 100.000, capelas classe 10.000, partículas de 0,5 μm);

- tapete adesivo nas duas salas;

- limitar o acesso de pessoas às áreas limpas. inibir a circulação de pessoas;

- usar *tack-mat*, para limpeza das peças, antes de entrar nas áreas;
- usar vestuários limpos como; macacão de poliéster, pantufa de poliéster, touca descartável e luvas de helanca;
- limpar o ambiente freqüentemente;
- manter as superfícies horizontais limpas;
- usar filtração do ar e dispositivos de ionização (se necessário);
- adotar ambiente com pressão do ar positiva;
- não comer e não beber dentro da sala limpa;
- evitar papéis desnecessários;
- evitar pedaços de mylar, riston e filmes na sala limpa;
- limpar as impressoras e quadros de exposição pelo menos uma vez por turno.

Nas áreas de exposição do *Dry-Film*, Exposição de Máscara de Solder Fotográfico, Fotografia, Fotoploter e Arquivo de Filmes, sugerimos que os operadores evitem usar objetos, tais como relógios, anéis, pulseiras e similares que possam a vir riscar e ou danificar os filmes.

No levantamento observa-se que o quesito parâmetro de processo da maioria das etapas do processo pode haver a necessidade de melhorias. Devido a sua importância sugerimos a elaboração de um plano de controle aos moldes apresentado nos itens anteriores. O preenchimento do *Check List* para cada etapa do processo permitirá acompanhar se os parâmetros do processo estão dentro do especificado pelo procedimento de forma orientar o processo a devida adequação de processo lead free para devida adequação a diretiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RoHS, <http://www.rohs.gov.uk>. Acessado em Dezembro de 2015.

VELEVA, VESELA; SETHI, SURESH. **The electronics industry in a new regulatory climate: protecting the environment and shareholder value**. Corporate Environmental Strategy: International Journal for Sustainable Business. Vol. 11, issue 9, october/2004.

YU, J.; WELFORD, R.; HILLS, P. **Industry responses to EU WEEE and ROHS Directives: perspectives from China**. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 13, 286-299 (2006).

GARCIA, L. R. et al. **Correlação entre propriedades mecânicas e arranjo dendrítico de ligas Sn-Zn utilizadas em solda sem a presença de chumbo**. Revista Matéria, v. 14, n. 2, 2009.

VOSSENAAR, R.; SANTUCCI, L.; RAMUNGUL, N. **Environmental requirements and market access for developing countries: the case of electrical and electronic equipment**. In: UNCTAD, **Trade and Environment Review**, 2006.

HICKS, C.; DIETMAR, R.; EUGSTER, M. **The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China: legislative and market responses**. Environmental Impact Assessment Review, 25 (2005) pg. 459-471

DTI - DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY. Full regulatory impact assessment for the Department of Trade and Industry's regulations transposing directive 2002/95/EC of the European Parliament of the Council on the Restriction of the Use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (the RoHS Directive), as amended, in the United Kingdom. United Kingdom, may 2006.

[TEH, N. J.; MASON, S.; TAYLOR, A. Report on the LEADOUT. **Technical and environmental survey**. Leadout Consortium, July 2005.

ENGELMAIER ASSOCIATES. **Reliability Issues with lead-free soldering processes**. Boston, 2008.

ALMEIDA, L. T. **Instrumento de política ambiental: debate internacional e questões para o Brasil**. Dissertação, IE/Unicamp, 1994.

[ANDERSEN, M. M. **Eco-innovation indicators. Background Paper for the Workshop on Eco-innovation Indicators**. EEA Copenhagen, September, 2005.

INFORM. **Impact of RoHS on electronic products sold in US**. INFORM, September 2003.
JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N. **Environmental policy and technological change**. Nota di lavoro, Fondazione Enrico Mattei, April, 2002.

KEMP, R.; SOETE, L. Inside the **green box: on the economics of technological change and the environment**. In: FREEMAN, C.; SOETE, L. (eds.) **New explorations in the economics or technological change**. Pinter Publishes, London & New York, 1990.

KEMP, R. **Technology and environmental policy – innovation effects of past policies and suggestions for improvement.** In: OECD. Environmental policy and technical change. 2000.

LEE, CHIN YU; RØINE, KJETIL. **Extended producer responsibility stimulating technological changes and innovation: case study in the Norwegian electrical and electronic industry.** Norwegian University of Science and Technology-Industrial Ecology Programme. Report no. 1/2004.

OECD. Environmental policies: **technology effects.** In: **OECD. Technology and environment: towards policy integration.** Paris, 1999.

OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION. Directives 2002/06/EC; 2002/95/EC; 13/feb/2003.

PALMER, K.; OATES, W. E.; PORTNEY, P. R. **Tightening environmental standards: the benefit-cost or the no-cost paradigm?** Journal of Economic Perspectives, volume 9, number 4, 1995.

PORTER, M. E.; van der LINDE, C. **Towards a new conception of the environment – competitiveness relationship.** Journal of Economic Perspectives. Volume 9, number 4, 1995.

TOJO, N. **Extended producer responsibility as a driver for design change-utopia or reality? Doctoral Dissertation, IIIIEE, Lund University, Sweden, 2004.**

[YARIME, MASARU. **Public-private partnership in science and technology in Japan: a case of materials innovation. International Symposium on Public-Private Partnership in Science and Technology Policy, Tokyo, november 12, 2005.**

Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards. Chicago: Copyright, 2007.

Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards. Chicago: Copyright, 2004.

ATOTECH DEUTSCHLAND GmbH. **Guidelines for processing immersion tin and tin layer behavior.** Berlin, 2005. Investigation of the recommended immersion tin thickness for lead free soldering. Berlin, 2005.

COOMBS, Clyde F. **Printed circuits handbook.** 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIRCUITO IMPRESSO. [pesquisa geral no home page]. Disponível em: <http://www.abraci.org.br/?page=associados_ci>. Acesso em 10 jul. 2010.
Diretivas Européias. Disponível em: <http://www.abraci.org.br/arquivos/diretivas_europeias_sgs.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Coletânea de normas de sistemas da qualidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

NBR ISO 14001: **sistemas de gestão ambiental,** requisitos e diretrizes para o uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

NBR ISO 9001: **sistemas de gestão da qualidade – requisitos e diretrizes para o uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

NBR ISO/TS 16949: **requisitos particulares para aplicação da ABNT NBR ISO 9001:2008 para organizações de produção automotiva e peças de reposição pertinentes**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIATION CONNECTIONS ELECTRONICS INDUSTRIES IPC. [pesquisa geral no home page]. Disponível em: <<http://www.ipc.org/Status.aspx>>. Acesso em: 10 ago. 2010.

Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards. Chicago: Copyright, 2007.

Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards. Chicago: Copyright, 2004.

ATOTECH DEUTSCHLAND GmbH. **Guidelines for processing immersion tin and tin layer behavior**. Berlin, 2005.

Investigation of the recommended immersion tin thickness for lead free soldering. Berlin, 2005.

COOMBS, Clyde F. **Printed circuits handbook**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

ENGELMAIER ASSOCIATES. **Reliability Issues with lead-free soldering processes**. Boston, 2008.

GALVÃO TECNICA, ATOTECH DO BRASIL. [pesquisa geral no home page]. Disponível em: <<http://www.atotech.com/en/region/americas/brazil.html>>. Acesso em: 09 jul. 2016.

Manual de star up Stannatech 2000 V. Taboão da Serra: Atotech, 2007.

Manual selective finishing. Taboão da Serra: Atotech, 2004.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPÉIA. **Directiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos**. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2003:037:SOM:PT:HTML>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

APÊNDICE A - Levantamento das etapas de processo

LEVANTAMENTO DAS ETAPAS DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PCI			
Área :	Fase do Processo: Immersion Tin	Responsável:	Data: / /
Gerente:	Entrevistado(s):	Entrevistador (s)	Horário: as h
ITEM	CRITÉRIO DA AVALIAÇÃO	PONTO	EVIDÊNCIA E OBSERVAÇÕES
Liberação do processo			
Sistema	Procedimentos, instrução de trabalho e documentos para liberação do processo ou equipamento estão disponível na área?		
	Os documentos estão conservados, limpos e em local apropriado ?		
	Está definida a autoridade para parar a produção ?		
	Versão ou revisão dos documentos estão corretas e conforme lista de controle e/ou sistema eletrônico ?		
	Há registro de set up ?	N / A	
Parâmetros do processo			
Checklist	O preenchimento dos campos estão adequado ?		
	Os parâmetros do processo estão de acordo com o especificado ?		
	A umidade e temperatura registrada esta sob controle ?	N / A	
	Os resultados registrados indicam que o processo esta sob controle ?		
	As ações corretivas foram tomadas e estão registradas no diário de bordo e assinadas pelos responsáveis ?		
C E P	O preenchimento dos registros de processo estão adequado ?		
	Os resultados plotados na carta indicam que o processo está sobre controle ? (verificar regra de cada tipo de carta)		
	As ações corretivas foram tomadas e estão registradas no diário de bordo e assinadas pelos responsáveis ?		
Registros de Processo			
Ordem de Fabricação / Apontamentos	O preenchimento das baixas estão corretos ? (campos em branco)		
	Há assinatura do responsável pela alteração da matéria prima ?		
	A quantidade física corresponde com o registrado ? (contar os painéis)		
	Verificar se tem Brs, e se os mesmos estão preenchidos corretamente ?		
	Verificar se os controles de produção estão preenchidos corretamente ?		
	Verificar se as observações contidas na O F são adequadas para o processo ?		
	As placas estão separadas corretamente para garantir a rastreabilidade?		
Organização e Meio Ambiente			
Organização	Equipamentos estão organizados, limpos e sem partes quebradas ?		
	Área ou local de trabalho está limpo e organizado?		
	Existe vazamento visível de produtos químicos no chão ?		
	Os lixos estão sendo separados corretamente conforme procedimento de reciclagem ?		
	O mapa de multifuncionalidade está atualizado e disponível para consulta?		
Estoque Intermediário no processo			
Local do estoque	As matérias prima para uso durante o processo estão em local apropriado e em área identificada ?		
	Os produtos ou insumos estão identificados de forma a evitar mistura ou uso incorreto ?		
	Os produtos estão armazenados de forma a evitar acidente ou risco ao meio ambiente?		
	A data de vencimento dos produtos no estoque estão dentro do periodo de validade ?		

(Continua)

Manuseio / Transporte do Produto					
Manuseio	O transporte das placas estão sendo feito por meio adequado ?				
	O manuseio é adequada para garantir a integridade do produto , conforme procedimento ?				
	As placas aguardando para serem processadas estão acondicionadas de forma que garanta sua integridade ?				
Comunicação					
	Existe uma sistemática de comunicação entre os turnos e com a supervisão ou chefia ?				
Ergonomia / Segurança					
Segurança	O operador conhece o mapa de risco do setor e há riscos visível?				
	Os boletins de segurança dos produtos químicos estão disponível na área ?				
	Os operadores e terceirizados que estão trabalhando na área tem conhecimento e estão usando os EPIs indicados para realizarem a operação com segurança.?				
	Os extintores estão em local demarcado e dentro da validade ?				
	Os equipamentos, bancadas, assentos estão adequados para a operação ?				
	O operador tem conhecimento da postura correta para desempenhar a operação ?	N / A			
	O operador esta portando o crachá em local visível ?				
Conhecimentos Gerais					
Não Conf.	O operador tem conhecimento para com os produtos não conforme ? (identificação, disposição , correção da causa, etc.)				
	Os produtos não conformes estão identificados e segregados evitando o uso não intencional?	N / A			
Habilidade do Operador	Qual é o cliente do produto que está em processo?				
	Quais as características críticas do produto em processo?				
	Quais os problemas mais comum com o produto em processo ?				
	Qualificação especial (licença para dirigir empilhadeira ou operações especiais) são necessárias e estão devidamente implementadas ?	N / A			
	O operador está devidamente treinado para executar função? (ver multifuncionalidade)				
Capabilidade do Processo					
Instrumentos de Medição	Os instrumentos de medição estão devidamente calibrados ?				
	A resolução do equipamento e adequada à unidade de medida ?				
	A área requer controle de umidade e temperatura ?	N / A			
	Os registros de umidade e temperatura indicam que o processo esta sob controle ?	N / A			
	Instrumentos de medição estão em local adequados, limpos e organizados ?	N / A			
	O lacre de garantia da calibração está intacto ?				
Indicadores	Existem indicadores de capacidade de processo disponíveis e atualizados?	N / A			
	CP (Igual ou acima do target = 1) (Abaixo do target = 0)	N / A			
	Cpk (Igual ou acima a 1,33 = 1) (Abaixo de 1,33 = 0)				
	Os resultados obtidos indicam que as ações tomadas refletiu numa tendência de melhora ?				
Manutenibilidade					
Manutenção	Existe disponível junto ao equipamento o planejamento para as manutenções preventivas ?	N / A			
	O equipamento tem recebido as manutenções preventivas conforme o planejado ?				
	Houve corretiva no equipamento? (Média de janeiro a junho de 2007)				
Planejamento					
Disponibilidade	Existe uma meta para a produtividade estabelecida e disponível junto ao equipamento?	N / A			
	A eficiência do processo está de acordo com a meta atual estabelecida?	N / A			
	A disponibilidade do processo está sendo utilizada de acordo com o previsto?	N / A			
CRITÉRIO DAS PONTUAÇÕES					
NOTAS		Requisitos	63	100%	0 < % < 50 = Fora de controle, requer intervenção imediata no processo.
0 = Ha Não Conformidade		Verificados	21	33,3	50 < % < 70 = Insatisfatório, requer adequação imediata nos itens não conformes.
1 = Requisito Conforme		Nao Conformes	21	100,0	70 < % < 95 = Parcialmente satisfatório, requer ação corretiva
N / A = Nao Aplicado		Conformes	0	0,0	95 < % < 100 = Satisfatório, implementar as oportunidades de melhorias

Auditor (s) _____
Data / /

Engenharia _____
Data / /

Ger. Qualidade _____
Data / /

Responsável da Area _____
Data / /

Ger. Manutenção _____
Data / /

Fonte: elaboração do autor.

APÊNDICE B - Levantamento das etapas de processo preenchido

LEVANTAMENTO DAS ETAPAS DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PCI			
Área : Galvânica	Fase do Processo: Immersion Tin	Responsável: Clayton Soares	Data: XX / XX / 20XX
Gerente: Clayton Soares	Entrevistado (s): Clayton Soares	Entrevistador (s) Clayton Soares	Horário: 10:15 as 11:40 h
ITEM	CRITÉRIO DA AVALIAÇÃO	PONTO	EVIDÊNCIA E OBSERVAÇÕES
Liberação do processo			
Sistema	Procedimentos, instrução de trabalho e documentos para liberação do processo ou equipamento estão disponível na área?	1	
	Os documentos estão conservados, limpos e em local apropriado ?	1	
	Está definida a autoridade para parar a produção ?	0	Não está definido em procedimento.
	Versão ou revisão dos documentos estão corretas e conforme lista de controle e/ou sistema eletrônico ?	1	
	Há registro de set up ?	N / A	
Parâmetros do processo			
Checklist	O preenchimento dos campos estão adequado ?	0	Não tem check list para controle do parâmetros de processo
	Os parâmetros do processo estão de acordo com o especificado ?	0	
	A umidade e temperatura registrada esta sob controle ?	N / A	
	Os resultados registrados indicam que o processo esta sob controle ?	N / A	
	As ações corretivas foram tomadas e estão registradas no diário de bordo e assinadas pelos responsáveis ?	N / A	
C E P	O preenchimento dos registros de processo estão adequado ?	N / A	
	Os resultados plotados na carta indicam que o processo está sobre controle ? (verificar regra de cada tipo de carta)	N / A	
	As ações corretivas foram tomadas e estão registradas no diário de bordo e assinadas pelos responsáveis ?	N / A	
Registros de Processo			
Ordem de Fabricação / A pontamentos	O preenchimento das baixas estão corretos ? (campos em branco)	1	
	Há assinatura do responsável pela alteração da matéria prima ?	1	
	A quantidade física corresponde com o registrado ? (contar os painéis)	1	
	Verificar se tem Brs, e se os mesmos estão preenchidos corretamente ?	1	
	Verificar se os controles de produção estão preenchidos corretamente ?	1	
	Verificar se as observações contidas na O F são adequadas para o processo ?	1	
	As placas estão separadas corretamente para garantir a rastreabilidade?	0	Placas armazenadas em cima Da mesa sem empilhamento definido
Organização e Meio Ambiente			
Organização	Equipamentos estão organizados, limpos e sem partes quebradas ?	0	Encontrado equipamento faltando tanque e exaustão insuficiente (desligada).
	Área ou local de trabalho está limpo e organizado?	0	Encontrado mesa suja, piso molhado com alagamento, guancheiras espalhadas pelo chão.
	Existe vazamento visível de produtos químicos no chão ?	0	Encontrado chão alagado com indicio de vazamentos e contenção algada. probabilidade de contaminação de solo e águas subterrâneas
	Os lixos estão sendo separados corretamente conforme procedimento de reciclagem ?	1	
	O mapa de multifuncionalidade está atualizado e disponível para consulta?	0	Falta atualização da planilha
Estoque Intermediário no processo			
Local do estoque	As matérias prima para uso durante o processo estão em local apropriado e em área identificada ?	0	Falta identificação no estoque intermediário
	Os produtos ou insumos estão identificados de forma a evitar mistura ou uso incorreto ?	0	Encontrado produtos no estoque interno com etiquetas danificadas.
	Os produtos estão armazenados de forma a evitar acidente ou risco ao meio ambiente?	0	Produtos químicos fora de bacia de contenção, probabilidades de contaminação de solo e águas subterrâneas.
	A data de vencimento dos produtos no estoque estão dentro do período de validade ?	0	Encontrados químicos no estoque intermediário sem etiqueta com prazo de validade.

(Continua)

Manuseio / Transporte do Produto					
Manuseio	O transporte das placas estão sendo feito por meio adequado ?	1	Manual, falta definir método de transporte em procedimento		
	O manuseio é adequada para garantir a integridade do produto , conforme procedimento ?	0	Não segue procedimento de manuseio para o uso da luva		
	As placas aguardando para serem processadas estão acondicionadas de forma que garanta sua integridade ?	0	Placas em cima da mesa sem limite de empilhamento definido		
Comunicação					
	Existe uma sistemática de comunicação entre os turnos e com a supervisão ou chefia ?	1			
Ergonomia / Segurança					
Segurança	O operador conhece o mapa de risco do setor e há riscos visível?	0	Operadora não conhece o Mapa de risco		
	Os boletins de segurança dos produtos químicos estão disponível na área ?	1			
	Os operadores e terceirizados que estão trabalhando na área tem conhecimento e estão usando os EPIs indicados para realizarem a operação com segurança.?	0	Encontrado Operadora sem EPI, luva e óculos de segurança		
	Os extintores estão em local demarcado e dentro da validade ?	1			
	Os equipamentos, bancadas, assentos estão adequados para a operação ?	1			
	O operador tem conhecimento da postura correta para desempenhar a operação ?	N / A			
	O operador esta portando o crachá em local visível ?	0	Operadora não portava o crachá em local visível		
Conhecimentos Gerais					
Não Conf.	O operador tem conhecimento para com os produtos não conforme ? (identificação, disposição , correção da causa, etc.)	1			
	Os produtos não conformes estão identificados e segregados evitando o uso não intencional?	N / A			
Habilidade do Operador	Qual é o cliente do produto que está em processo?	1	Semikron		
	Quais as características críticas do produto em processo?	1			
	Quais os problemas mais comum com o produto em processo ?	1	Mancha		
	Qualificação especial (licença para dirigir empilhadeira ou operações especiais) são necessárias e estão devidamente implementadas ?	N / A			
	O operador está devidamente treinado para executar função? (ver multifuncionalidade)	1	Falta atualização da planilha		
Capabilidade do Processo					
Instrumentos de Medição	Os instrumentos de medição estão devidamente calibrados ?	N / A			
	A resolução do equipamento e adequada á unidade de medida ?	N / A			
	A área requer controle de umidade e temperatura ?	N / A			
	Os registros de umidade e temperatura indicam que o processo esta sob controle ?	N / A			
	Instrumentos de medição estão em local adequados, limpos e organizados ?	N / A			
	O lacre de garantia da calibração está intacto ?	N / A			
Indicadores	Existem indicadores de capabilidade de processo disponíveis e atualizados?	N / A			
	CP (Igual ou acima do target = 1) (Abaixo do target = 0)	N / A			
	Cpk (Igual ou acima a 1.33 = 1) (Abaixo de 1.33 = 0)	N / A			
	Os resultados obtidos indicam que as ações tomadas refletiu numa tendência de melhora ?	N / A			
Manutenibilidade					
Manutenção	Existe disponível junto ao equipamento o planejamento para as manutenções preventivas ?	0	Não estava junto ao equipamento para consulta.		
	O equipamento tem recebido as manutenções preventivas conforme o planejado ?	0			
	Houve corretiva no equipamento? (Média de janeiro a junho de 2007)	N / A			
Planejamento					
Produtividade Disponibilidade	Existe uma meta para a produtividade estabelecida e disponível junto ao equipamento?	N / A			
	A eficiência do processo está de acordo com a meta atual estabelecida?	N / A			
	A disponibilidade do processo está sendo utilizada de acordo com o previsto?	N / A			
CRITÉRIO DAS PONTUAÇÕES					
NOTAS		Requisitos	63	100%	0 < % < 50 = Fora de controle, requer intervenção imediata no processo.
0 = Ha Não Conformidade		Verificados	39	61,9	50 < % < 70 = Insatisfatório, requer adequação imediata nos itens não conformes.
1 = Requisito Conforme		Nao Conformes	19	48,7	70 < % < 95 = Parcialmente satisfatório, requer ação corretiva
N / A = Nao Aplicado		Conformes	20	51,3	95 < % < 100 = Satisfatório, implementar as oportunidades de melhorias

Auditor (s)
Data / /

Engenharia
Data / /

Ger. Qualidade
Data / /

Responsável da Area
Data / /

Ger. Manutenção
Data / /

APÊNDICE C - Diretiva RoHs

13.2.2003

PT

Jornal Oficial da União Europeia

L 37/19

DIRETIVA 2002/95/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO

de 27 de Janeiro de 2003

relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos

O PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA,

Tendo em conta o Tratado que instituiu a Comunidade Europeia e, nomeadamente, o n.º 1 do seu artigo 95.º,

Tendo em conta a proposta da Comissão ⁽¹⁾,

Tendo em conta o parecer do Comité Económico e Social ⁽²⁾,

Tendo em conta o parecer do Comité das Regiões ⁽³⁾,

Deliberando nos termos do artigo 251.º do Tratado ⁽⁴⁾, à luz do projecto comum aprovado pelo Comité de Conciliação em 8 de Novembro de 2002,

Considerando o seguinte:

- (1) As disparidades entre as medidas legislativas ou administrativas adoptadas pelos Estados-Membros em matéria de restrição do uso de substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos podem criar barreiras ao comércio e distorções da concorrência na Comunidade, podendo assim ter um impacto directo no estabelecimento e funcionamento do mercado interno. Parece, por conseguinte, necessário proceder à aproximação das legislações dos Estados-Membros neste domínio e contribuir para a protecção da saúde humana e para uma valorização e eliminação ecologicamente correctas dos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos.
- (2) O Conselho Europeu subscreveu, na reunião de Nice, realizada em 7, 8 e 9 de Dezembro de 2000, a resolução do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa ao princípio da precaução.
- (3) Em 30 de Julho de 1996, a Comissão adoptou uma comunicação sobre a análise da estratégia comunitária para a gestão dos resíduos, que salienta a necessidade de reduzir o teor de substâncias perigosas nos resíduos e aponta os potenciais benefícios da adopção de regras a nível da Comunidade para limitar a presença dessas substâncias em produtos e processos de produção.
- (4) A resolução do Conselho, de 25 de Janeiro de 1988, relativa a um programa de acção da Comunidade de combate à poluição do ambiente provocada pelo cádmio ⁽⁵⁾ convida a Comissão a desenvolver, sem demora, medidas específicas para tal programa. A saúde humana tem também de ser protegida, pelo que se deve

dar execução a uma estratégia global que restrinja, em particular, o uso de cádmio e incentive a investigação de substitutos. A referida resolução salienta que a utilização de cádmio deve ser limitada aos casos em que não existam alternativas adequadas e mais seguras.

- (5) Os dados disponíveis indicam que as medidas de recolha, tratamento, reciclagem e eliminação de resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE), tal como estabelecidas na Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos ⁽⁶⁾, são necessárias para diminuir os problemas de gestão de resíduos relacionados com os metais pesados em causa e com os retardadores de chama visados. Todavia, apesar dessas medidas, continuarão a ser introduzidas quantidades significativas de REEE nas actuais vias de eliminação. Mesmo que os REEE sejam objecto de recolha separada e submetidos a processos de reciclagem, é provável que o seu teor de mercúrio, cádmio, chumbo, crómio VI, PBB e PBDE ponha em risco a saúde ou o ambiente.
- (6) Tendo em conta a viabilidade técnica e económica, a forma mais eficaz de garantir uma redução significativa dos riscos para a saúde e o ambiente relacionados com estas substâncias, que possa conseguir o nível escolhido de protecção na Comunidade, consiste na substituição das referidas substâncias nos equipamentos eléctricos e electrónicos por materiais seguros ou mais seguros. A restrição da utilização de tais substâncias é susceptível de fazer incrementar as possibilidades de reciclagem dos REEE e a sua rentabilidade económica e de fazer diminuir o seu impacto negativo sobre a saúde dos trabalhadores das instalações de reciclagem.
- (7) As substâncias visadas pela presente directiva foram bem estudadas e avaliadas do ponto de vista científico e têm sido sujeitas a diferentes medidas, tanto a nível comunitário como a nível nacional.

⁽¹⁾ JO C 365 E de 19.12.2000, p. 195 e JO C 240 E de 28.8.2001, p. 303.

⁽²⁾ JO C 116 de 20.4.2001, p. 38.

⁽³⁾ JO C 148 de 18.5.2001, p. 1.

⁽⁴⁾ Parecer do Parlamento Europeu de 15 de Maio de 2001 (JO C 34 E de 7.2.2002, p. 109), posição comum do Conselho de 4 de Dezembro de 2001 (JO C 90 E de 16.4.2002, p. 12) e decisão do Parlamento Europeu de 10 de Abril de 2002 (ainda não publicada no Jornal Oficial). Decisão do Parlamento Europeu de 18 de Dezembro de 2002 e decisão do Conselho de 16 de Dezembro de 2002.

⁽⁵⁾ JO C 30 de 4.2.1988, p. 1.

⁽⁶⁾ Ver página 24 do presente Jornal Oficial.

(Continua)

e animal e do ambiente, ponderados os riscos que poderiam decorrer para a Comunidade da não adopção de quaisquer medidas. As referidas medidas serão objecto de revisão permanente e, se necessário, ajustadas, de modo a tomar em conta os dados científicos e técnicos disponíveis.

- (9) A presente directiva deve aplicar-se sem prejuízo das normas comunitárias sobre segurança e saúde e da legislação comunitária específica em matéria de gestão de resíduos, nomeadamente a Directiva 91/157/CEE do Conselho, de 18 de Março de 1991, relativa às pilhas e acumuladores contendo determinadas matérias perigosas ⁽¹⁾.
- (10) Deve ser tido em conta o desenvolvimento técnico dos equipamentos eléctricos e electrónicos sem metais pesados, PBDE e PBB. Logo que existam provas científicas, e tendo presente o princípio da precaução, deverá ser analisada a proibição de outras substâncias perigosas e a sua substituição por substâncias alternativas mais respeitadoras do ambiente e que assegurem pelo menos o mesmo nível de protecção dos consumidores.
- (11) Devem ser concedidas dispensas da exigência de substituição nos casos em que esta não seja possível, do ponto de vista científico e técnico, ou caso seja provável que os impactos negativos no ambiente e na saúde causados pela substituição ultrapassem os benefícios para o homem e o ambiente dela decorrentes. A substituição das substâncias perigosas nos equipamentos eléctricos e electrónicos deve igualmente ser efectuada de forma compatível com a preservação da saúde e da segurança dos utilizadores de equipamentos eléctricos e electrónicos (EEE).
- (12) Dado que a reutilização, renovação e extensão do ciclo de vida dos produtos são benéficas, toma-se necessário que haja disponibilidade de peças sobresselentes.
- (13) A adaptação ao progresso científico e técnico das dispensas de cumprimento das exigências relativas à supressão progressiva e à proibição de substâncias perigosas deve ser efectuada pela Comissão mediante procedimento de comitologia.
- (14) As medidas necessárias para dar execução à presente directiva devem ser adoptadas de acordo com a Decisão 1999/468/CE do Conselho, de 28 de Junho de 1999, que fixa as regras de exercício das competências de execução atribuídas à Comissão ⁽²⁾.

ADOPTARAM A PRESENTE DIRECTIVA:

Artigo 1.º

Objecto

A presente directiva tem por objecto aproximar as legislações dos Estados-Membros em matéria de restrições ao uso de substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos

e contribuir para a protecção da saúde humana e para uma valorização e eliminação, em boas condições ambientais, dos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos.

Artigo 2.º

Âmbito de aplicação

1. Sem prejuízo do disposto no artigo 6.º, a presente directiva é aplicável aos equipamentos eléctricos e electrónicos abrangidos pelas categorias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 10 definidas no anexo I A da Directiva 2002/96/CE (REEE), às lâmpadas eléctricas e aos aparelhos de iluminação de uso doméstico.
2. A presente directiva é aplicável sem prejuízo da legislação comunitária no domínio das normas de segurança e de saúde e do direito comunitário especial em matéria de gestão de resíduos.
3. A presente directiva não é aplicável a peças sobresselentes para reparação de, nem à reutilização de, equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado antes de 1 de Julho de 2006.

Artigo 3.º

Definições

Para efeitos do disposto na presente directiva, entende-se por:

- a) «Equipamentos eléctricos e electrónicos» ou «EEE», os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes eléctricas ou campos electromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no anexo I A da Directiva 2002/96/CE (REEE) e destinados a utilização com uma tensão nominal não superior a 1 000 V para corrente alterna e 1 500 V para corrente contínua;
- b) «Produtor», qualquer pessoa que, independentemente da técnica de venda, incluindo a venda à distância nos termos da Directiva 97/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Maio de 1997, relativa à protecção dos consumidores em matéria de contratos à distância ⁽³⁾.
 - i) proceda ao fabrico e venda de equipamentos eléctricos e electrónicos sob marca própria,
 - ii) proceda à revenda, sob marca própria, de equipamentos produzidos por outros fornecedores, não sendo considerado produtor um revendedor caso a marca do produtor esteja aposta no equipamento, como prevê A sublínea i), ou
 - iii) proceda à importação ou exportação de equipamentos eléctricos e electrónicos para um Estado-Membro, como actividade profissional.

Quem proporcionar exclusivamente financiamento nos termos de, ou ao abrigo de, um acordo de financiamento, não será considerado «produtor» a menos que actue também como produtor na acepção das sublíneas i) a iii).

⁽¹⁾ JO L 78 de 26.3.1991, p. 38. Directiva alterada pela Directiva 98/101/CE da Comissão (JO L 1 de 5.1.1999, p. 1).

⁽²⁾ JO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

⁽³⁾ JO L 144 de 4.6.1997, p. 19. Directiva alterada pela Directiva 2002/65/CE (JO L 271 de 9.10.2002, p. 16).

(Continua)

Artigo 4.º**Prevenção**

1. Os Estados-Membros assegurarão que, a partir de 1 de Julho de 2006, os novos equipamentos eléctricos e electrónicos colocados no mercado não contenham chumbo, mercúrio, cádmio, crómio hexavalente, polibromobifenilo (PBB) e/ou éter de difenilo polibromado (PBDE). Medidas nacionais que restrinjam ou proíbam a utilização dessas substâncias em equipamentos eléctricos e electrónicos, e que hajam sido adoptadas em conformidade com a legislação comunitária antes da aprovação da presente directiva, poder-se-ão manter em vigor até 1 de Julho 2006.

2. O n.º 1 não se aplica às aplicações enumeradas no anexo.

3. Com base numa proposta da Comissão, o Parlamento Europeu e o Conselho decidirão, logo que estejam disponíveis provas científicas, e de acordo com os princípios de política relativa aos produtos químicos estabelecidos no sexto programa de acção para o ambiente, da proibição de outras substâncias perigosas e sua substituição por alternativas mais favoráveis ao ambiente que garantam, no mínimo, o mesmo nível de protecção dos consumidores.

Artigo 5.º**Adaptação ao progresso científico e técnico**

1. As alterações necessárias para adaptar o anexo ao progresso científico e técnico para os fins que se seguem serão adoptadas de acordo com o procedimento previsto no n.º 2 do artigo 7.º:

- a) Fixar, conforme necessário, os valores máximos de concentração até aos quais será tolerada a presença das substâncias referidas no n.º 1 do artigo 4.º em materiais e componentes específicos de equipamentos eléctricos e electrónicos;
- b) Isentar materiais e componentes de equipamentos eléctricos e electrónicos do disposto no n.º 1 do artigo 4.º caso seja impraticável, por razões de ordem técnica ou científica, a sua eliminação ou substituição via alterações de concepção ou de materiais e componentes, ou ainda se for provável que os impactos negativos no ambiente e/ou na saúde decorrentes da sua substituição ultrapassem os benefícios ambientais para a saúde e/ou para a segurança dos consumidores dela resultantes;
- c) Proceder a uma reapreciação de cada uma das isenções previstas no anexo pelo menos de quatro em quatro anos ou quatro anos após a inclusão de um novo elemento na lista, com o objectivo de estudar a hipótese de eliminar materiais e componentes de equipamentos eléctricos e electrónicos do anexo, caso seja técnica e cientificamente possível a sua eliminação ou substituição via alterações de concepção ou de materiais e componentes que não requirem qualquer dos materiais e substâncias a que se

refere o n.º 1 do artigo 4.º, desde que os impactos negativos para o ambiente, a saúde e/ou a segurança dos consumidores decorrentes da sua substituição não ultrapassem os possíveis benefícios ambientais, para a saúde e/ou para a segurança dos consumidores daí resultantes.

2. Antes de proceder à alteração do anexo, nos termos do n.º 1, a Comissão deverá consultar nomeadamente os produtores de equipamentos eléctricos e electrónicos, os operadores de instalações de reciclagem e tratamento, as organizações ambientalistas e as associações de trabalhadores e consumidores. As observações devem ser enviadas ao comité referido no n.º 1 do artigo 7.º A Comissão fornecerá um resumo das informações que receber.

Artigo 6.º**Revisão**

Até 13 de Fevereiro de 2005, a Comissão procederá à revisão das medidas dela constantes, tomando em consideração os novos dados científicos, conforme necessário.

Em particular, a Comissão deverá, até essa data, apresentar propostas de inclusão no âmbito da presente directiva dos equipamentos pertencentes às categorias 8 e 9 do anexo IA da Directiva 2002/96/CE (REEE).

A Comissão deverá igualmente estudar a necessidade de adaptar a lista de substâncias do n.º 1 do artigo 4.º com base em factos científicos e tendo em conta o princípio da precaução, e apresentará ao Parlamento Europeu e ao Conselho as correspondentes propostas de adaptação, se adequado.

Nesta revisão, haverá que prestar particular atenção ao impacto de outros materiais e substâncias perigosas utilizadas em equipamentos eléctricos e electrónicos sobre o ambiente e a saúde humana. A Comissão examinará a viabilidade de substituir essas substâncias e materiais e, se for caso disso, apresentará ao Parlamento Europeu e ao Conselho propostas no sentido de alargar o âmbito do artigo 4.º

Artigo 7.º**Comité**

1. A Comissão será assistida pelo comité instituído pelo artigo 18.º da Directiva 75/442/CEE do Conselho (1).

2. Nos casos em que se faça referência ao presente número, é aplicável o procedimento constante dos artigos 5.º e 7.º da Decisão 1999/468/CE, tendo-se em conta o disposto no seu artigo 8.º

O prazo previsto no n.º 6 do artigo 5.º da citada decisão é de três meses.

3. O comité aprovará o seu regulamento interno.

(1) JO L 194 de 25.7.1975, p. 39.

(Continua)

*Artigo 8.º***Sanções**

Os Estados-Membros determinarão as sanções aplicáveis ao incumprimento das disposições nacionais adoptadas em execução da presente directiva. As sanções previstas deverão ser eficazes, proporcionadas e dissuasivas.

*Artigo 9.º***Transposição**

1. Os Estados-Membros porão em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à presente directiva até 13 de Agosto de 2004. Do facto informarão imediatamente a Comissão.

Quando os Estados-Membros adoptarem essas disposições, estas deverão incluir uma referência à presente directiva ou ser acompanhadas dessa referência aquando da sua publicação oficial. As modalidades dessa referência serão estabelecidas pelos Estados-Membros.

2. Os Estados-Membros comunicarão à Comissão o texto de todas as disposições legislativas, regulamentares e administrativas adoptadas no âmbito da presente directiva.

*Artigo 10.º***Entrada em vigor**

A presente directiva entra em vigor na data da sua publicação no *Jornal Oficial da União Europeia*.

*Artigo 11.º***Destinatários**

Os Estados-Membros são os destinatários da presente directiva.

Feito em Bruxelas, em 27 de Janeiro de 2003.

Pelo Parlamento Europeu

O Presidente

P. COX

Pelo Conselho

O Presidente

G. DRYS

(Continua)

ANEXO

Aplicações de chumbo, mercúrio, cádmio e cromo hexavalente isentas dos requisitos estabelecidos no n.º 1 do artigo 4.º

1. Mercúrio em lâmpadas fluorescentes compactas que não ultrapasse 5 mg por lâmpada
 2. Mercúrio em lâmpadas fluorescentes clássicas de utilização geral que não exceda:

— halofosfato	10 mg
— trifosfato de duração normal	5 mg
— trifosfato de longa duração	8 mg
 3. Mercúrio em lâmpadas fluorescentes clássicas para fins especiais
 4. Mercúrio noutras lâmpadas não especificamente mencionadas no presente anexo
 5. Chumbo no vidro de tubos de raios catódicos, componentes electrónicos e lâmpadas fluorescentes
 6. Chumbo como elemento de liga em aço contendo até 0,35 % de chumbo em peso, alumínio contendo até 0,4 % de chumbo em peso e como liga de cobre contendo até 4 % de chumbo em peso
 7. — Chumbo contido em soldas de alta temperatura de fusão (isto é, soldas de ligas de estanho e chumbo com mais de 85 % de chumbo)
 - Chumbo contido em soldas para servidores, sistemas de armazenagem de dados e de *arrays* de armazenagem (isenção concedida até 2010)
 - Chumbo contido em soldas para equipamento de infra-estrutura de rede para comutação, sinalização, transmissão e gestão de redes de telecomunicações
 - Chumbo contido em componentes electrónicos de cerâmica (por exemplo, dispositivos piezoeléctricos)
 8. Banho de cádmio excepto para aplicações proibidas ao abrigo da Directiva 91/338/CEE do Conselho (1) que altera a Directiva 76/769/CEE (2) relativa à limitação da colocação no mercado e da utilização de algumas substâncias e preparações perigosas
 9. Cromo hexavalente como anticorrosivo de sistemas de arrefecimento de aço ao carbono em frigoríficos de absorção
 10. No âmbito do procedimento referido no n.º 2 do artigo 7.º, a Comissão deverá avaliar prioritariamente as aplicações de:
 - deca BDE
 - mercúrio em lâmpadas fluorescentes clássicas para fins especiais
 - chumbo em soldas para servidores, sistemas de armazenagem de dados e de *arrays* de armazenagem, bem como em soldas para equipamento de infra-estrutura de rede para comutação, sinalização, transmissão e gestão de redes de telecomunicações (com o objectivo de fixar um prazo específico para esta isenção)
 - lâmpadas de incandescência
- a fim de determinar o mais rapidamente possível se estes pontos devem ser alterados em conformidade.

APÊNDICE E - Check List Immersion Tin

CHECK LIST – Immersion Tin																
ITENS A VERIFICAR	TURNO	MÊS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lav..Acida/Temperatura 30 – 60°C (Ideal 40°C) Cada Turno	1															
	2															
Troca do banho 5 m2 de painel cortado por litro (dia)	1															
	2															
Limpeza do Filtro Quinzenal	1															
	2															
Microetch/Temperatura 25 – 40°C (Ideal 35°C) Cada Turno	1															
	2															
Limpeza do Filtro Quinzenal	1															
	2															
Stannadip/Temperatura 20 – 30°C (Ideal 25°C) Cada Turno	1															
	2															
Limpeza do Filtro Quinzenal	1															
	2															
MTO 8-17 MTO (máximo 1 ano)	1															
	2															
Visto do Operador.	1															
	2															
Visto do Supervisor																
LEGENDA							Parâmetro Não Conforme => NOK Ou VALOR LIDO					O – PROBLEMA TÉCNICO (PARADO)				
Parâmetro Conforme => OK ou VALOR LIDO							P – SEM PRODUÇÃO (PARADO)					/- FINAL DE SEMANA / FERIADO				
												T.R – TROCA DO BANHO				

(Continua)

CHECK LIST – Immersion Tin

ITENS A VERIFICAR	TURNO	MÊS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Stannatech/Temperatura 65 – 72°C (Ideal 70°C) Cada Turno	1													
	2															
Limpezas do Filtro Quinzenal	1															
	2															
Lavagens Alcalina/Temperatura 20 – 30°C (Ideal 25°C) Cada Turno	1															
	2															
Lavagem Alcalina- pH 8,5 - 10 (Ideal 9,5) Cada Turno	1															
	2															
Nível dos Banhos (Diário)	1															
	2															
	1															
	2															
	1															
	2															
Visto do Operador.	1															
	2															
Visto do Supervisor																
LEGENDA Parâmetro Conforme => OK ou VALOR LIDO		Parâmetro Não Conforme =>NOK Ou VALOR LIDO P – SEM PRODUÇÃO (PARADO)					O – PROBLEMA TÉCNICO (PARADO) / - FINAL DE SEMANA / FERIADO T.R – TROCA DO BANHO									

(Continua)

CHECK LIST – Immersion Tin																	
ITENS A VERIFICAR	TURNO	MÊS															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Lav..Acida/Temperatura 30 – 60°C (Ideal 40°C) Cada Turno	1																
	2																
	3																
Troca do banho 5 m2 de painel cortado por litro (dia)	1																
	2																
	3																
Limpeza do Filtro Quinzenal	1																
	2																
	3																
Microetch/Temperatura 25 – 40°C (Ideal 35°C) Cada Turno	1																
	2																
	3																
Limpeza do Filtro Quinzenal	1																
	2																
	3																
Stannadip/Temperatura 20 – 30°C (Ideal 25°C) Cada Turno	1																
	2																
	3																
Limpeza do Filtro Quinzenal	1																
	2																
	3																
MTO 8-17 MTO (máximo 1 ano).	1																
	2																
	3																
Visto do Operador.	1																
	2																
Visto do Supervisor																	
LEGENDA Parâmetro Conforme => OK ou VALOR LIDO		Parâmetro Não Conforme =>NOK Ou VALOR LIDO P – SEM PRODUÇÃO (PARADO)						O – PROBLEMA TÉCNICO (PARADO) / - FINAL DE SEMANA / FERIADO T.R – TROCA DO BANHO									

(Continua)

CHECK LIST – Immersion Tin																	
ITENS A VERIFICAR	TURNO	MÊS															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Stannatech/Temperatura 65 – 72°C (Ideal 70°C) Cada Turno	1																
	2																
Limpeza do Filtro Quinzenal	1																
	2																
Lavagem Alcalina/Temperatura 20 – 30°C (Ideal 25°C) Cada Turno	1																
	2																
Lavagem Alcalina- pH 8,5 - 10 (Ideal 9,5) Cada Turno	1																
	2																
Nível dos Banhos (Diário)	1																
	2																
	1																
	2																
	1																
	2																
Visto do Operador.	1																
	2																
Visto do Supervisor																	
LEGENDA Parâmetro Conforme => OK ou VALOR LIDO		Parâmetro Não Conforme =>NOK Ou VALOR LIDO					P – SEM PRODUÇÃO (PARADO)					O – PROBLEMA TÉCNICO (PARADO) / - FINAL DE SEMANA / FERIADO T.R – TROCA DO BANHO					

Fonte: elaboração do autor.

