

**PARÂMETROS TÉCNICOS
PARA O DESENVOLVIMENTO
DE CIRCUITOS IMPRESSOS.**

1 INTRODUÇÃO

As informações contidas neste manual são sugestões e têm como objetivo auxiliar no desenvolvimento de placas de circuito impresso. O documento se divide em quatro grupos: DRC / DFM, Arquivos Eletrônicos, Painel Circuitbras e Práticas para agilizar o processo de Análise Crítica.

1.1 UNIDADES UTILIZADAS

1 mil = 1 / 1000 polegada
1.0 oz / ft² = 35.0 µm

1.2 TERMOS UTILIZADOS

SMD – Surface Mount Device (Componentes montados sobre superfície)
THT – Through-Hole Technology (Componentes Montados em Furos)
CAD – Computer Aided Design (Projeto auxiliado por computador)
CAM – Computer Aided Manufacturing (Fabricação auxiliada por computador)
BGA – Ball Grid Array
DRC – Design Rules Checking (Verificação das regras do projeto)
DFM – Design form Manufacturing (Projeto para a fabricação)

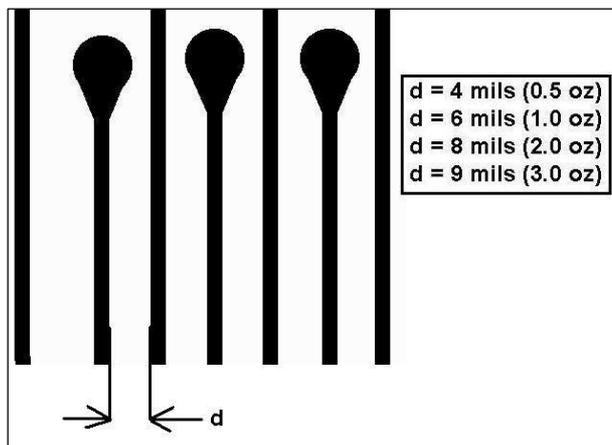
2 DRC / DFM

Para o desenvolvimento do layout do circuito impresso devem ser observados alguns parâmetros de fabricação para se viabilizar o processo produtivo das placas. Alguns parâmetros variam em função da espessura do cobre e das tolerâncias mecânicas. Este item irá tratar destes assuntos.

2.1 ISOLAÇÃO ENTRE PISTAS

A figura 1 ilustra os valores mínimos para a isolação entre as pistas.

Figura 1 - Isolação entre pistas



2.2 ISOLAÇÃO ENTRE ILHAS E PISTAS

As figuras 2, 3 e 4 demonstram diferentes circunstâncias para este parâmetro. Observar que vias cobertas com máscara de solda possuem o valor mínimo diferenciado.

Figura 2 - Isolação entre vias cobertas com máscara de solda e pistas

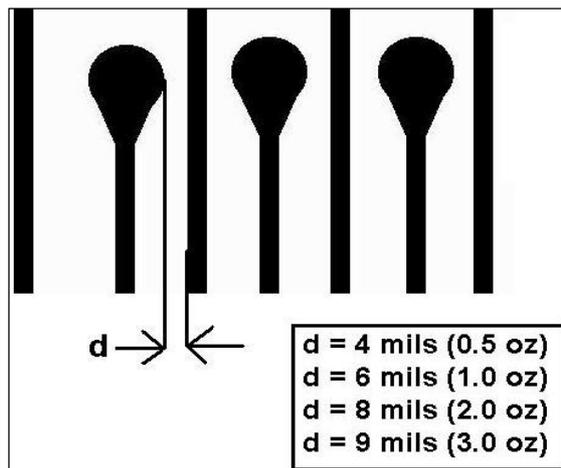


Figura 3 - Isolação entre pad smd e pista

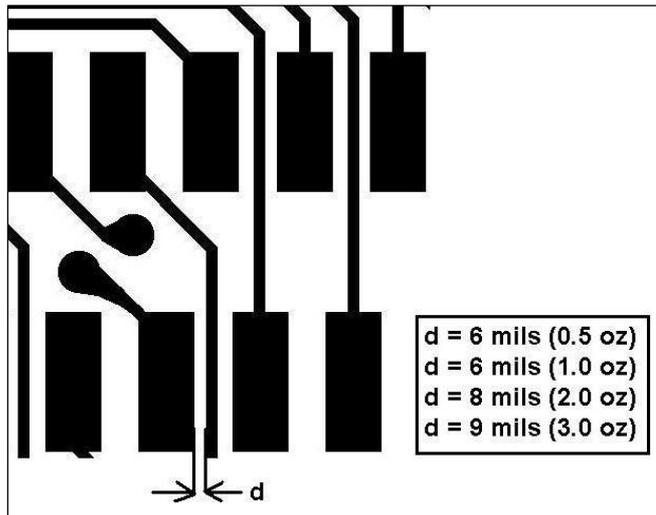
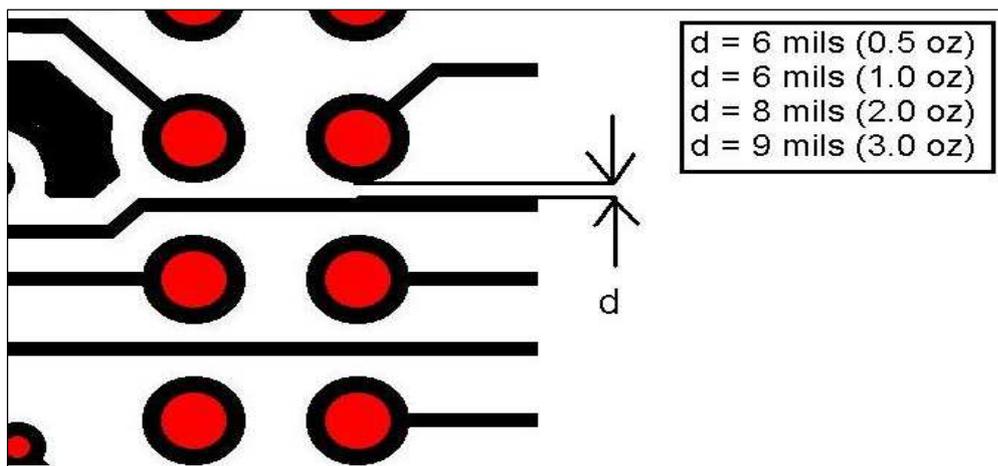


Figura 4 - Isolação entre ilha THT e pista

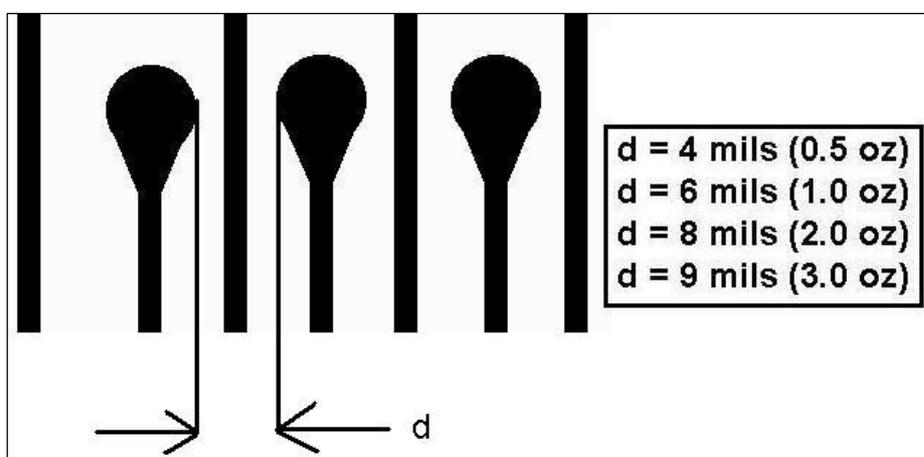


2.3 DISTÂNCIA ENTRE ILHAS

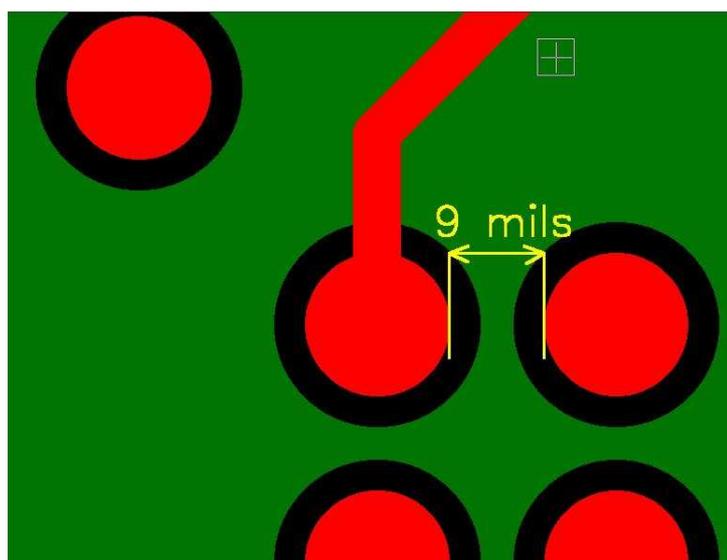
As figuras 5, 6 e 7 demonstram diferentes circunstâncias para este parâmetro. Observar que vias cobertas com máscara de solda possuem o valor mínimo diferenciado.

Nos casos em que os componentes smd possuem uma isolação inferior a 9 mils utiliza-se o artifício de "abrir" toda a máscara de solda, de acordo com a Figura 8.

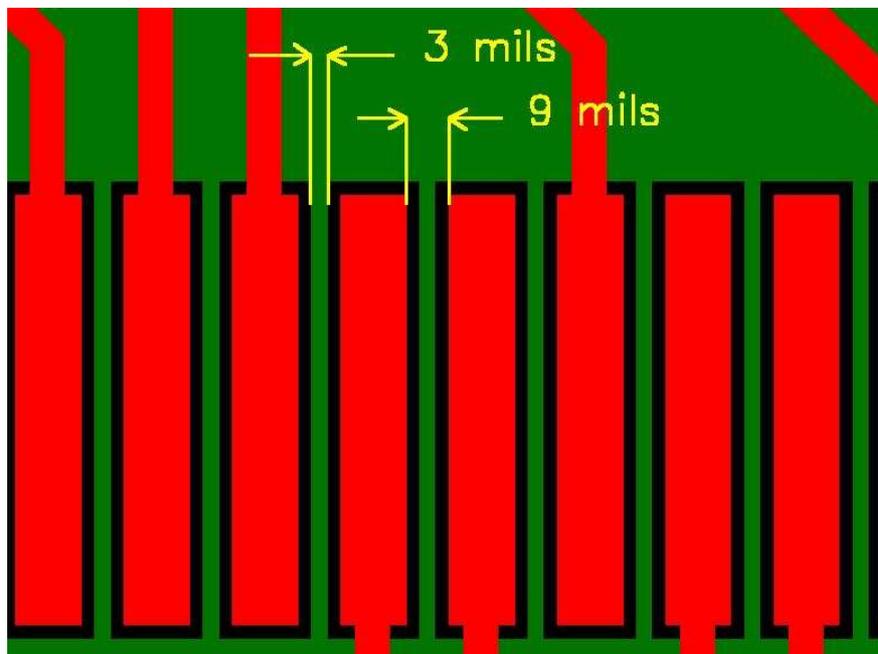
Figura 5 - Isolação entre vias cobertas com máscara de solda



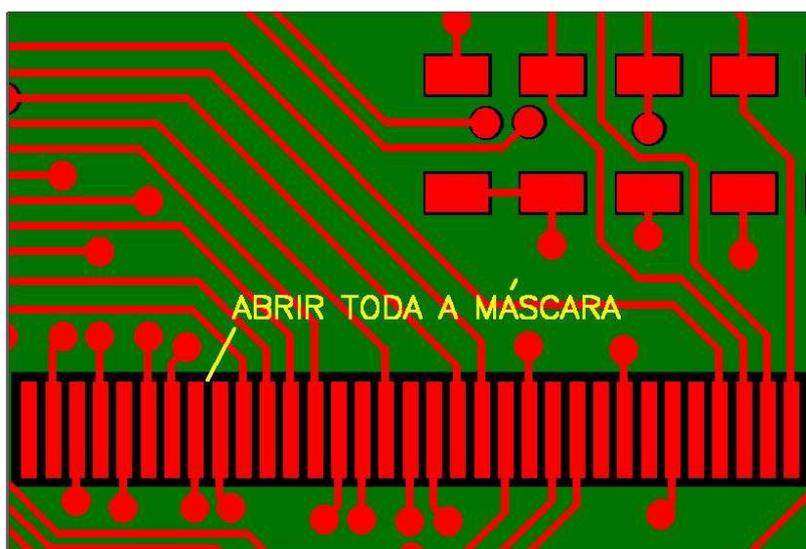
**Figura 6 - Isolação entre ilhas de componente tipo THT.
(A imagem verde representa a máscara de solda).**



**Figura 7 - Isolação entre pads smd.
(A imagem verde representa a máscara de solda).**



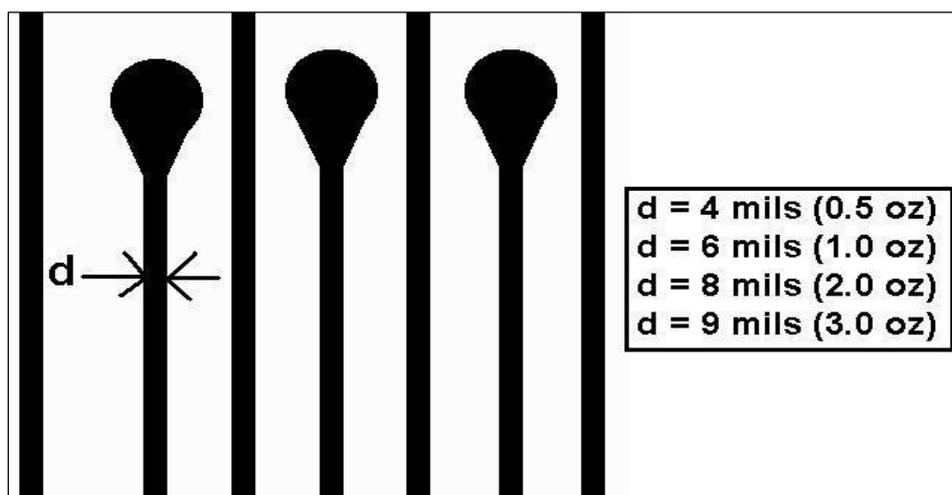
**Figura 8 - Pads SMD com isolação inferior a 9 mils.
(A imagem verde representa a máscara de solda).**



2.4 MENOR PISTA

A Figura 9 demonstra a menor largura de pista e suas respectivas variações.

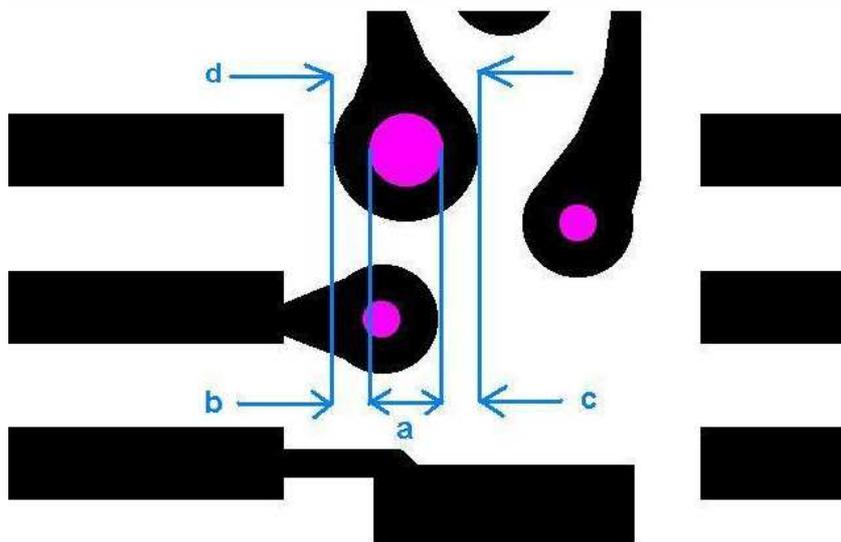
Figura 9 – Menor Pista



2.5 ANEL MÍNIMO

O anel mínimo varia em função da tolerância de furação. Isto porque na prática o anel é medido com relação a broca utilizada para furar as placas. A broca, por sua vez, é definida de acordo com a tolerância de furação. A figura abaixo traz uma ilustração sobre o anel mínimo, que seriam os valores de b e c da figura.

Figura 10 - Anel Mínimo



A tabela abaixo demonstra os valores de anel mínimo para diferentes tolerâncias.

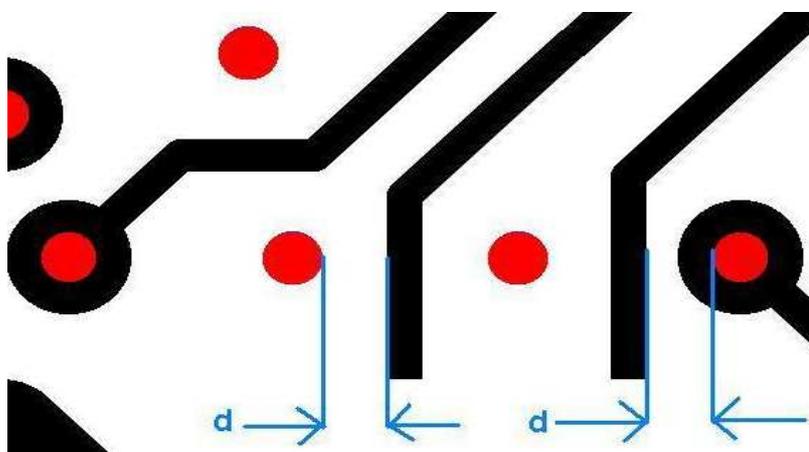
Tolerância	Anel mínimo(b, c)
Tolerância +/- 0.05mm (+/- 2mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.08mm (+/- 3mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.10mm (+/- 4mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.15mm (+/- 6mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.20mm (+/- 8mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância + 0.10mm / - 0.0mm (+ 4mils)	0.23mm (9 mils)
Tolerância + 0.15mm / - 0.0mm (+ 6mils)	0.25mm (10 mils)

Deve-se observar a importância da utilização de Tear Drop para melhorar o anel mínimo na área de junção entre as ilhas e as pistas. Componentes do tipo BGA correspondem a um caso especial e será discutido no item 2.10 (Componente BGA).

2.6 DISTÂNCIA ENTRE A RETA TANGENTE AO COBRE E A RETA TANGENTE AOS FUROS METALIZADOS

Esta é uma característica extremamente crítica para a produção de placas multi-camadas e que varia em função da tolerância de furação. Os valores são considerados em função do diâmetro final dos furos. A figura abaixo traz uma ilustração sobre esta distância, representada pelo valor de d da figura.

Figura 11 - Distância entre cobre e furo em camadas internas



Abaixo uma tabela que relaciona esta distância de acordo com diferentes tolerâncias.

Tolerância	Valor Ideal	Valor mínimo
Tolerância +/- 0.05mm (+/- 2mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância +/- 0.08mm (+/- 3mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância +/- 0.10mm (+/- 4mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância +/- 0.15mm (+/- 6mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância +/- 0.20mm (+/- 8mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância + 0.10mm / - 0.0mm (+ 4mils)	0.325mm (13 mils)	0.275mm (11 mils)
Tolerância + 0.15mm / - 0.0mm (+ 6mils)	0.35mm (14 mils)	0.30mm (12 mils)

Estes valores se aplicam para quaisquer diâmetros de furos, o importante é observar a tolerância de furação. Pela tabela acima pode-se verificar que em tolerâncias positivas a distância deve ser maior. Isto porque nestes casos o diâmetro da broca também será maior. Esta distância deve ser respeitada tanto para layers do tipo Signal quanto para layers do tipo Power / Ground Planes.

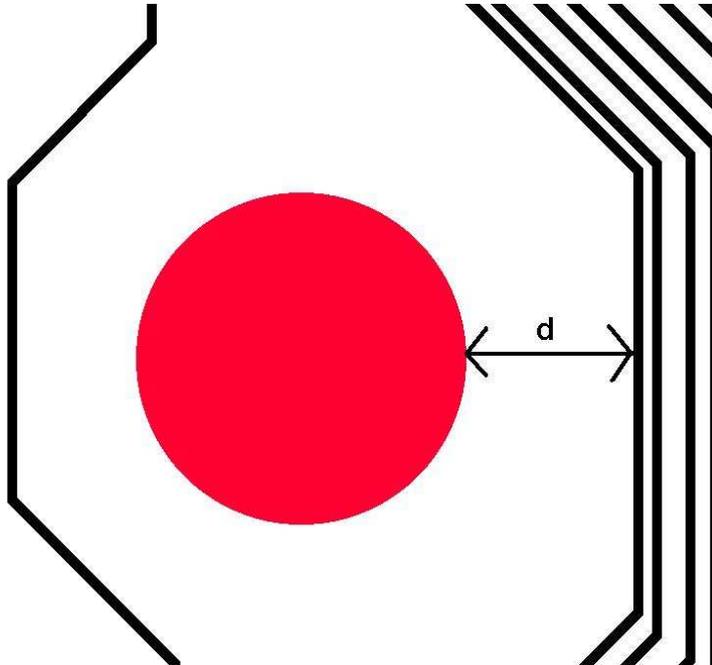
2.8 DISTÂNCIA ENTRE FUROS NÃO METALIZADOS E PISTAS

Quando o furo é não metalizado existe uma outra variável para o processo de fabricação que está relacionada ao fato do furo ser feito em uma segunda furação ou não. Furos não metalizados com diâmetro superior a 1.90mm (75 mils) devem ser feitos em uma segunda furação, para evitar problemas com o processo conhecido como Tenting. Furos não metalizados com diâmetro inferior a 0.90mm (35 mils) e com acabamento superficial em HAL também devem ser feitos em uma segunda furação para evitar o seu entupimento com estanho durante o processo de HAL. Abaixo as tabelas fazendo as devidas relações.

Furos maiores ou iguais a 0.90mm E menores do que 2.00mm		
Tolerância	Valor Ideal	Valor mínimo
Tolerância +/- 0.05mm (+/- 2mils)	0.25mm (10 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.08mm (+/- 3mils)	0.25mm (10 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.10mm (+/- 4mils)	0.25mm (10 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.15mm (+/- 6mils)	0.25mm (10 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.20mm (+/- 8mils)	0.25mm (10 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância + 0.10mm / - 0.0mm (+ 4mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância + 0.15mm / - 0.0mm (+ 6mils)	0.30mm (12 mils)	0.25mm (10 mils)

Furos maiores do que 1.90mm OU menores do que 0.90mm		
Tolerância	Valor Ideal	Valor mínimo
Tolerância +/- 0.05mm (+/- 2mils)	0.40mm (16 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.08mm (+/- 3mils)	0.40mm (16 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.10mm (+/- 4mils)	0.40mm (16 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.15mm (+/- 6mils)	0.40mm (16 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância +/- 0.20mm (+/- 8mils)	0.40mm (16 mils)	0.20mm (8 mils)
Tolerância + 0.10mm / - 0.0mm (+ 4mils)	0.45mm (18 mils)	0.25mm (10 mils)
Tolerância + 0.15mm / - 0.0mm (+ 6mils)	0.45mm (18 mils)	0.25mm (10 mils)

A figura abaixo traz uma ilustração sobre esta distância, representada pelo valor de d da figura. Esta distância deve ser respeitada tanto para layers do tipo Signal quanto para layers do tipo Power / Ground Planes.

Figura 13 – Distância entre furos não metalizados e pistas

2.7 DISTÂNCIA ENTRE PISTAS E BORDA DA PLACA

Esta característica varia de acordo com o tipo da placa (dupla-face ou multicamadas) e com o acabamento mecânico (fresa ou vinco). A figura 12 demonstra estas situações. A linha vermelha representa a linha de corte.

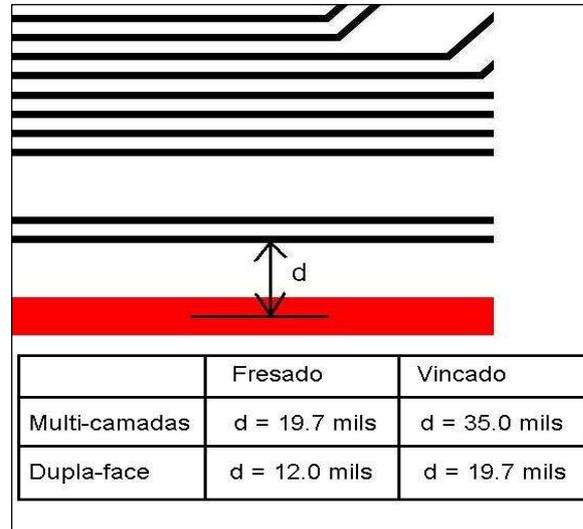
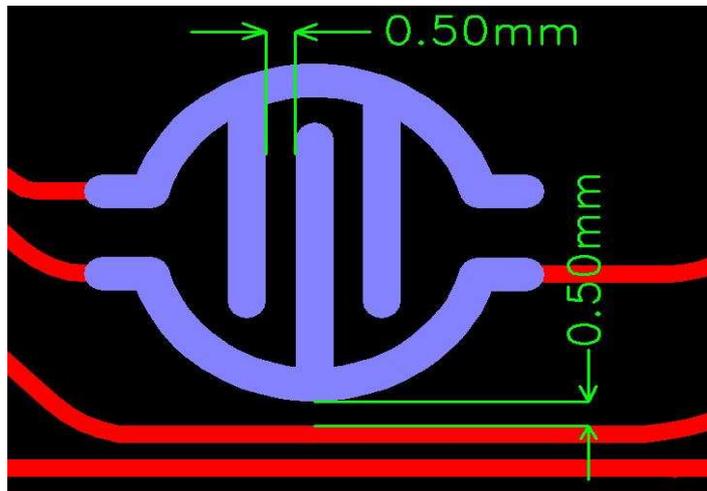


Figura 12 – Distância entre pistas e borda

2.9 CARBONO

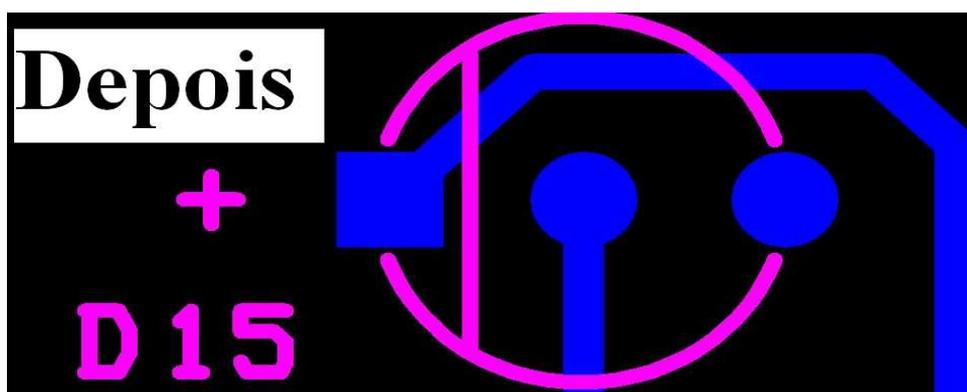
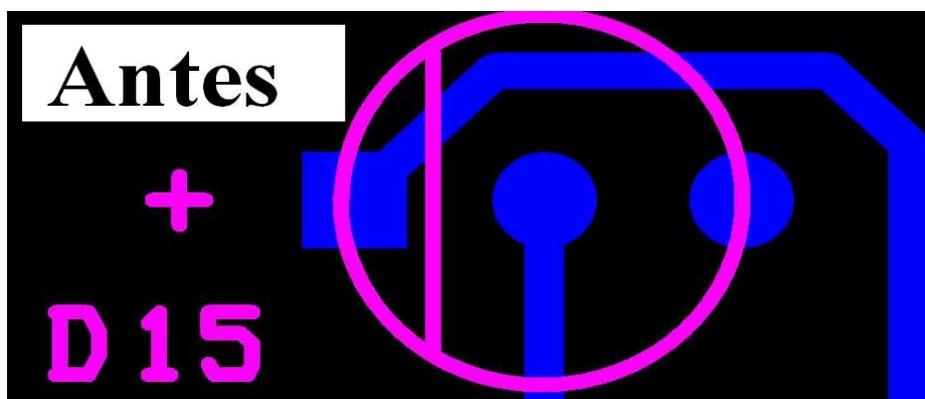
Há duas características a serem observadas: a isolamento entre pads de carbono e a isolamento entre pads de carbono e pistas. A Figura 14 demonstra os valores mínimos.

Figura 14 – Isolações a serem observadas em placas com Carbono



2.10 SILK SCREEN

É necessário que a distância entre a reta tangente às inscrições da serigrafia e a reta tangente aos pads (SMD, Through Hole e BGA) seja no mínimo de 3 mils (0.076mm). Duas áreas são afetadas quando há inscrição sobrepondo pads: o teste elétrico do fabricante de circuito impresso e a montagem de componentes. Isto porque a tinta da serigrafia corresponde a um material isolante. A Circuibras disponibiliza de um recurso chamado "Clear Silk-Screen", o qual elimina todos os traços da serigrafia que estejam a uma distância inferior a 3 mils (0.076mm) dos pads. As imagens abaixo ilustram uma serigrafia com traços sobrepondo pads e como ficou após a utilização do "Clear Silk-Screen".



2.10 COMPONENTE BGA

As figuras 15, 16, 17, 18 e 19 demonstram os valores mínimos para o layout nas regiões dos componentes do tipo BGA. Vale a pena reafirmar a importância da colocação de Tear Drop nas vias. Do ponto de vista da fabricação de placas com este tipo de componente é importante obter a melhor combinação entre isolamento, largura de trilha, anel mínimo, distância entre a reta tangente ao cobre e a reta tangente aos furos e aspect ratio.

Figura 15 – Passo do BGA

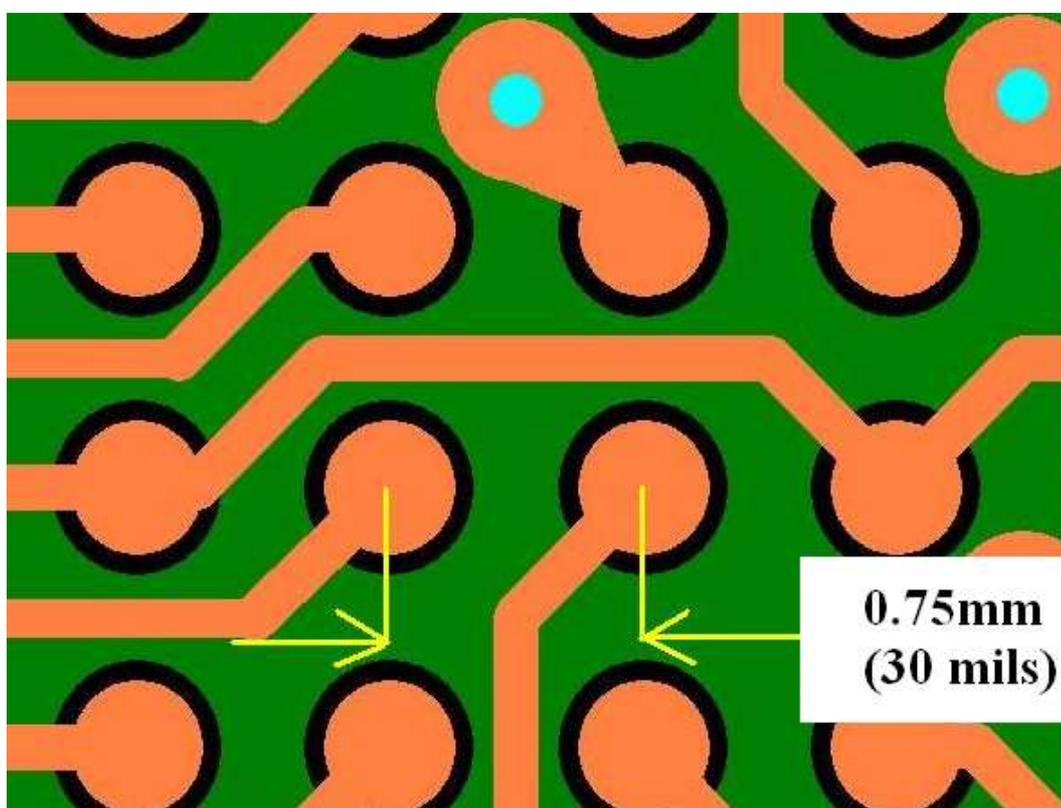


Figura 16 – Distância entre via e pista

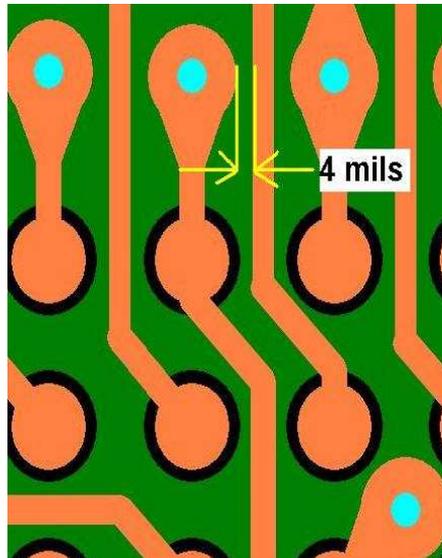


Figura 17 – Distância entre Ball e pista

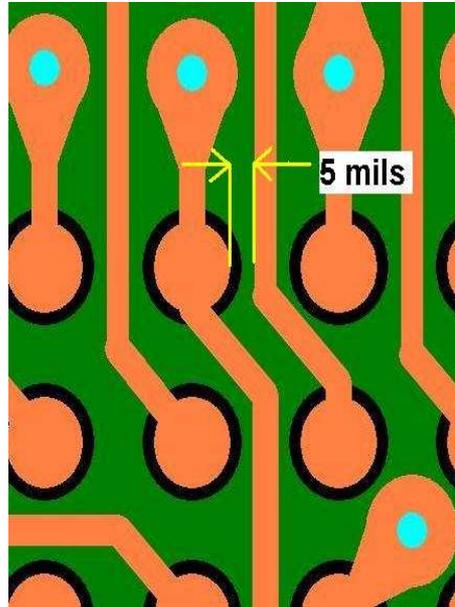


Figura 18 - Largura das trilhas

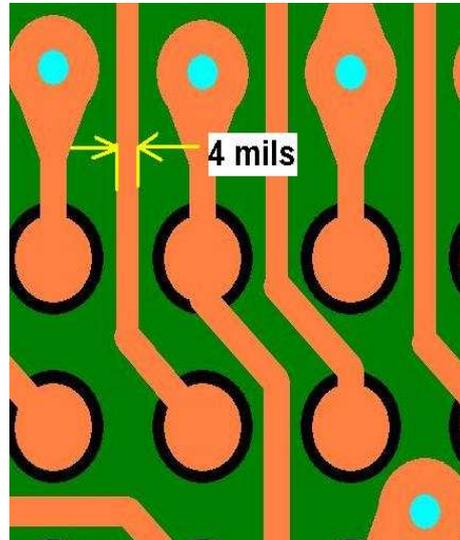
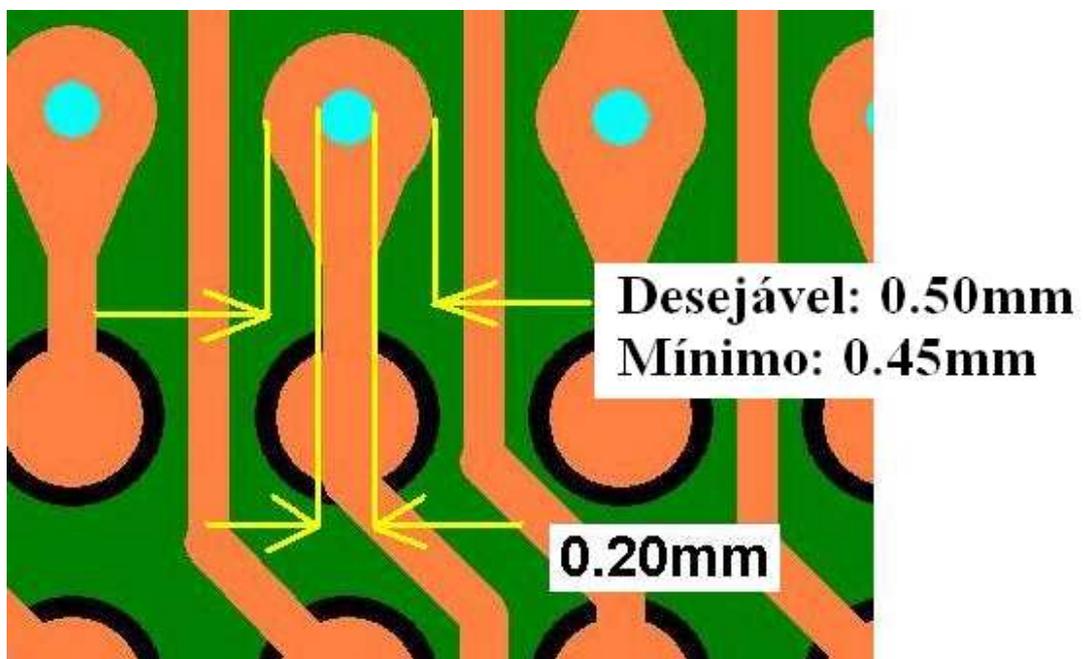


Figura 19 - Anel mínimo



2.11 POLÍGONOS

A forma como são desenhados os polígonos no software de *CAD* corresponde a uma característica importante do layout. É desejável (**não obrigatório**) que os Polígonos sejam aqueles totalmente preenchidos (figura 20) ao invés daqueles compostos por “grades”, uma vez que estes últimos podem trazer sérios transtornos para o processo produtivo devido às pequenas áreas que deverão ser corroidas (ver Figura 21).

Figura 20 – Polígono totalmente preenchido

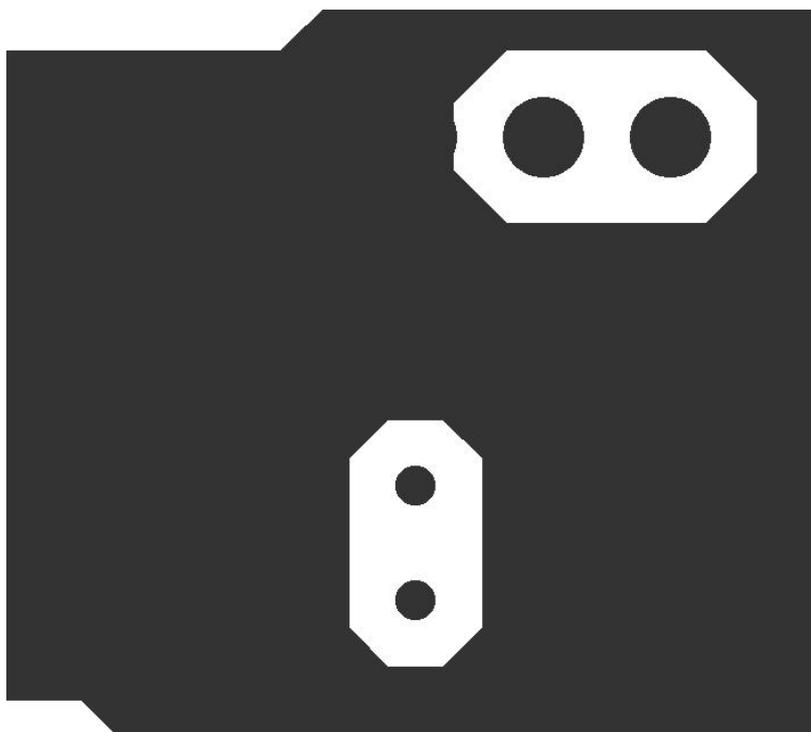
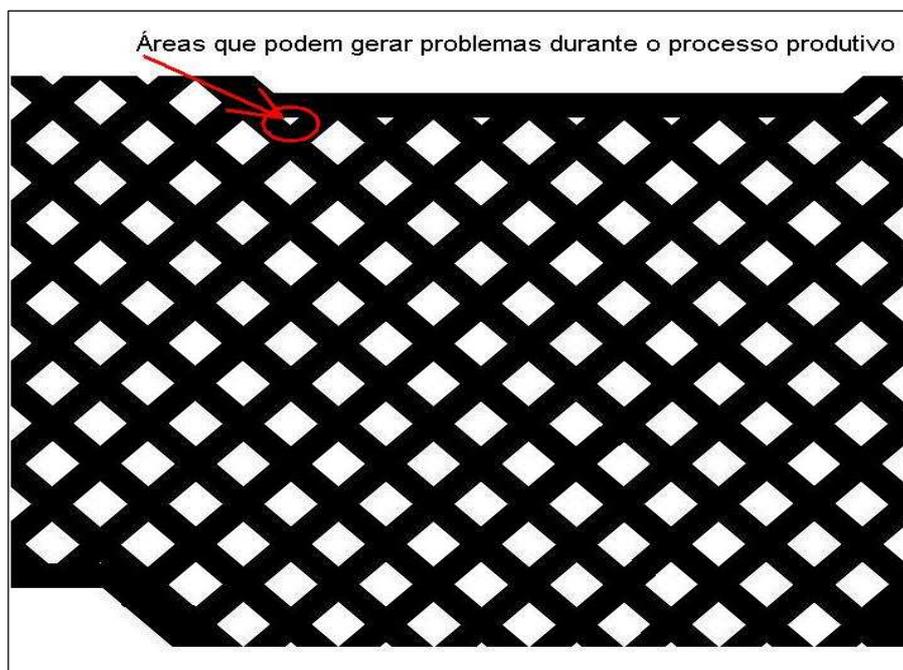


Figura 21 – Polígonos formados por grades

O espaçamento entre as linhas que formam os Polígonos também deve ser levado em conta, pois se o espaço for maior ou igual à largura da linha, existirão falhas na construção do polígono (Figura 22), que deverão ser retocadas durante o processo de preparação da documentação. A Figura 23 demonstra um Polígono corretamente preenchido, formado por linhas de 8 mils e espaçamento de 7 mils (espaçamento menor do que a largura das linhas).

Figura 22 – Espaçamento maior ou igual a largura das linhas = Polígono com falhas

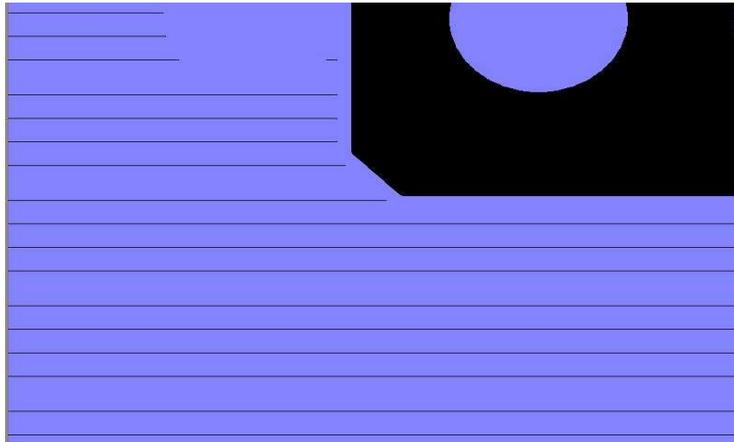
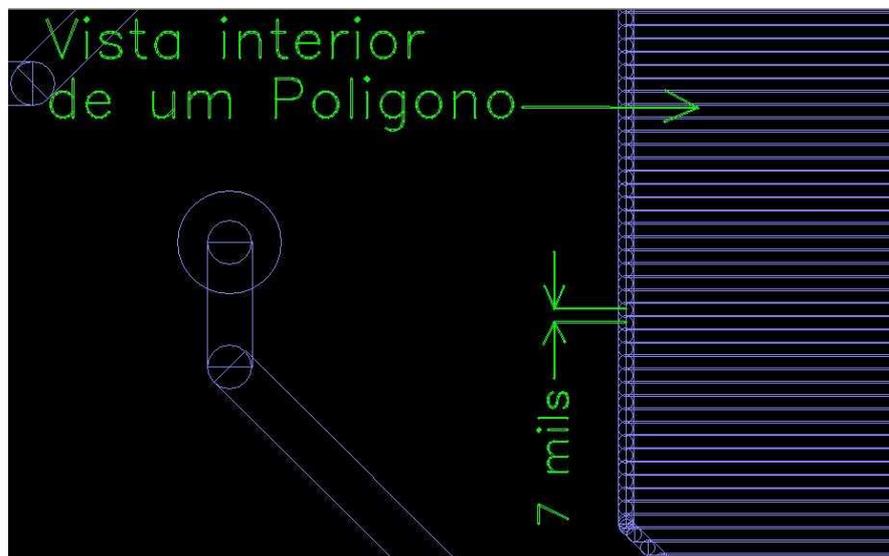
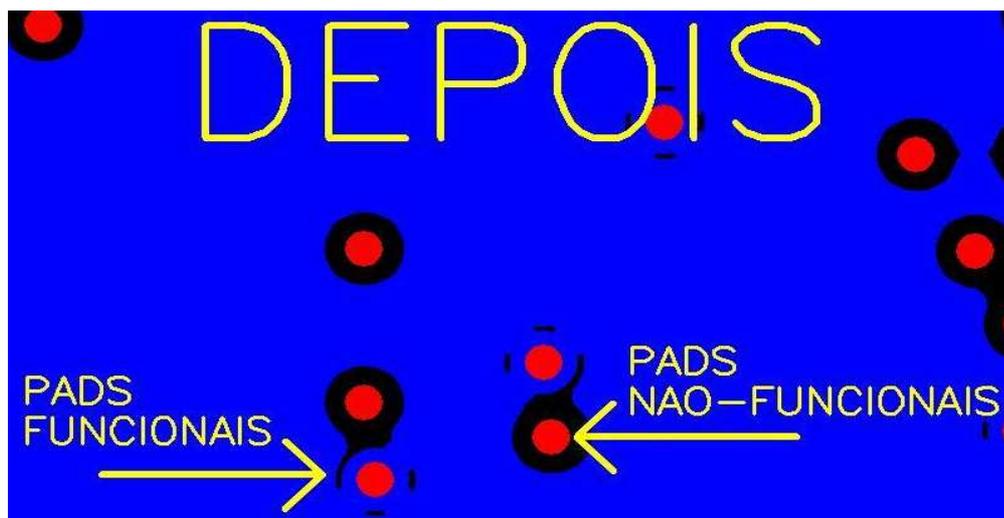
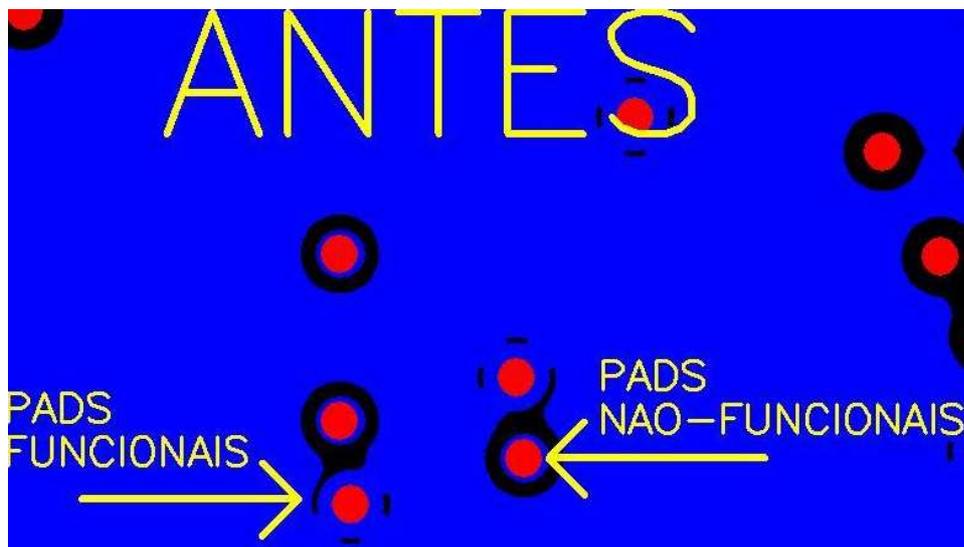


Figura 23 – Espaçamento menor do que a linha = Polígono perfeitamente preenchido.



2.12 PADS NÃO FUNCIONAIS

Pads não funcionais correspondem a pads que não possuem conexões em camadas internas. Estes não tem funcionalidade elétrica e podem criar isolações críticas nas camadas internas. É importante eliminar estes pontos das camadas internas durante a fase de lay-out, mas a Circuibras pode eliminá-los diretamente nos arquivos Gerber desde que tenha autorização para isto. As imagens abaixo indicam alguns pads não funcionais e como ficam os arquivos após a eliminação destes pads.



2.13 VENTING

Corresponde a uma técnica extremamente importante para o processo produtivo. Diz respeito à colocação, no circuito, de pads que ficarão cobertos pela máscara de solda e que não receberão nenhuma furação. A sua função é a de promover uma melhor distribuição de cobre no circuito para se evitar problemas durante a eletrodeposição do metal (processo de espessamento). O Venting padrão Circuibras corresponde a pads em forma de losango, cujos lados medem 50 mils. São colocados, via software, a uma distância mínima de 48 mils dos traçados condutores (pistas, ilhas, polígonos) e dos furos não metalizados. A figura 28 mostra uma placa que necessitaria da colocação de Venting. A figura 29 mostra esta mesma placa após a aplicação de Venting. Cabe aqui salientar que a utilização de Venting é feita somente mediante a aprovação do cliente.

Figura 28 - Placa sem Venting

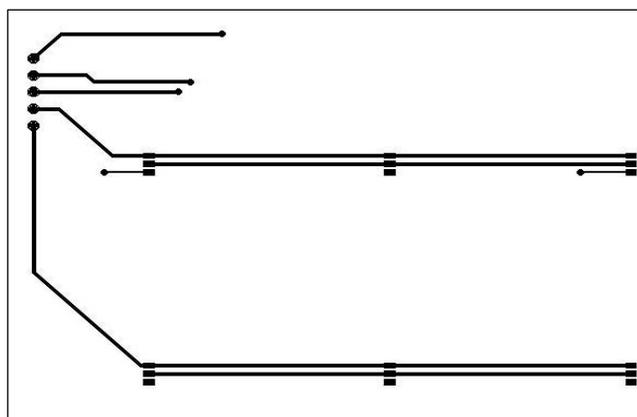
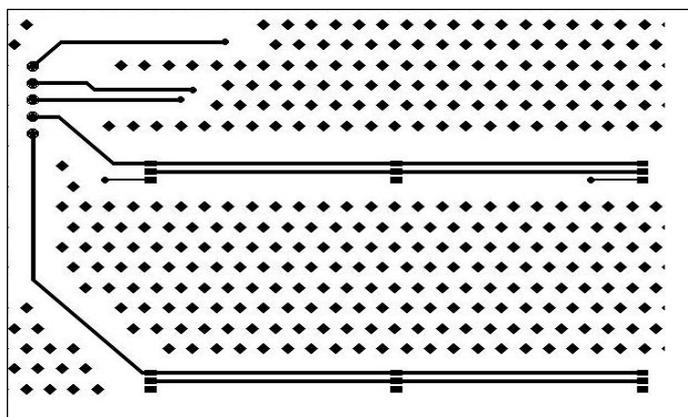


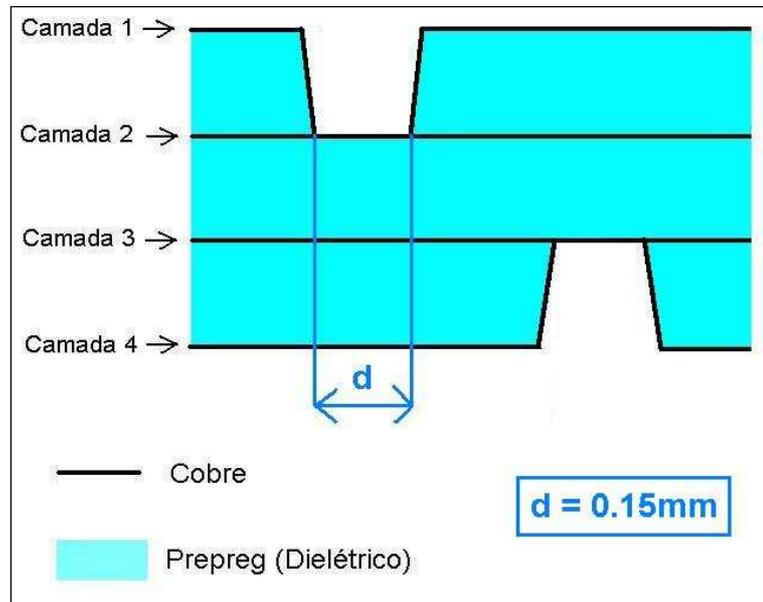
Figura 29 - Placa com Venting

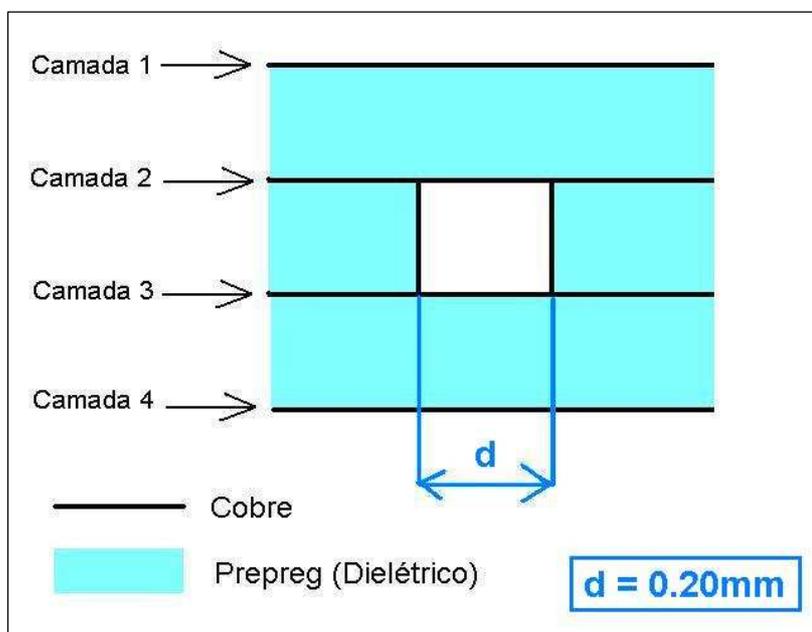


2.14 BLIND HOLE, BURIED HOLE

A Circuibras produz placas de tecnologia Blind Hole (furo cego) e Buried Hole (furo enterrado). Estas tecnologias são utilizadas em placas que possuem furos que não atravessam todas as camadas (ver figuras 30 e 31).

FIGURA 30 - BLIND HOLE



**FIGURA 31 - BURIED HOLE**

3 ARQUIVOS ELETRÔNICOS

O formato mais comum dos arquivos eletrônicos para a fabricação de circuitos impressos é o Gerber. O processo de conversão do formato CAD para o formato Gerber deve ser feito pela própria área de CAD, visando uma maior segurança para a geração da documentação.

Podemos citar dois motivos para se enviar os arquivos em formato Gerber para o fabricante de circuitos impressos:

- Maior segurança para a conversão, uma vez que a mesma máquina que "roteou" a placa irá gerar os arquivos Gerber. Desta forma eliminam-se os problemas que podem ser gerados pelas diferenças de configuração entre o Software de CAD que originou a placa e aquele que gerou os arquivos Gerber.

- Maior proteção ao projeto, uma vez que o arquivo PCB não é submetido à Internet (que não é um ambiente seguro), mas sim os arquivos Gerber, os quais trazem apenas as informações necessárias para o processo de fabricação das placas, ocultando os detalhes referentes ao "roteamento".

3.1 FORMATO GERBER

É desejável que os arquivos sejam fornecidos em formato Gerber *RS274 - X* por se tratar de um formato facilmente portátil para os diversos softwares de CAM, proporcionando segurança e agilidade para os processos da área de CAM. Porém as demais variações do formato Gerber são bem suportadas, mas em alguns casos é necessário o desenvolvimento de interpretadores para a lista de aberturas o que acaba retardando os processos de Orçamento e Manipulação Eletrônica.

Uma característica importante nos arquivos Gerber é que os mesmos sejam do tipo *Flashed Pads* e não do tipo *Drawn Pads*. As Figuras 24 e 25 ilustram a visão interior de um arquivo Gerber para demonstrar as diferenças existentes entre estes dois tipos.

Figura 24 – Vista interior do tipo Drawn Pads

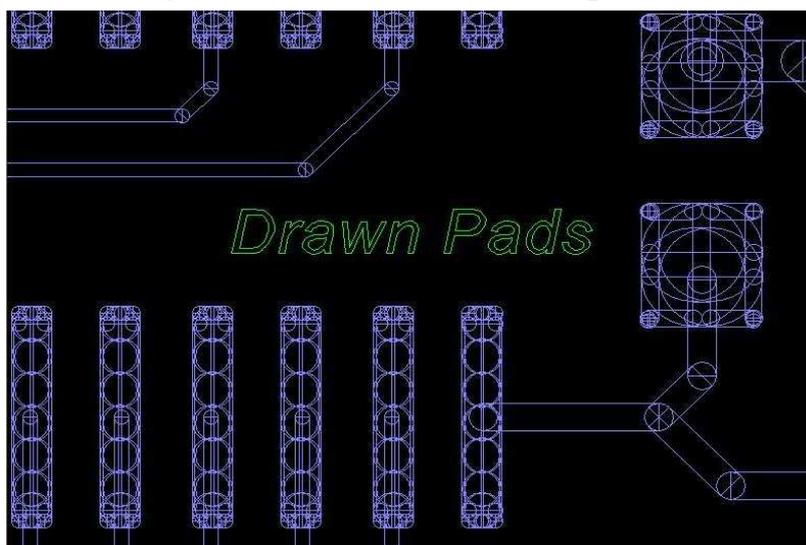
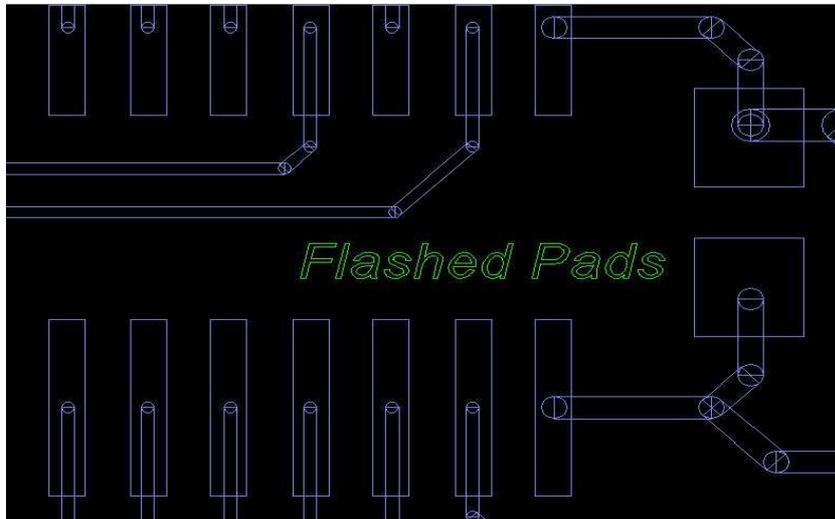


Figura 25 – Vista interior do tipo Flashed Pads



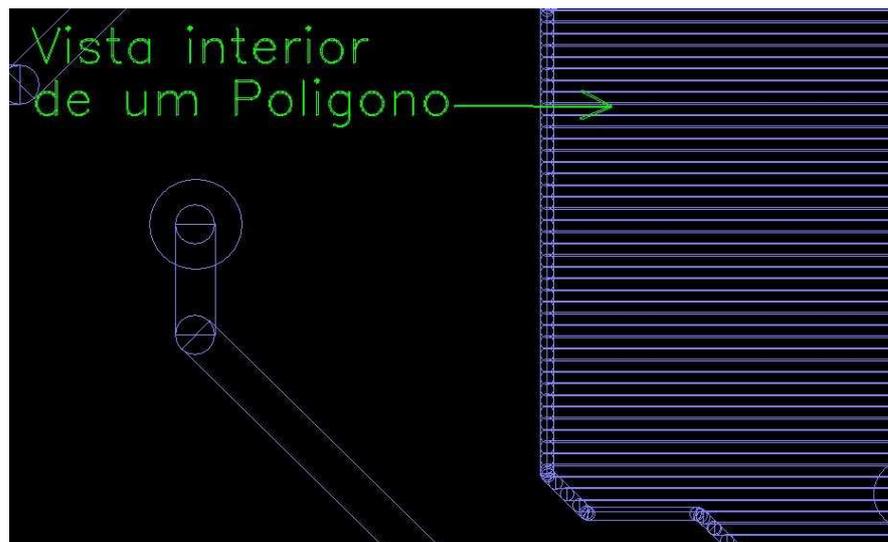
Algumas atividades da área de CAM necessitam de arquivos em Flashed Pads, para que haja uma correta interpretação das Nets. Além disto, este tipo de arquivo é mais “leve”, o que facilita a sua manipulação e seu intercâmbio via e-mail.

Outro aspecto a ser observado diz respeito à construção dos polígonos. A Figura 26 mostra um exemplo de um polígono que torna o arquivo Gerber muito “pesado”, pois é formado por várias linhas com aproximadamente 1 mil de largura e desenhadas em duas direções (eixo X e eixo Y). A Figura 27 ilustra a construção de um Polígono que é formado por linhas com 8 mils de largura e desenhadas apenas no eixo X, o que torna o arquivo bem mais “leve”. A observação deste detalhe facilita as atividades da preparação da documentação.

Figura 26 – Polígono “Pesado” (desenhado em 2 sentidos com linhas de 1 mil)



Figura 27 – Polígono otimizado (linhas com 8 mils desenhadas somente em uma direção)



3.2 NETLIST

É extremamente importante o envio da Netlist da placa para se garantir a integridade elétrica do projeto. Os formatos mais comuns seriam o IPC-D-356, IPC-D-356A, Tango ASCII ou Protel ASCII. Outros formatos de netlist podem ser estudados com a Circuibras através de engenharia reversa para garantir compatibilidade com o software de CAM. De posse destes arquivos a Circuibras pode realizar uma comparação entre a Netlist do CAD e a Netlist extraída a partir dos arquivos Gerber.

4 PAINEL PADRÃO CIRCUIBRAS

A Circuibras fabrica as suas placas em painéis com medidas padrão. Estes painéis foram desenvolvidos com o objetivo de otimizar o processo produtivo. A Tabela 1 descreve as medidas utilizadas para os painéis padrão de placas multicamadas, enquanto que a Tabela 2 está relacionada aos painéis padrão de placas dupla-face e face-simples. Tais medidas correspondem a área útil de cada painel.

Tabela 1 - Placas *Multicamadas*

	X	Y
PAINEL <u>A</u>	430.00mm	570.00mm
PAINEL <u>B</u>	460.00mm	570.00mm
PAINEL <u>C</u>	490.00mm	570.00mm
PAINEL <u>D</u>	250.00mm	325.00mm

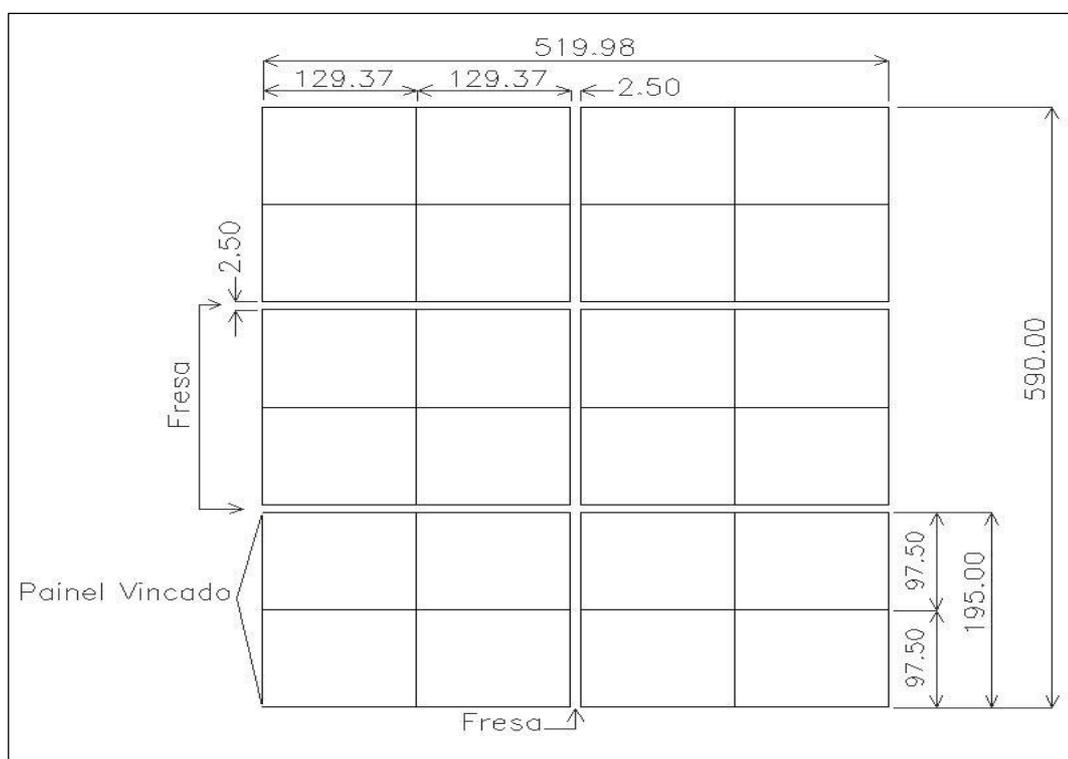
**Tabela 2 - Placas *Dupla-Face*
*Ou Face-Simples***

	X	Y
PAINEL <u>A</u>	460.00mm	590.00mm
PAINEL <u>B</u>	490.00mm	590.00mm
PAINEL <u>C</u>	520.00mm	590.00mm
PAINEL <u>D</u>	285.00mm	345.00mm

Os painéis A, B e C devem ser utilizados para fabricações em grande escala. O painel D, por sua vez, deve ser utilizado para a fabricação de protótipos. Do ponto de vista do custo de fabricação, é importante colocar o maior número possível de placas dentro dos painéis padrão. Além disto, a utilização de painéis vincados favorece a redução do custo, pois o acabamento vincado é mais rápido do que o fresado. Para a fabricação em painéis vincados é necessário observar o item 2.7 (Distâncias entre pistas e borda da placa).

A Figura 32 traz um exemplo com bom aproveitamento produtivo no Painel Padrão **C**. A placa hipotética seria uma dupla-face e foi projetada com dimensional de 97.50 X 129.37mm, sendo entregue em painel vincado de 195.00 X 258.74mm com 4 placas. É necessário deixar um espaçamento de no mínimo 2.50mm para as áreas que serão fresadas na máquina de CNC.

Figura 32 – Painel Padrão C com bom aproveitamento



5 BOAS PRÁTICAS PARA AGILIZAR O PROCESSO DE ANÁLISE CRÍTICA NA ÁREA DE CAM

Este item tem por objetivo citar um conjunto de recomendações para agilizar o processo de Análise Crítica da Circuibras.

5.1 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Os itens citados abaixo estão relacionados aos arquivos que formam a Especificação Técnica do projeto.

5.1.1 Assegurar que os arquivos a serem enviados para o fabricante não estejam corrompidos.

5.1.2 Assegurar que todos os arquivos Gerber necessários e o arquivo de furação estão sendo enviados.

5.1.3. Enviar a Netlist da placa. Isto é extremamente importante para se garantir a integridade elétrica do projeto. Os formatos mais comuns seriam o IPC-D-356, IPC-D-356A, Tango ASCII ou Protel ASCII. Outros formatos de netlist podem ser estudados com a Circuibras através de engenharia reversa para garantir compatibilidade com o software de CAM.

5.1.4 Enviar um arquivo de Desenho mecânico, contendo os dimensionais e as tolerâncias mecânicas. É desejável que este desenho contemple ao menos um furo cotado à borda.

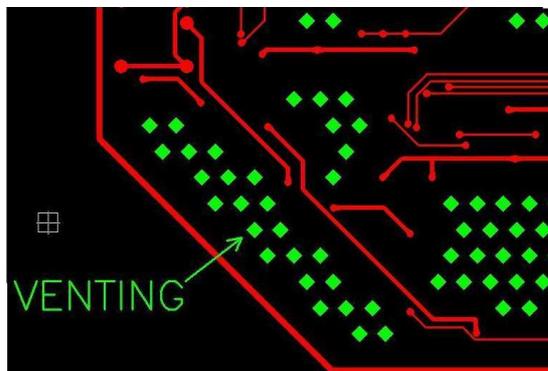
5.1.5 Enviar um arquivo de Diagrama de furação, contendo os diâmetros finais de cada furo e as respectivas tolerâncias. Todos os furos devem ser claramente classificados como sendo metalizados ou não metalizados.

5.1.6 Assegurar que não existam divergências entre os as dimensões extraídas do gerber e aquelas descritas no Desenho mecânico.

5.1.7 Assegurar que não existam divergências entre o Diagrama de furação e o(s) arquivo(s) de furação.

5.1.8 Enviar um arquivo de Especificações Técnicas que contemple os seguintes itens:

- a) Tipo do material e espessura final da placa;
- b) Espessura do cobre;
- c) Espessura dos dielétricos e constante dielétrica (em placas multi-camadas) ou deixar claro que estes parâmetros podem ser definidos pela Circuibras;
- d) Indicar claramente qual deve ser a seqüência física dos arquivos em placas multi-camadas;
- e) Cor da máscara de solda;
- f) Cor da serigrafia;
- g) Tipo do acabamento superficial;
- h) Indicar se é possível realizar a compensação de cobre na placa, técnica conhecida como Venting. Abaixo uma imagem para ilustrar esta técnica;



i) Indicar se é possível realizar a técnica conhecida como Teardrop, que visa melhorar o anel mínimo na área de junção entre os pads e as pistas. Abaixo uma imagem para ilustrar esta técnica;



j) Indicar se é possível realizar a redução no diâmetro final dos furos de passagem (vias), visando melhorar o anel mínimo na área de junção entre os pads e as pistas;

k) Especificar um local aonde possa ser inserido o logotipo da Circuibras. É importante, também, informar se o logotipo deve ser inserido em cobre ou em serigrafia. Caso não exista um local específico, informar que a Circuibras está autorizada a inserir o logotipo em qualquer região. Neste caso o local será escolhido de forma a não prejudicar nem o cobre e nem a serigrafia da placa.

l) Para o acabamento mecânico, se faz necessário a inclusão de três furos não metalizados de 1.90mm nas placas para que as mesmas possam ser fixadas no equipamento de CNC. É importante inserir estes furos no projeto ou especificar um local aonde tais furos possam ser inseridos. Caso não exista um local específico, informar que a Circuibras está autorizada a inseri-los em qualquer região. Neste caso os locais serão escolhidos de forma a não prejudicar nem a serigrafia e nem a integridade elétrica das placas.

5.2 PARTICULARIDADES DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

As recomendações citadas abaixo estão relacionadas com algumas particularidades do processo de fabricação.

5.2.1 Tolerância de furação para furos maiores do que 6.50mm

O diâmetro da maior broca disponível é 6.50mm. Assim sendo, furos não metalizados maiores do que 6.50mm ou furos metalizados maiores do que 6.40mm serão feitos com corte fresado. A consequência disto é que a tolerância de furação para este processo é de +/- 0.20mm. Casos que não se enquadrem neste quesito podem ser discutidos previamente com o departamento de Engenharia da Circuibras.

5.2.2 Para placas com máscara de solda preta será necessário inserir um círculo com 323 mils de diâmetro (8.2mm) na serigrafia da placa. Este círculo marcará a posição para o carimbo de teste elétrico. Isto se faz necessário porque o carimbo de teste elétrico também é na cor preta.

5.2.3 Para fins de Auditoria e Controle de Qualidade é importante que placas multi-camadas possuam um display para demonstrar a seqüência de camadas. Caso isto não esteja contemplado no projeto é importante que a Circuibras seja autorizada a inserir este display. Abaixo uma ilustração.



5.2.4 Para fins de rastreabilidade é importante que o código de identificação esteja presente na placa em algum layer (Top, Bottom ou Simbologia dos Componentes).

5.2.5 Não é permitida a aplicação de Solder-Out em placas com acabamento superficial em OSP.