

# **Guia de Ultrassom para Controle de Qualidade**

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto  
Departamento de Física

*Senra Filho, A. C. S.<sup>1</sup>, Oliveira Carneiro, A. A.<sup>1</sup>, Albino, L. D.<sup>2</sup>*

# Sumário

<b>1</b>	<b>Porque fazer o controle de qualidade?</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Agendamento de testes</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Fazendo os testes de linha de base</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Testes de controle de qualidade</b>	<b>5</b>
4.1	Inspeção física e mecânica: . . . . .	5
4.2	Configuração do monitor e fidelidade . . . . .	5
4.3	Uniformidade da imagem . . . . .	6
4.4	Zona morta . . . . .	7
4.5	Alvos no plano vertical . . . . .	8
4.5.1	Profundidade de penetração . . . . .	8
4.5.2	Perfil do feixe /Largura da resposta lateral/ Zona focal . . . . .	9
4.5.3	Exatidão das medidas de distância vertical . . . . .	10
4.6	Exatidão das medidas de distância Horizontal . . . . .	11
4.7	Resolução axial . . . . .	12
4.8	Resolução lateral . . . . .	13
4.9	Massas Anecoicas . . . . .	14
4.10	Massas de alto contraste (Hiper-ecoicas) . . . . .	15

# 1 Porque fazer o controle de qualidade?

Duas razões:

- A utilização periódica do ultrassom faz com que aconteçam degradações na qualidade da imagem antes de afetar o exame diagnóstico do paciente.
- Quando se suspeita de um mau funcionamento em um determinado equipamento, podem ser feitos testes de controle de qualidade para determinar a fonte do problema.

## 2 Agendamento de testes

Deve ser feito um teste rápido (fidelidade do monitor, uniformidade da imagem, profundidade de visualização, precisão na distância vertical e horizontal, inspeção física e mecânica) a cada três meses para equipamentos portáteis ou presentes em salas de emergência, e a cada seis meses para os demais.

## 3 Fazendo os testes de linha de base

A linha de base representa o desempenho máximo do instrumento para um indicador de qualidade de imagem particular. Mudanças sutis podem ser percebidas comparando o valor em questão com os valores da linha de base. Essa linha de base deve ser determinada de preferência imediatamente após a instalação do equipamento, ou o quanto antes (de forma que se os valores do teste em questão forem menores que os valores da linha de base, o sistema deve ser reparado).

As configurações de controle (faixa dinâmica, mapa dos níveis de cinza, seleção da parte do corpo, potência, ganho, TGC) devem ser ajustadas, utilizando um phantom que simula o parênquima do fígado, de maneira que fique o mais próximo possível de uma imagem clínica, bem como o contraste e o brilho deve ser ajustado para ficar o mais próximo das condições de luminosidade de uma sala clínica. Depois de feito os ajustes, as configurações de controle devem ser armazenadas em uma ficha de dados (*data sheet*), e devem ser usadas toda vez que o teste de controle de qualidade for feito.

Para determinar as linhas de base para cada indicador de qualidade de imagem:

- a) Examine o phantom usando as configurações de controle listadas no data sheet. Ajuste a profundidade e a zona focal conforme necessário e armazene essas configurações no data sheet para testes futuros

b) Realizar o teste exatamente como descrito na sessão de teste e armazenar esses valores no data sheet. Esses valores serão os valores da linha de base

O nível de ação indica o valor que uma ação corretiva deve ser tomada. Seu valor corresponde a 75% do valor do nível aceitável (ver Fig 1). Por exemplo, se o erro máximo aceitável de uma medida for  $\pm 2\%$ , o valor aceitável será  $0,75 \times 2\% = \pm 1,5\%$ .

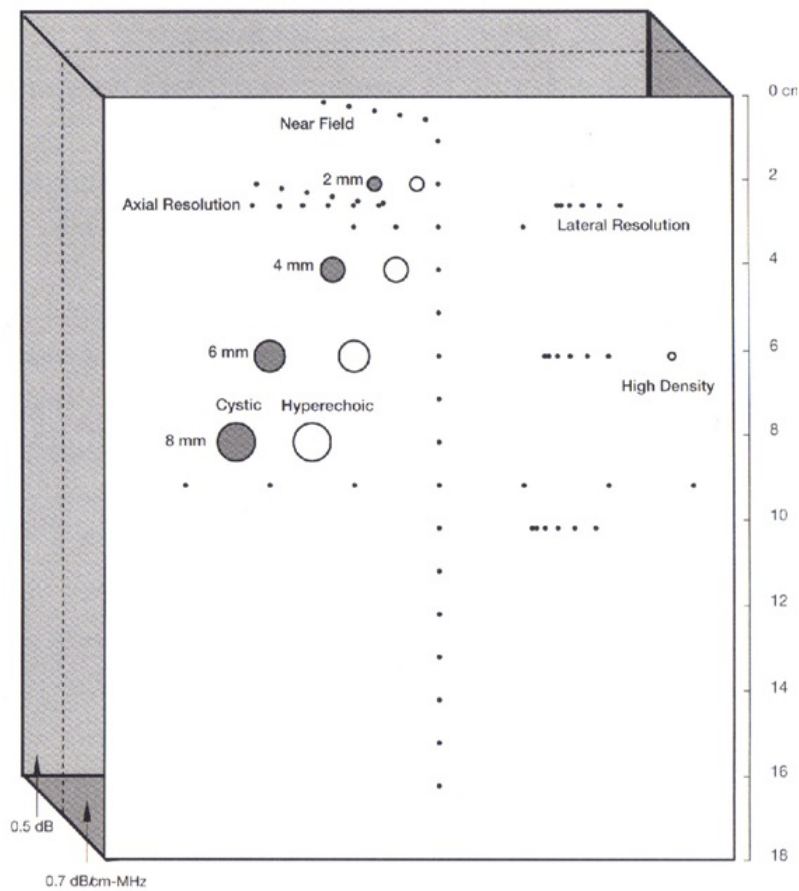


Figura 1: Ilustração do phantom de ultrassom quando posicionado o transdutor de modo perpendicular aos alvos. Este modelo de aparelho simulador é fornecido pela empresa CIRS [1]

## 4 Testes de controle de qualidade

### 4.1 Inspeção física e mecânica:

**Transdutores:** Verifique os cabos, encaixes e as superfícies de transmissão por rachaduras, separações e descolorações. Inserir o plug e fechar a sua chave de segurança deve ser uma operação fácil. "Dentes" soltos ou dobrados justificam o reparo do transdutor. Verifique se existem bolhas de ar na cabeça do transdutor, se a mesma move suavemente sem ruído ou vibração excessivos e se os cantos do material da face estão íntegros.

**Cabo de força:** Verifique rachaduras, descolorações e danos no cabo e no plug.

**Controles:** Verifique se existem botões sujos ou quebrados, e luzes queimadas.

**Monitor:** O monitor deve estar limpo e livre de arranhões. Controles de brilho e contraste devem funcionar suavemente e devem ser ajustados para níveis apropriados.

**Botões que giram:** Verifique se todos os botões giram livremente e são fáceis de manusear. Verifique se esses botões estão firmemente presos e verifique se esses botões permanecem com segurança na posição deixada.

**Filtros de poeira:** Inspeccione os filtros de poeira. Eles devem estar limpos e livres de sujeira. Filtros sujos causam superaquecimento que diminui a vida útil dos componentes eletrônicos. Os filtros devem ser limpos regularmente pelo responsável do equipamento.

### 4.2 Configuração do monitor e fidelidade

*Configurações iniciais para determinar a linha de base:*

- a) Exiba o padrão de teste de escala de cinza
- b) Diminua os botões de brilho e contraste até sua posição mais baixa (até ficar o mais escuro possível). Em seguida, aumente o brilho até a imagem ficar pouco visível e aumente o contraste até o texto começar a distorcer (o texto começará gradualmente a borrar para uma direção, geralmente para direita). Ao chegar nesse ponto, diminua o contraste até o texto não ficar mais distorcido, de forma que feito isso o monitor estará otimizado para o padrão.

- c) Gere uma imagem clínica para verificar se a mesma está adequada em relação as configurações do item anterior, caso contrário repita o mesmo.
- d) Exiba novamente a escala de cinza, e anote quantas "faixas" dessa escala você consegue distinguir. Essa será o valor de linha de base.

*Procedimento para teste de controle de qualidade:*

- a) Verifique se os botões de brilho e contraste estão nas posições definidas pela posição da linha de base
- b) Exiba o padrão de teste de escala de cinza
- c) Anote a primeira e a última "faixas" visível, bem como o número total de "faixas" de cinza visível
- d) Examine o texto na tela e verifique se ele está borrado

### **4.3 Uniformidade da imagem**

Uniformidade é definida como a habilidade de uma máquina fornecer ecos da mesma magnitude e profundidade com mesmo brilho no monitor. Este é um bom teste para assegurar que todos os cristais do transdutor estão funcionando corretamente.

**Procedimento teste para uniformidade:**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)
2. Posicione o transdutor em uma região que contenha o mínimo de alvos.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subsequentes.
4. Alinhe o transdutor para que os alvos sejam maximizados
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Observe e tenha uma noção da aparência do phantom. Note que todas as regiões com mesma profundidade estão dispostas com a mesma intensidade transversalmente na imagem.
7. Registre suas observações



Figura 2: Exemplos de ranhuras. As listras horizontais são geralmente causadas por problemas de circuito e foco, enquanto que as listras verticais indicam danificações no transdutor.

#### 4.4 Zona morta

A resolução do campo próximo é fornecida por alvos na frente do transdutor que variam em profundidade. A região onde a informação dos alvos não é obtida, ou seja, o eco não é captado chamamos de zona morta. A zona morta ocorre por que o sistema de ultrassom não pode enviar e receber dados simultaneamente. Isto é instrumento dependente e é diminuído com a frequência é aumentada. Uma mudança na zona morta é uma indicativa de um problema com o transdutor, o sistema pulsante ou ambos.

Os alvos próximos ao transdutor estão dispostos em mono filamentos de nylon com 0,1mm de diâmetro e espaçados de 6mm cada um, e a distância vertical entre eles é 1mm, sendo 1,2,3,4 e 5 mm como mostrado na fig 3

##### **Procedimento teste para Zona Morta:**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)

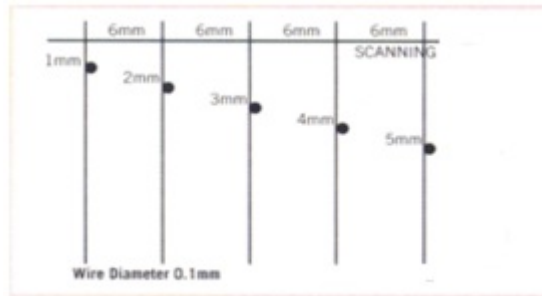


Figura 3: Região para teste de zona morta encontrado na parte superior do aparelho simulador.[1]

2. Posicione o transdutor acima dos alvos que determinam a zona morta, de modo que, cordões de nylon fiquem perpendiculares ao transdutor.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) e maximize a resolução para campo próximo. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subseqüentes.
4. Congele a imagem de modo que os alvos fiquem claramente dispostos
5. Conte o número de pontos você consegue observar. Indique em qual região limite pode-se definir a resolução axial, ou seja, qual a região onde não há possibilidade de se distinguir dois pontos.
6. Registre suas observações e compare com a linha base medida

## 4.5 Alvos no plano vertical

Para a realização destes testes é importante não pressionar a superfície do phantom pois assim estaríamos verificando uma distância incorreta.

Os alvos no plano vertical são usados para muitas medidas diferentes. Este grupo permite avaliar a profundidade de penetração, perfil do feixe (beam profile), largura da resposta lateral, distância vertical de calibração e a zona focal de um sistema de imagem.

São 15 mono filamentos de nylon com 0.1mm de diâmetro com uma distância vertical entre eles de 1 cm vão de uma profundidade de 1 cm até 16 cm.

### 4.5.1 Profundidade de penetração

A profundidade de penetração, também chamada de máxima profundidade de visualização ou sensível, isto é, a profundidade máxima que podemos detectar os



alvos verticalmente expostos. A profundidade de penetração é determinada pela frequência do transdutor.

**Procedimento para teste da profundidade de penetração:**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)
2. Posicione o transdutor acima dos alvos que determina a profundidade de penetração de modo que ele esteja perpendicular aos alvos.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subsequentes.
4. Alinhe o transdutor para que todos alvos fiquem dispostos com o máximo de intensidade cada nível.
5. Enquanto estiver escaneando, verifique se o espalhamento faz com que o padrão da imagem do objeto desaparece. Tome cuidado para não confundir o ruído eletrônico com o padrão espalhado.
6. Congele a imagem e obtenha uma cópia
7. Com as medidas eletrônicas do próprio aparelho, tire as medidas entre as estruturas que foram identificadas o eco.
8. Anote as distâncias e compare com as medidas de base do phantom.

**4.5.2 Perfil do feixe /Largura da resposta lateral/ Zona focal**

O perfil do feixe ultrassônico é dado da seguinte forma

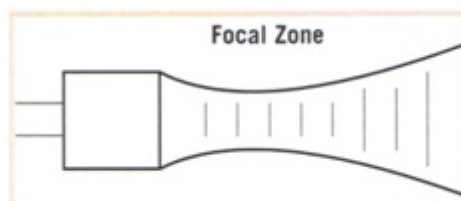


Figura 4: Ilustração da zona de focalização do campo de irradiação sonora provocada pelo transdutor.

A região em que o feixe fica estreito é a região do ponto focal, as melhores imagens são obtidas quando estão na zona focal. Os alvos no plano vertical

podem ser utilizados para verificar o perfil do feixe e conseqüentemente a zona de foco do sistema.

**Procedimento teste para: perfil do feixe (beam profile), largura da resposta lateral e zona focal:**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)
2. Posicione o transdutor acima dos alvos que determina a profundidade de penetração de modo que ele esteja perpendicular aos alvos (os fios devem aparecer como pontos e não linhas)
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subseqüentes.
4. Alinhe o transdutor para que todos alvos fiquem dispostos com o máximo de intensidade cada nível.
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Alguns alvos aparecerão como pequenas linhas e outros melhores como pontos.
7. Meça o comprimento de cada alvo. O mínimo comprimento indicará o ponto focal.
8. Observando como ficam as imagens de cada ponto verticalmente, podemos facilmente perceber como é o perfil do feixe e a região focal.
9. Repetimos o procedimento acima para diferentes zonas focais.
10. Anote os pontos focais e salve uma cópia

#### **4.5.3 Exatidão das medidas de distância vertical**

A distância vertical é definida como a distância ao longo do eixo axial do feixe . Distâncias são utilizadas para medidas de áreas, volumes , profundidades e distâncias entre objetos.

**Procedimento teste para Distância vertical:**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)

2. Posicione o transdutor acima dos alvos que determina a profundidade de penetração de modo que ele esteja perpendicular aos alvos (os fios devem aparecer como pontos e não linhas). Não aplique muita pressão na superfície do phantom pois pode interferir na análise das medidas.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subsequentes.
4. Alinhe o transdutor para que todos alvos fiquem dispostos com o máximo de intensidade cada nível.
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Utilizando os medidores eletrônicos, meça a distância entre vários fios (pontos) em diferentes profundidades.
7. Anote as distâncias medidas.
8. Compare os valores medidos com os valores tomados como base do phantom.

#### **4.6 Exatidão das medidas de distância Horizontal**

Este grupo de alvos são utilizados para determinar a exatidão das medidas realizadas na direção perpendicular ao eixo do feixe axial este é o mesmo critério para medidas de distâncias vertical. No phantom temos dois planos horizontais de alvos. Um grupo a 3cm de profundidade que contem 4 fios com espaçamento de 10mm e 20mm, outro a 9 cm de profundidade com um espaçamento entre eles de 20mm contendo 7 fios.

##### **Procedimento teste para Distância Horizontal**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)
2. Posicione o transdutor acima dos alvos que determina a distância horizontal de modo que ele esteja perpendicular aos alvos (os fios devem aparecer como pontos e não linhas).
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subsequentes.

4. Alinhe o transdutor para que todos alvos fiquem dispostos com o máximo de intensidade cada nível.
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Utilizando os medidores eletrônicos, meça a distância entre vários fios (pontos) no plano horizontal.
7. Anote as distâncias medidas.
8. Compare os valores medidos com os valores tomados como base do phantom.

#### 4.7 Resolução axial

Resolução axial é definida como a habilidade do ultrassom distinguir objetos que estão muito próximos ao longo do eixo transversal. A resolução axial é proporcional ao comprimento do pulso de ondas ultrassônicas.

A resolução axial consiste em 12 alvos de mono filamentos de nylon com 0,1mm de diâmetro. A figura abaixo melhor ilustra como estes estão dispostos.

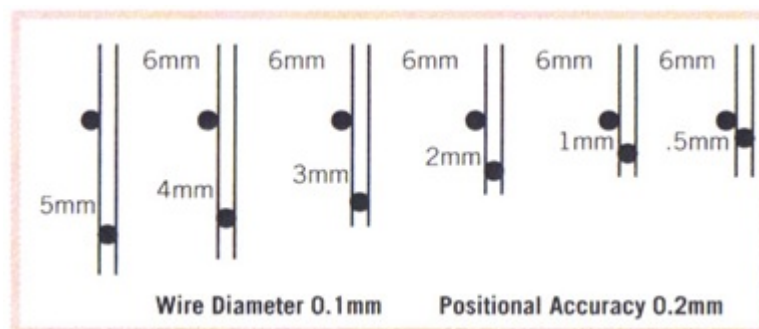


Figura 5: Região onde são tomados os dados de resolução axial. [1]

A resolução axial consiste em alvos de seis pares de cordões de nylon paralelos com 0,1mm de diâmetro e espaçados de 6mm cada par, por. A distância de cada par vai ai diminuindo sendo 5,4,3,2,1 e 0,5mm para a região central. A figura abaixo melhor ilustra como estes estão dispostos.

##### **Procedimento teste para Resolução Axial.**

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)

2. Posicione o transdutor acima e perpendicularmente aos alvos responsáveis a resolução axial.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subsequentes.
4. Alinhe o transdutor para que os alvos sejam maximizados .
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Examine a imagem para determinar o ultimo par de pontos dos cordões de nylon que são observados separadamente. Se o ultimo par de cordões determinados estão separados por uma distância de 1mm, isso significa que a resolução lateral está entre 0,5 e 1,0mm

#### 4.8 Resolução lateral

A resolução lateral é similar a resolução axial exceto que este está interessado em distinguir objetos que estão muito próximos ao longo do eixo longitudinal. A resolução lateral melhora se a largura de banda for estreita. Por esta razão na região da zona focal a resolução lateral será melhor.

Para resolução lateral temos três conjuntos de 6 cordões de nylon paralelos horizontalmente com distâncias entre eles de 1,2,3,4 e 5 mm. Um conjunto está em uma profundidade de 2.5cm o outro em 6cm e por fim um conjunto em 10 cm. A figura abaixo melhor ilustra como estes estão dispostos.

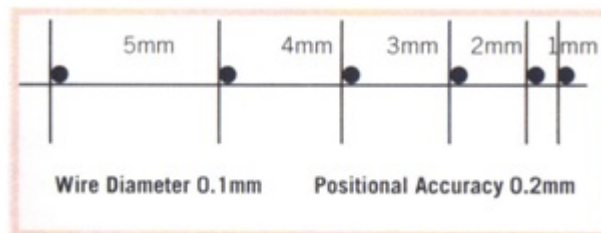


Figura 6: Região onde são tomados os dados de resolução lateral. [1]

##### Procedimento teste para Resolução Lateral:

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)

2. Posicione o transdutor acima e perpendicularmente aos alvos responsáveis a resolução lateral.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) como uma técnica habitual. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subseqüentes.
4. Alinhe o transdutor para que os alvos sejam maximizados .
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Examine a imagem para determinar o ultimo par de pontos dos cordões de nylon que são observados separadamente.
7. Anote esta distância pois esta é a resolução lateral.

#### **4.9 Massas Anecoicas**

Máquina tem uma tendência em representar baixo contraste em estruturas menores que eles atualmente são e com suavizações irregulares das bordas irregulares, se refere como uma tapa buracos. Isto é minimiza os efeitos de irregularidades.

No modelo 040 temos diversos cilindros que variam em diâmetro (de 8mm a 2mm) e em profundidade (2cm a 8cm). Este teste verifica a habilidade da máquina em detectar estruturas císticas em diferentes profundidades e tamanhos, como também verificar se um alvo não está influenciando o que vem em uma profundidade maior, pois as distâncias na longitudinal entre ele é curta.

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)
2. Posicione o transdutor acima dos alvos císticos, de modo que os cilindros fiquem perpendiculares ao transdutor.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) e maximize a resolução para campo próximo. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subseqüentes.
4. Alinhe o transdutor de modo que o alvo é maximizado.
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Observe de uma maneira geral a forma de cada estrutura cística. Note se há deformações na estrutura como buracos e verifique se você é capaz de observar todas.

7. Registre suas observações com a altura, largura e a área dos alvos selecionados. Cuidado com a unidade de medida para a anotação dos dados.

#### **4.10 Massas de alto contraste (Hiper-ecoicas)**

No modelo 040 temos diversos cilindros que variam em diâmetro (de 8mm a 2mm) e em profundidade (2cm a 8cm). Este teste verifica a habilidade da máquina em detectar tumores sólidos em diferentes profundidades e tamanhos, como também verificar se um alvo não está influenciando o que vem em uma profundidade maior, pois as distâncias na longitudinal entre ele é curta. Por causa da alta atenuação destas massas você pode notar uma sombra atrás de cada alvo

1. Aplique o acoplamento de gel na superfície do transdutor ou coloque uma quantidade de água suficiente para que haja o acoplamento do transdutor com o phantom (utilizando um suporte que vai acima do phantom)
2. Posicione o transdutor acima dos alvos císticos, de modo que os cilindros fiquem perpendiculares ao transdutor.
3. Ajuste as configurações (ganho, TGC, saída, etc.) e maximize a resolução para campo próximo. Registre essa configuração para que seja utilizada em testes subsequentes.
4. Alinhe o transdutor de modo que o alvo é maximizado.
5. Congele a imagem e obtenha uma cópia
6. Observe de uma maneira geral a forma de cada estrutura tumoral. Note se você é capaz de observar cada massa
7. Uma análise mais detalhada se dá verificando a medida de comprimento e largura de cada massa.
8. Registre suas observações e compare com a linha base medida.

## **Referências**

- [1] General Purpose Multi-Tissue Ultrasound Phantom, CIRS: Universal Medical Inc.