

*PHANTOMS À BASE DE PVCP PARA SIMULAR IMAGENS  
ULTRASSONOGRÁFICAS DE LESÕES DE MAMA*

Andréa Farias de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadores: Wagner Coelho de Albuquerque  
Pereira  
Marco Antônio von Krüger

Rio de Janeiro  
Outubro de 2017

*PHANTOMS À BASE DE PVCP PARA SIMULAR IMAGENS  
ULTRASSONOGRÁFICAS DE LESÕES DE MAMA*

Andréa Farias de Souza

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

Examinada por:

---

Prof. Wagner Coelho de Albuquerque Pereira, D. Sc.

---

Prof. Roberto Macoto Ichinose, D. Sc.

---

Dra. Rejane Medeiros Costa, D. Sc.

---

Prof. André Victor Alvarenga, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

OUTUBRO DE 2017

De Souza, Andréa Farias

*Phantoms* à base de PVCP para simular imagens ultrassonográficas de lesões de mama / Andréa Farias de Souza. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

XV, 58 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Wagner Coelho de Albuquerque Pereira  
Marco Antônio von Krüger

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Biomédica, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 41-43.

1. *Phantoms*. 2. Lesões de mama. 3. Imagens ultrassonográficas. I. De Souza, Andréa Farias. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Biomédica. III. Título.

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família que me concedeu todo o suporte necessário para a minha formação e permitiu que eu chegasse até aqui.

## **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a Deus por estar aqui e me mostrar a cada dia que eu posso sempre mais do que eu imaginava. Por todos os momentos que tive vontade de desistir e o Senhor me deu forças para continuar. Sou eternamente grata pelo Seu amor.

Agradeço ao meu pai Acyr pelo suporte dado para que eu me dedicasse aos estudos e ao exemplo de homem trabalhador que sempre fez tudo pela nossa família mesmo tendo enfrentado muitas dificuldades pelo caminho. À minha mãe Sulimar pelo amor incondicional e dedicação, exemplo de mãe e esposa que sempre cuidou muito bem da nossa família. Aos meus irmãos Thais e Raphael pelo amor de vocês e por ter trazido ao mundo meus dois sobrinhos Bento e Alice que eu amo tanto.

Agradeço aos meus orientadores Wagner Coelho de Albuquerque Pereira e Marco Antônio von Krüger por todo conhecimento transferido, pela paciência e suporte dado durante todo o projeto. À Dra. Maria Julia por me receber em seu consultório e me ajudar no estudo. Aos todos do LUS por me acolherem, pela convivência harmoniosa e por me ajudarem sempre que foi preciso. Dentre eles, agradeço o Lucas por todo apoio dado, pela força e por me acompanhar durante o estudo. Também à Flávia por sempre me ajudar e pelas ideias ao desenrolar do projeto.

Agradeço às minhas amigas de turma, vulgo “Pinetes”, pelo alto astral e por fazerem a convivência no PEB mais agradável com a presença de vocês. Ao meu amigo Matheus por me estimular a nunca desistir e continuar seguindo firme nos estudos, você sempre foi exemplo para mim nesse quesito. À minha prima Amanda pelos conselhos e por ser minha amiga, companheira e quase “mãe”.

Agradeço à equipe de professores e funcionários que fazem o Programa de Engenharia Biomédica ser referência no Rio de Janeiro. Aos órgãos de fomento CAPES, CNPq e FAPERJ pelo apoio financeiro que permitiram a realização desta pesquisa.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

*PHANTOMS À BASE DE PVCP PARA SIMULAR IMAGENS  
ULTRASSONOGRÁFICAS DE LESÕES DE MAMA*

Andréa Farias de Souza

Outubro/2017

Orientadores: Wagner Coelho de Albuquerque Pereira  
Marco Antônio von Krüger

Programa: Engenharia Biomédica

O câncer de mama é o 2º tipo de câncer mais comum entre as mulheres no mundo, sendo importante o diagnóstico precoce e o encaminhamento ágil para o atendimento especializado dos casos. O objetivo desse estudo foi confeccionar *phantoms* com características qualitativas (ecogenicidade, contorno, reforço posterior e sombreamento acústico) semelhantes a lesões de mama reais. A confecção dos *phantoms* seguiu o protocolo de Carvalho *et al.* 2016. Foi possível reproduzir 21 tipos de lesões das quais as imagens ultrassonográficas foram avaliadas pela especialista. As características qualitativas das imagens das lesões foram correlacionadas com os materiais utilizados e seus efeitos produzidos nas mesmas. Lesões contendo cápsula e núcleo com baixa atenuação foram mais similares às imagens ultrassonográficas de lesões benignas. Enquanto que lesões sem cápsula e confeccionadas com concentrações altas de espalhadores, se assemelharam às malignas. Com isso, é possível utilizar os *phantoms* em atividades como treinamento de especialistas e desenvolvimento de software de classificação de lesões.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PVCP PHANTOMS TO SIMULATE ULTRASONOGRAPHIC IMAGES OF  
BREAST CANCER LESIONS

Andréa Farias de Souza

October/2017

Advisors: Wagner Coelho de Albuquerque Pereira  
Marco Antônio Von Krüger

Department: Biomedical Engineering

Breast cancer is the second most common type of cancer affecting women in the world. An early and fast diagnosis is necessary for a specialized care of the cases. This study aims to elucidate a protocol on phantom manufacturing containing qualitative features simulating breast cancer. This new procedure was based on a previously protocol made by our team, published on Carvalho *et al.* 2016. Here were reproduced 21 types of lesions-like structures and compared them with ultrasound images from an image bank and evaluated by a specialist. The qualitative features of the ultrasound images were correlated with the materials used and their effects produced. The encapsulated lesions and internal content with low attenuation presented qualitative features similar to benign lesions, (regular, anechoic and acoustic reinforcement). Lesions without capsule and high concentrations of scatterers show malignant lesions images features (irregular, hypoechoic and enhanced sound transmission). Features that distinguish benign and malignant lesions could be reproduced and therefore these phantoms can be used in training medical staff and develop lesion classification software.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1) Objetivo geral.....	3
2.2) Objetivos específicos .....	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
3.1) Câncer .....	4
3.2) Fatores de risco e de proteção.....	5
3.3) Anatomia da mama e suas alterações no câncer .....	7
3.4) Detecção: rastreamento e diagnóstico .....	8
3.5) Técnicas de diagnóstico e Sistema BIRADS (Sistema de dados e relatórios de imagem de mama) .....	9
3.6) Uso de <i>phantoms</i> no ultrassom de mama .....	10
3.7) Conceitos básicos em ultrassom.....	13
3.7.1) Onda de ultrassom .....	13
3.7.2) Velocidade de propagação .....	13
3.7.3) Impedância acústica .....	14
3.7.4) Atenuação .....	14
3.8) Ultrassom modo-B .....	15
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
4.1) Materiais .....	16
4.2) Obtenção de características ultrassonográficas de lesões reais .....	16
4.3) Confeção de <i>phantoms</i> .....	17
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>8. CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>41</b>
<b>10. APÊNDICE</b> .....	<b>44</b>

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Distribuição percentual dos dez tipos de câncer mais incidentes que foram estimados para 2016 na população brasileira, exceto câncer de pele não melanoma. Fonte: INCA, 2015. ....	1
Fig. 2 - Representação espacial das taxas brutas de incidência por 100 mil mulheres, estimadas para o ano de 2016, segundo a Unidade da Federação (neoplasia maligna de mama feminina). Fonte: INCA, 2015. ....	2
Fig. 3 - Encapsulamento de lesões benignas com núcleos líquidos. ....	18
Fig. 4 - Montagem dos phantoms. A seta vermelha é a lesão, seta azul a haste de metal, seta amarela é o fio de cobre e a seta verde a massa de modelar. ....	20
Fig. 5 - Imagens modo-B de phantoms. (A)Ph14, (B)Ph1, (C)Ph8, (D)Ph16, (E)Ph16, (F)Ph18, (G)Ph17, (H)Ph12. O ponto vermelho indica a lesão e a barra branca representa 1 cm. ....	21
Fig. 6 - Imagens ultrassonográficas. (a) ph1, (b) ph2, (c) ph3, (d) ph4, (e) ph5, (f) ph6, (g) ph7, (h) ph8, (i) ph9, (j) ph10, (k) ph 11, (l) ph 12. O círculo verde indica a lesão, seta vermelha é o reforço acústico e o círculo azul é o sombreamento posterior. ....	23
Fig. 7 - Imagens ultrassonográficas. (m) ph13, (n) ph14, (o) ph15, (p) ph16, (q) ph17, (r) ph18, (s) ph19, (t) ph20, (u) ph21, (v) ph22, (w) ph23, (x) ph24. O círculo verde indica a lesão, seta vermelha é o reforço acústico e a seta azul é o sombreamento posterior. ....	23
Fig. 8 – Phantom 1. ....	24
Fig. 9 – Phantom 2. ....	25
Fig. 10 – Phantom 4. ....	26
Fig. 11 – Phantom 5. ....	26
Fig. 12 – Phantom 6. ....	27
Fig. 13 – Phantom 7. ....	28
Fig. 14 – Phantom 8. ....	28
Fig. 15 – Phantom 9. ....	29
Fig. 16 – Calcificações. ....	29
Fig. 17 – Phantom 10. ....	30
Fig. 18 – Lesão não criada. ....	31
Fig. 19 – Phantom 13. ....	31
Fig. 20 – Phantom 16. ....	32

Fig. 21 – Phantom 17.....	32
Fig. 22 – Phantom 18.....	33
Fig. 23 – Phantom 19.....	34
Fig. 24 – Phantom 20 e 21 .....	34
Fig. 25 – Phantom 24.....	35
Fig. 26 – Phantom 22.....	35
Fig. 27 – Phantom 23.....	36
Fig. 28 – Clipe ou calcificação .....	36

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Fatores de risco para o câncer de mama. Fonte: Morgan JW et al. 1998.....	7
Tabela 2 - Sistema BIRADS. Fonte: PAULINELLI et al. 2007. ....	10
Tabela 3 - Composição dos phantoms .....	19
Tabela 4 - Características das lesões nos phantoms. ....	22

## **LISTA DE SIGLAS**

**BIRADS:** Sistema de dados e relatórios de imagem de mama

**BRCA:** Gene do câncer de mama

**COPPE:** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia

**HER2:** Gene do fator de crescimento epidérmico humano receptor 2

**HPV:** Vírus do papiloma humano

**IARC:** Agência Internacional de Pesquisa em Câncer

**INCA:** Instituto Nacional de Câncer

**LUS:** Laboratório de Ultrassom

**MS:** Ministério da Saúde

**NaCl:** Cloreto de sódio

**OMS:** Organização Mundial de Saúde

**PVA:** Acetato de polivinila

**PVC:** Policloreto de vinila

**PVCP:** Policloreto de vinila plastificado

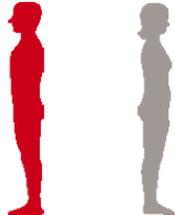
**RR:** Risco relativo

**UFRJ:** Universidade Federal do Rio de Janeiro

# 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), da Organização Mundial de Saúde (OMS), o câncer é um problema de saúde pública que afeta tanto países desenvolvidos quanto os em desenvolvimento. O projeto Globocan/IARC, realizado em 2012, apontou que os tipos de câncer mais incidentes no mundo foram pulmão (1,8 milhão), mama (1,7 milhão), intestino (1,4 milhão) e próstata (1,1 milhão). Entre as mulheres, excluindo o câncer de pele não melanoma, o câncer de mama é o tipo de tumor mais incidente e com maior mortalidade em todo o mundo (INCA, 2015).

No Brasil, em 2016, foram estimados 56,20 novos casos de câncer de mama a cada 100 mil mulheres. Em relação às mulheres brasileiras, o câncer de mama é o segundo de maior incidência nas regiões Sul (74,30/100 mil), Sudeste (68,08/100 mil), Centro-Oeste (55,87/100 mil) e Nordeste (38,74/100 mil). E na região Norte é o terceiro tumor mais incidente (22,26/100 mil) (INCA, 2015). A Fig. 1 mostra a distribuição percentual dos dez tipos de câncer mais incidentes que foram estimados para 2016 na população brasileira, exceto câncer de pele não melanoma (INCA, 2015). Já a Fig. 2, mostra a representação espacial das taxas brutas de incidência por 100 mil mulheres, estimadas para o ano de 2016, segundo a Unidade da Federação (neoplasia maligna de mama feminina) (INCA, 2015).

Localização Primária	Casos	%			Localização Primária	Casos	%
			<b>Homens</b>	<b>Mulheres</b>	Mama feminina	57.960	28,1%
Próstata	61.200	28,6%			Cólon e Reto	17.620	8,6%
Traqueia, Brônquio e Pulmão	17.330	8,1%			Colo do útero	16.340	7,9%
Cólon e Reto	16.660	7,8%			Traqueia, Brônquio e Pulmão	10.890	5,3%
Estômago	12.920	6,0%			Estômago	7.600	3,7%
Cavidade Oral	11.140	5,2%			Corpo do útero	6.950	3,4%
Esôfago	7.950	3,7%			Ovário	6.150	3,0%
Bexiga	7.200	3,4%			Glândula Tireoide	5.870	2,9%
Laringe	6.360	3,0%			Linfoma não Hodgkin	5.030	2,4%
Leucemias	5.540	2,6%			Sistema Nervoso Central	4.830	2,3%
Sistema Nervoso Central	5.440	2,5%					

\*Números arredondados para múltiplos de 10.

Fig. 1 - Distribuição percentual dos dez tipos de câncer mais incidentes que foram estimados para 2016 na população brasileira, exceto câncer de pele não melanoma. Fonte: INCA, 2015.

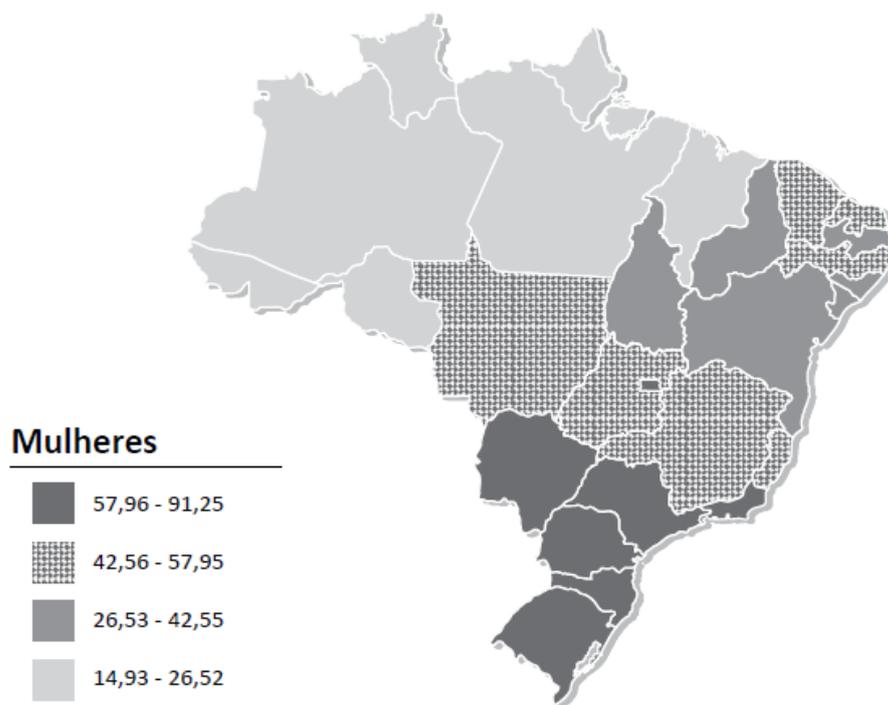


Fig. 2 - Representação espacial das taxas brutas de incidência por 100 mil mulheres, estimadas para o ano de 2016, segundo a Unidade da Federação (neoplasia maligna de mama feminina). Fonte: INCA, 2015.

Em 2016, nos Estados Unidos (EUA), casos de câncer de mama invasivo foram diagnosticados em 246.660 mulheres e 2.600 homens, e 61.000 novos casos de câncer de mama *in situ* em mulheres. Os dados mostram que o câncer de mama é bastante frequente em mulheres. Em relação à mortalidade, foram estimadas 40.890 mortes causadas pelo câncer de mama (40.450 mulheres e 440 homens) em 2016 e é a segunda causa de morte por câncer em mulheres americanas. De 2003 a 2012, as taxas de mortalidade por câncer de mama reduziram 1,9% ao ano em mulheres brancas e 1,4% em mulheres negras. Já de 1989 a 2012, a taxa de mortalidade reduziu em 36% (249.000 de mortes) devido a melhorias na detecção precoce e tratamento (*American Cancer Society*, 2016).

A mamografia é a técnica padrão-ouro para o diagnóstico precoce do câncer de mama, permitindo a redução da taxa de mortalidade na faixa de 18-30%. É uma técnica com alta sensibilidade (85-92%) (LOUVEIRA *et al.* 2003), porém com baixa especificidade, acarretando biópsias desnecessárias em cerca de 80% dos casos. A ultrassonografia é um ótimo coadjuvante à mamografia, pois é capaz de diferenciar

nódulos sólidos e císticos, levando a uma redução de 25-35% das biópsias desnecessárias (LOUVEIRA *et al.* 2003; KEMP *et al.* 2001). Além disso, não expõe o paciente à radiação ionizante, apresenta baixo custo e grande portabilidade (CALAS *et al.* 2011; CARVALHO *et al.* 2016; MARUSSI, 2001).

A ultrassonografia é capaz de diferenciar lesões benignas e malignas. As lesões benignas apresentam contornos regulares e bem definidos, formatos ovais/circulares e reforço posterior. As lesões malignas, geralmente, são hipoecoicas, com contornos irregulares e sombreamento posterior (HAGEN-ANSERT, 1997; CARVALHO *et al.* 2016).

Para o estudo do diagnóstico por imagem do câncer de mama, alguns estudos utilizam *phantoms* que são objetos capazes de simular propriedades acústicas dos tecidos biológicos e das lesões de mama (CARVALHO *et al.* 2016, MAGGI *et al.* 2011, MADSEN *et al.* 1982a, 1982b). A utilização dos *phantoms* é de extrema relevância para o treinamento de radiologistas, calibração de equipamentos, entre outras aplicações.

Devido à grande incidência e mortalidade de câncer de mama em mulheres no mundo, é essencial o estudo nesta área a fim de favorecer o diagnóstico precoce da doença. Por isso, os estudos com *phantoms* são de extrema relevância no treinamento de radiologistas para o diagnóstico de imagem, testes de qualidade dos equipamentos, bem como o desenvolvimento de ultrassonógrafos mais eficientes e estudos das causas de artefatos na imagem ultrassonográfica de mama (CARVALHO *et al.* 2016; MADSEN *et al.* 1982a, 1982b).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1) Objetivo geral**

O presente estudo tem o objetivo de confeccionar *phantoms* que simulam características qualitativas de lesões benignas e malignas de mama como ecogenicidade, contorno, formato, reforço posterior e sombreamento acústico. Pretende-se também avaliar as imagens ultrassonográficas de lesões de mama e classificá-las quanto ao tipo de lesão conforme o diagnóstico clínico da radiologista Dra. Maria Julia.

## 2.2) Objetivos específicos

- I. Confeção de *phantoms* com características qualitativas (ecogenicidade, contorno, formato, reforço posterior e sombreamento acústico) semelhantes a lesões de mama;
- II. Coleta de imagens ultrassonográficas a partir dos *phantoms*;
- III. Análise das imagens ultrassonográficas dos *phantoms* pela especialista e classificação das lesões.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1) Câncer

O câncer é uma doença caracterizada pelo crescimento desordenado de células anormais que tem a capacidade de se disseminar para tecidos e órgãos distantes (metástase). O tumor é considerado maligno quando as células tendem a se dividir rapidamente e de forma desregrada que possa acarretar em metástase ao invadir a corrente sanguínea ou a linfa; Já o tumor benigno, é uma massa de células localizada e em geral encapsuladas que se multiplicam vagarosamente, se assemelham ao tecido original e raramente constituem um risco de vida para o indivíduo. O tipo de câncer é classificado de acordo com o tipo de tecido acometido, a velocidade de multiplicação das células cancerígenas e a capacidade de disseminação (metástase) (*American Cancer Society*, 2016).

O processo da formação do câncer, denominado de carcinogênese, é dividido em estágios: (1) Estágio inicial, em que as células sofrem o efeito de agentes cancerígenos que provocam uma modificação genética (mutação do DNA); (2) Estágio de promoção, a célula geneticamente alterada sofre o efeito de agentes cancerígenos (oncopromotores), que transforma a célula iniciada em maligna; (3) Estágio de progressão é o último estágio em que há a multiplicação desordenada e irreversível, com o câncer instalado e evoluindo para o surgimento das manifestações clínicas da doença (Ministério da Saúde, 1996).

A doença é desencadeada pela interação de fatores intrínsecos e extrínsecos, como mutações genéticas, alterações hormonais, condições do sistema imunitário, sedentarismo, má alimentação, agentes infecciosos, exposição excessiva ao sol, uso de medicamentos, hábitos sexuais, tabagismo e alcoolismo (*American Cancer Society*,

2016; INCA, 2017). Diversos tipos de câncer podem ser evitados com o controle do uso de álcool e tabaco, alimentação saudável, prática de atividade física, fotoproteção (relacionado ao câncer de pele), além da vacinação e tratamento de infecções como, por exemplo, o HPV que está intimamente relacionado com o câncer de colo de útero (*American Cancer Society*, 2016).

O estágio do câncer é baseado no tamanho e na extensão do tumor e se atingiu os linfonodos proximais ou se estendeu para outras áreas do corpo. O estágio pode ser classificado em dois grandes grupos – *in situ* ou invasivo. Quando as células cancerígenas não se espalham, permanecendo no local do desenvolvimento inicial é dito que é *in situ*; Já quando as células cancerígenas penetram além da camada original, é classificado como invasivo, podendo ser subdividido em: local, regional ou distante dependendo da extensão da disseminação destas células cancerígenas. O câncer invasivo local é quando as células cancerígenas se mantêm no órgão de origem; no regional, a lesão ultrapassa os limites do órgão de origem e há envolvimento dos linfonodos regionais; e no distante, o câncer já se estendeu para outras regiões do corpo, podendo se dizer que já houve metástase neste último caso (*American Cancer Society*, 2016).

O câncer de mama é considerado uma doença heterogênea em relação à clínica e à morfologia. É relativamente raro em mulheres antes dos 35 anos de idade e mais comum após os 50 anos. Além disso, a incidência da doença vem aumentando tanto nos países em desenvolvimento quanto nos desenvolvidos. Em 2012, a OMS publicou a classificação dos tumores de mama na qual reconhece mais de 20 subtipos diferentes da doença. Cerca de 80% desses tumores se originam no epitélio ductal e são denominados de carcinoma ductal invasivo, porém existem outros subtipos, como: lobular, tubular, mucinoso, medular, micropapilar e papilar (INCA, 2015).

### **3.2) Fatores de risco e de proteção**

O câncer de mama é multifatorial e envolve a interação de fatores biológico-endócrinos, vida reprodutiva, comportamento e estilo de vida. O fator de risco mais importante é a idade, em que é possível verificar que as taxas de incidência do câncer de mama aumentam rapidamente até os 50 anos e estabilizam após essa idade, o que revela a participação dos hormônios femininos na etiologia da doença (INCA, 2015; JOHNSON-THOMPSON *et al.* 2000).

O câncer de mama em mulheres jovens apresenta características clínicas e epidemiológicas distintas das observadas em mulheres mais velhas. Geralmente, são mais agressivos em mulheres mais novas e apresentam características peculiares como presença da mutação dos genes *BRCA1* e *BRCA2* e a superexpressão do gene do fator de crescimento epidérmico humano receptor 2 (*HER2*) (INCA, 2015).

Os fatores de risco para a ocorrência do câncer de mama são diversos, tais como: histórico familiar de câncer de mama, alteração dos genes da família *BRCA*, nuliparidade, primeira gestação após os 30 anos de idade, obesidade pós-menopausa e alta densidade do tecido mamário (razão entre o tecido glandular e o tecido adiposo da mama). Também são fatores de risco o consumo excessivo de álcool, sedentarismo, exposição à radiação ionizante, menopausa tardia, menarca precoce, uso de anticoncepcionais orais ou de terapia hormonal da menopausa (estrogênio combinado à progesterona). Além disso, pesquisas recentes indicam que, a longo prazo, fumar também pode aumentar o risco de câncer de mama, particularmente entre as mulheres que começam a fumar antes da primeira gravidez (INCA, 2015; *American Cancer Society*, 2016).

Em oposição, também podem ser citados fatores de proteção contra o câncer de mama, como: amamentação por pelo menos um ano e prevenções primárias (atividade física regular e manutenção de um peso corporal saudável) estão associadas a uma diminuição de cerca de 30% do risco de desenvolver a doença. Ademais, medicamentos bloqueadores do receptor de estrogênio e inibidores de aromatase foram aprovados para reduzir o risco de câncer em mulheres em alto risco. Já os inibidores de aromatase parece ter um menor risco de efeitos secundários, mas é somente aprovado para mulheres pós-menopausa (INCA, 2015; PAULINELLI *et al.* 2007). A seguir, na Tabela 1, são citados estes fatores de risco e o seu grau de influencia com base no seu risco relativo (RR).

Tabela 1 - Fatores de risco para o câncer de mama. Fonte: Morgan JW et al. 1998.

Grau de risco	Fatores de risco para o câncer de mama
<b>Risco muito elevado (RR ≥ 3.0)</b>	Mãe ou irmã com câncer de mama na pré-menopausa Antecedente de hiperplasia epitelial atípica ou neoplasia lobular <i>in situ</i> Suscetibilidade genética comprovada (mutação de BRCA1-2)
<b>Risco medianamente elevado (1.5 ≤ RR ≤ 3.0)</b>	Mãe ou irmã com câncer de mama na pós-menopausa Nuliparidade Antecedente de hiperplasia epitelial sem atipia ou macrocistos apócrinos
<b>Risco pouco elevado (1.0 ≤ RR ≤ 1.5)</b>	Menarca precoce (≤12 anos) Menopausa tardia (≥55 anos) Primeira gestação de termo após os 34 anos de idade Obesidade Dieta gordurosa Sedentarismo Terapia de reposição hormonal por mais de 5 anos Ingestão alcoólica excessiva

### 3.3) Anatomia da mama e suas alterações no câncer

A mama repousa sobre a parede torácica, está situada à frente dos grandes músculos peitorais e serrátil anterior, entre a terceira e sétima costelas e delimitada entre o bordo do osso esterno e linha da axila média. No limite inferior, é encontrado o sulco submamário e as duas mamas são separadas pelo sulco intermamário. Apresenta a forma esférica que pode variar dependendo das fases da vida, podendo ser cônica, achatada, discoide ou cilíndrica (BERNARDES, 2010).

A mama é formada por (1) tecido glandular epitelial, a glândula propriamente dita (parênquima); (2) tecido celuloadiposo; e (3) tecido fibroso (estroma) que atravessa e rodeia o tecido glandular (GRAY, 2005). O tecido glandular é de tipo túbulo-alveolar, constituído por aproximadamente de 12 a 20 lobos que são constituídos por lóbulos e estes por ácinos. Já o canal lactífero é um canal excretor que drena cada lobo, são sinuosos e todos se dirigem para a base da papila. Antes de alcançarem a base, apresentam uma dilatação denominada de seio lactífero (*sinus lactiferi*) e a partir desta, os canais lactíferos convergem para a papila de forma retilínea, abrindo-se por orifícios arredondados, cujo conjunto é denominado de área crivosa. A mama também é vascularizada, possui um sistema de drenagem e inervações (BERNARDES, 2010).

Algumas características que distinguem lesões benignas das malignas podem ser visualizadas no ultrassom. Lesões benignas apresentam contornos regulares e bem definidos, formato oval ou circular, parede posterior bem definida e presença do reforço acústico posterior. Já as lesões malignas, geralmente, apresentam paredes com margens

não circunscritas (contorno irregular), ecos internos heterogêneos (hipoecoico) e sombreamento posterior (KOBAYASHI *et al.* 1974; HAGEN-ANSERT, 1997; CARVALHO *et al.* 2016). Também podem ser características suspeitas de lesões malignas o elevado contraste entre o nódulo e o parênquima mamário, presença de halo ecogênico anterior, aumento do diâmetro ântero-posterior (FORNAGE *et al.* 1989; GUYER *et al.* 1992; SKAANE & ENGEDAL, 1998; STAVROS *et al.* 1995).

### **3.4) Detecção: rastreamento e diagnóstico**

O câncer de mama é o tipo de câncer mais frequente nas mulheres brasileiras, perdendo somente para o câncer não melanoma (INCA, 2014). No Brasil, em décadas recentes, as estratégias de controle do câncer de mama vêm sendo implementadas por meio de ações inseridas no contexto de programas de controle do câncer que tem o objetivo de reduzir a incidência, a mortalidade e a morbidade dessa doença (Ministério da Saúde, 2015).

Foram elaboradas diretrizes para a detecção precoce do câncer de mama no Brasil do Ministério da Saúde (MS) por um grupo de trabalho coordenado pelo INCA por meio da Divisão de Detecção Precoce e Apoio à Organização de Rede. São programas que contemplam: (1) prevenção primária por meio da redução ou eliminação dos fatores de risco; (2) detecção precoce com a identificação precoce do câncer ou das lesões precursoras; (3) tratamento; (4) reabilitação e (5) cuidados paliativos (Ministério da Saúde, 2015).

Segundo a OMS, as duas estratégias para a detecção precoce do câncer de mama são o rastreamento e o diagnóstico precoce. O rastreamento é a realização de testes em grande parte da população, mesmo que aparentemente sadias e assintomáticas, para identificação do câncer de mama ainda em estágios iniciais e na maior parcela da população possível. Os métodos de rastreio recomendados são aqueles que, comprovados cientificamente, oferecem um benefício maior que o seu risco e capaz de diminuir a mortalidade pela doença (Ministério da Saúde, 2015).

As ações para o rastreio do câncer de mama são autoexame das mamas, mamografia, palpação, exame clínico das mamas, ressonância nuclear magnética, ultrassonografia, termografia e tomossíntese. A estratégia de rastreamento preconizada pelo Ministério da Saúde (MS), no Brasil, é o exame clínico anual das mamas a partir dos 40 anos de idade e a mamografia bilateral a cada dois anos para mulheres entre 50 a

69 anos de idade, porém para mulheres com alto risco recomenda-se acompanhamento clínico individualizado (INCA, 2015).

Já o diagnóstico precoce é a identificação precoce do câncer de mama em indivíduos sintomáticos e a estratégia é formada pelo tripé: (1) conscientização da população; (2) profissionais de saúde capacitados para a identificação de sinais e sintomas de casos suspeitos e (3) confirmação diagnóstica em um único serviço de qualidade que garanta a integralidade da assistência em toda linha de cuidado (Ministério da Saúde, 2015).

### **3.5) Técnicas de diagnóstico e Sistema BIRADS (Sistema de dados e relatórios de imagem de mama)**

Devido à ultrassonografia ser um importante método de diagnóstico complementar à mamografia, foi necessário estabelecer um sistema de classificação das lesões para a padronização e aprimoramento dos laudos em ultrassom (CAMARGO-JÚNIOR, 2005; PAULINELLI *et al.* 2007). Em 2003, foi publicado pelo Colégio Americano de Radiologia o sistema BIRADS para mamografia no qual consiste em um léxico próprio da divisão das lesões por categorias de avaliação, de acordo com o risco de malignidade (PAULINELLI *et al.* 2007).

O sistema BIRADS (Tabela 2) propõe a divisão das lesões em categorias de avaliação que variam de 1 a 6 (dependendo do risco de malignidade) para avaliações completas e zero para avaliação incompleta que requer exames adicionais. Para isso, são considerados diferentes itens para classificar a lesão que são: (1) massas, considerando o formato, orientação (paralela ou não), margem (circunscrita ou não), limites (definidos ou não) e padrão dos ecos das lesões (anecóico, hiperecóico, isoecóico e complexo); (2) presença de calcificações (macrocalcificações ou microcalcificações); (3) casos especiais em que podem ser encontrados microcistos agrupados, cistos complicados, massa na pele, corpo estranho ou linfonodos intramamários e axilares; (4) vascularização, presente ou não avaliada e se está na lesão, adjacente a lesão ou está difusamente aumentada no tecido vizinho (PAULINELLI *et al.* 2007).

Tabela 2 - Sistema BIRADS. Fonte: PAULINELLI et al. 2007.

<b>Categoria BIRADS</b>	<b>Significado clínico</b>
0	Incompleta. É necessária uma nova avaliação complementar por outro exame de imagem.
1	Negativa. Seguimento de rotina. Nenhuma lesão encontrada.
2	Achado benigno. Seguimento de rotina ou a critério clínico.
3	Provavelmente benigno. Seguimento em curto prazo é sugerido (controle em 6, 12 e 24 meses). Após 24-36 meses, não havendo modificação da lesão, é considerada a lesão como categoria 2.
4	Anormalidade suspeita. A biópsia deve ser considerada.
5	Altamente sugestivo de malignidade. A ação apropriada deve ser tomada.
6	Malignidade conhecida. A ação apropriada deve ser tomada. Biópsia anterior à terapia definitiva confirmando a presença de câncer.

Contudo, na classificação BIRADS também está prevista a necessidade da mamografia ou até mesmo da ressonância nuclear magnética em diversas situações (PAULINELLI et al. 2007). A ultrassonografia tem pouco a oferecer no caso de mulheres com mama lipossustituídas e oferece maior risco de falso-negativos, porém pode ser bem útil em mulheres mais jovens que apresentam mamas densas, no qual a sensibilidade da mamografia é prejudicada (GORDON, 2002). O principal ponto positivo na classificação BIRADS é a divisão das lesões mamárias em categorias de risco e a sugestão de condutas a serem seguidas em cada caso, o que permitiu orientar o médico no diagnóstico (PAULINELLI et al. 2007).

O uso da ultrassonografia é, ao lado da mamografia, o mais importante método de imagem para o diagnóstico de alterações de mama e são dois métodos complementares na abordagem de diferentes situações clínicas. As vantagens do ultrassom em relação à mamografia são: ausência da radiação ionizante e o fato da acuidade diagnóstica não depender da densidade mamária, além de ser um método indolor (CALAS et al. 2012; CARVALHO et al. 2016). Tanto a mamografia quanto a ultrassonografia são métodos de imagem utilizados para guiar a biópsia mamária (Ministério da Saúde, 2015).

### **3.6) Uso de *phantoms* no ultrassom de mama**

Os *phantoms* ultrassônicos são objetos que mimetizam propriedades acústicas de tecidos biológicos que permitem o estudo das suas interações com o ultrassom. Para o diagnóstico por imagem, são utilizados como ferramenta importante para testar o

desempenho e otimizar o sistema de ultrassom, assim como para o treinamento e suporte aos profissionais médicos (MAGGI *et al.* 2011; CARVALHO *et al.* 2016).

Diversos trabalhos descrevem materiais capazes de simular propriedades acústicas de tecidos biológicos (MADSEN *et al.* 1982a, 1982b; MAGGI *et al.* 2011; CARVALHO *et al.* 2016). Ernest L. Madsen foi um dos pioneiros a desenvolver técnicas para a confecção de *phantoms* e estudou tanto propriedades acústicas quanto anatômicas para desenvolver materiais que pudessem reproduzir as características da mama e suas lesões. Em seus trabalhos, reproduziu protótipos de mama (pele, tecidos glandular e adiposo, ligamentos de Cooper, ductos), tumores e calcificações de diferentes tamanhos suspensos no tecido glandular com *phantoms*. Os materiais escolhidos (gelatina, ágar, azeite, querosene, água destilada, n-propanol, pó de grafite, conservantes, entre outros) simulavam os tecidos com suas diferentes propriedades, tais como coeficiente de atenuação, velocidade de propagação e densidade (MADSEN *et al.* 1978; MADSEN *et al.* 1982a, 1982b, MADSEN *et al.* 1991).

O trabalho realizado por MAGGI, em 2011, caracterizou as propriedades acústicas (velocidade longitudinal, impedância e atenuação) e térmicas (calor específico e condutividade térmica), bem como o estudo das incertezas associadas às técnicas de medição dos parâmetros acústicos. Neste trabalho estudou materiais como silicone e PVCP puros ou misturados com outras substâncias (glicerina, vaselina, pó de vidro, epoxi, cola branca PVA, álcool isopropílico, alumina, entre outros) para a confecção de *phantoms*. Foi possível verificar que *phantoms* de silicone puro apresentaram coeficiente de atenuação similar à pele e ao músculo e, a condutividade térmica similar à pele e à gordura. Quando misturado com óleo de silicone ou vaselina, apresentou o coeficiente de atenuação similar aos tecidos moles. Já o *phantom* de PVCP, apresentou propriedades acústicas semelhantes à gordura e quando misturado com glicerina ou PVC tem o coeficiente de atenuação similar aos tecidos moles enquanto que em maiores concentrações também podem reproduzir o músculo e a pele. Além disso, também foi possível estabelecer um protocolo de fabricação para *phantoms* que podem ser reproduzidos em outros estudos (MAGGI *et al.* 2011).

Nos estudos realizados posteriormente ao de Maggi (CARVALHO *et al.* 2016; MATHEO, 2015), realizados no Laboratório de Ultrassom (LUS), localizado na COPPE-UFRJ, foi estabelecido o protocolo para confecção dos tecidos glandular e adiposo, a confecção de *phantoms* simuladores de lesões de mama com a combinação

do PVCP e pó de grafite em diferentes concentrações. Avaliou-se a equivalência das propriedades acústicas dos *phantoms* obtidas no trabalho com as descritas na literatura (MADSEN *et al.* 2006; MADSEN *et. al.* 1982), a representação das características de lesões benignas e malignas em imagens modo-B, incluindo, ainda, a representação de ductos lactíferos.

No estudo realizado por CARVALHO e colaboradores (2016) foi observado o comportamento de três diferentes tipos de pós de grafite (B´HERZOG – malha 140, Micrograff HC11 e Micrograff HC30) disponíveis no LUS a fim de investigar a utilização destes na confecção de *phantoms* que simulam o tecido mamário. O PVCP foi utilizado como material base para a confecção de *phantoms* e a concentração do pó de grafite foi utilizada para ajustar o coeficiente de atenuação, a velocidade de propagação e o nível de cinza. Foram confeccionados *phantoms* de PVCP com diferentes concentrações de pó de grafite (0,1%; 0,5%; 1,0% e 2,0%) determinadas empiricamente. O estudo foi capaz de reproduzir diferentes padrões de ecogenicidade de lesões de mama com contornos regulares/irregulares e diferentes tamanhos que simulavam imagens ultrassonográficas de tumores malignos e benignos (CARVALHO *et al.* 2016).

Já no trabalho realizado por DE MATHEO e colaboradores (2016) foi possível confeccionar *phantoms* antropomórficos de PVCP e *hardener* para reproduzir imagens ultrassonográficas de ductos lactíferos, além de referências anatômicas como tecidos glandular e adiposo compondo o parênquima da mama. O trabalho atual é uma continuação dos trabalhos realizados com *phantoms* no LUS, tendo como novidades os itens a seguir:

1. Confecção de cápsulas para lesões benignas;
2. Variedade de *phantoms* confeccionados com diferentes materiais (PVCP, azeite de oliva, água destilada, solução salina, pó de grafite, alumina, cera de carnaúba, silicone, entre outros);
3. Simulação das características qualitativas das lesões (ecogenicidade, contorno, formato, reforço posterior e sombreamento acústico).

### 3.7) Conceitos básicos em ultrassom

#### 3.7.1) Onda de ultrassom

A onda mecânica é uma perturbação que se propaga em um meio (gás, líquido ou sólido). A taxa na qual as partículas no meio vibram é dada pela frequência que é medida em Hertz (ciclos/segundo). O ultrassom é uma onda mecânica e apresenta uma frequência acima de 20 kHz (FISH, 1990).

O feixe de ultrassom vai sendo modificado conforme se propaga pelo meio. Nas interfaces entre meios com impedâncias acústicas diferentes, o feixe incidente pode ser refletido para o meio de origem, dispersado devido a pequenas estruturas do meio e também perder energia por absorção (FISH, 1990). Alguns desses fenômenos serão referidos a seguir.

#### 3.7.2) Velocidade de propagação

A onda de ultrassom se propaga pelo meio homogêneo a uma velocidade fixa, a energia que produz o movimento de uma partícula do meio é transferida para as partículas próximas através da força de atração entre as partículas vizinhas. A velocidade de transmissão do ultrassom depende da massa e do espaçamento entre as partículas, além da força de atração. Quanto maior a força de atração entre as partículas e menor a massa das partículas, maior é a velocidade de transmissão do ultrassom. A velocidade do ultrassom é dada por:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (1)$$

Sabendo que  $c$  é a velocidade de propagação da onda pelo meio (m/s),  $\rho$  é a densidade do meio (kg/m<sup>3</sup>),  $K$  é o módulo de elasticidade do meio. A compressibilidade  $k$  é dada por:

$$k = \frac{1}{K} \quad (2)$$

Então,

$$c = \frac{1}{\sqrt{k\rho}} \quad (3)$$

Pode-se dizer que a velocidade de propagação depende das propriedades de densidade e compressibilidade do meio. Quanto mais rígido e menos compressível é o meio, maior é a velocidade de propagação da onda de ultrassom (FISH, 1990).

### 3.7.3) Impedância acústica

É a resistência que o material opõe à passagem do feixe ultrassônico e pode ser determinada pela densidade e compressibilidade do meio, podendo ser calculada pela densidade e velocidade de propagação como mostrado abaixo.

$$Z = \rho c = \sqrt{\frac{\rho}{k}} \quad (4)$$

Onde, a impedância do meio ( $Z$ ) é a velocidade de propagação da onda pelo meio (m/s),  $\rho$  é a densidade do meio (kg/m<sup>3</sup>) e  $k$  sua compressibilidade (FISH, 1990).

### 3.7.4) Atenuação

A atenuação é o fenômeno que caracteriza a redução gradual da intensidade da onda de ultrassom através da passagem pelo meio, ou seja, há a diminuição na amplitude do sinal. Quando há atenuação por absorção, a energia do feixe é transformada em calor; Já por espalhamento, a energia do feixe é desviada para diferentes direções. O coeficiente de atenuação global é dado pela soma dos coeficientes de absorção e dispersão como mostrado abaixo (FISH, 1990).

$$\alpha = \alpha_a + \alpha_s \quad (5)$$

Onde,  $\alpha$  é o coeficiente de atenuação,  $\alpha_a$  é o coeficiente de absorção e  $\alpha_s$  é o coeficiente de espalhamento.

### **3.8) Ultrassom modo-B**

O ultrassom modo B gera imagens bidimensionais conforme o feixe ultrassônico se propaga pelo tecido e recebe informações que são traduzidas pelo computador. O gerador de função produz um pulso elétrico o qual é transformado em energia mecânica (efeito piezoelétrico) e esta onda mecânica se propaga pelo meio material. Os sinais de eco recebidos pelo transdutor em cada posição do feixe são exibidos como pontos na tela de exibição e o brilho indica a amplitude dos sinais de eco (escala de cinza). A posição dos pontos é determinada pela orientação do feixe e pelo tempo de chegada dos ecos (FISH, 1990).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho é a continuação das pesquisas realizadas com *phantoms* que simulam lesões de mama no Laboratório de Ultrassom Coppe/UFRJ (LUS). A confecção dos *phantoms* ultrassônicos seguiu o protocolo pré-estabelecido por Carvalho *et al.* 2016. Até então, foram feitas lesões de mama com diferentes graus de ecogenicidade variando a concentração do pó de grafite. Este trabalho pretende englobar uma maior variedade de lesões benignas e malignas com as suas respectivas imagens ultrassonográficas a partir de *phantoms*.

### **4.1) Materiais**

Foram utilizados materiais com base na sua maior durabilidade temporal, baixo custo, resistência a agentes microbianos e atoxicidade. As bases utilizadas foram policloreto de vinila plastificado (PVCP) (*Plastic for making plastic worms, M-F manufacturing co, INC® stock no. 2132LP, Fort Worth, Texas, USA*) e silicone (*RTV 615A e RTV 615B, General Electric®, Momentive Performance Materials, Waterford, NY, USA*). Materiais como grafite (Pó de Grafite, *B'Herzog* Varejo de produtos químicos Ltda., lote 56973, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), alumina (Alumina Calcinada, *B'Herzog*, Varejo de produtos químicos Ltda., lote 080114309, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e cera de carnaúba (Cera de Carnaúba Tipo 1, GM Ceras Comércio de Ceras e Derivados Ltda., lote 01/15, São Paulo, Brasil) foram utilizados para aumentar a atenuação do feixe ultrassônico. Também foram utilizados água, cloreto de sódio (NaCl), vaselina líquida e azeite para produzir lesões com interior anecóico.

### **4.2) Obtenção de características ultrassonográficas de lesões reais**

O estudo das características qualitativas das lesões quanto ao seu formato, contorno, presença de ecos internos, reforço posterior e sombreamento acústico foi realizado a partir do banco de imagens ultrassonográficas reais de pacientes com lesões de mamas pertencente ao Laboratório de Ultrassom do Programa de Engenharia Biomédica.

### **4.3) Confeção de *phantoms***

#### **4.3.1) Confeção da matriz dos *phantoms***

O estudo seguiu o protocolo estabelecido por Carvalho *et al.* 2016, em que o tecido adiposo foi confeccionado com PVCP a 1% de grafite e o tecido glandular com PVCP a 1% de alumina.

A mistura do PVCP com o espalhador (Fig. 4) é introduzida em uma câmara de vácuo (Bomba de Vácuo 7CFM, Surya) a uma pressão de - 1 atm (-760 mmHg) por 1 hora para a retirada de gases que possam interferir na análise das imagens. Posteriormente, esta mistura é aquecida no micro-ondas (Electrolux blue touch®) em 3 fases de 2 minutos cada uma, as duas primeiras fases utilizou 70% da potência do micro-ondas e a última a 100%. Quando a mistura atinge aproximadamente 180°C, é colocada novamente na câmara de vácuo a uma pressão de - 1 atm (-760 mmHg) por 2 minutos e esta é imediatamente vertida em um molde de vidro com dimensões 7,7 cm X 5,7 cm X 3,2 cm. O controle da temperatura durante todo o processo é realizado com uma câmera de infravermelho (FLIR, modelo FLIR-E63900, T198547). Quando o *phantom* atinge a temperatura ambiente de aproximadamente 25°C, é retirado do molde de vidro.

#### **4.3.2) Encapsulamento das lesões benignas**

**Para núcleos líquidos (Fig. 3):** Os formatos das lesões encapsuladas foram modelados manualmente com massa de modelar de acordo com o formato desejado. A massa de modelar é pressionada contra uma haste de metal de modo que fique fixada à haste sem perder o seu formato original e posteriormente, é submergida somente uma vez numa mistura de PVCP com espalhador ainda quente. Esperam-se alguns minutos para que a cápsula atinja o estado sólido e então, é retirada a lesão da haste e toda a massa de modelar do seu interior. Feita a cápsula da composição desejada, é introduzido o material que compõe o núcleo da lesão pelo orifício criado pela haste de metal.



*Fig. 3 - Encapsulamento de lesões benignas com núcleos líquidos.*

**Para núcleos sólidos:** Com o núcleo já confeccionado e sólido, ele é pressionado contra uma haste de metal de modo que também fique fixado à haste e posteriormente, é submergido somente uma vez numa mistura de PVCP com espalhador ainda quente. Esperam-se alguns minutos para que a cápsula atinja o estado sólido e então, retira-se a lesão da haste. É realizado basicamente da mesma forma como mostrado na Fig. 3, porém ao invés da massa de modelar é colocada a lesão sólida inserida na haste.

#### **4.3.3) Confeção das 24 lesões**

O preparo das lesões seguiu como base o mesmo protocolo utilizado para a confecção da matriz dos *phantoms* descrita no apêndice.

Com as características das lesões malignas e benignas já previamente estudadas, foram confeccionadas lesões a partir dos materiais PCPV, cera de carnaúba, alumina e grafite. Para lesões benignas, foram feitas cápsulas a partir das misturas de PCPV com grafite, PVCP com alumina ou cera de carnaúba e o núcleo preenchido com materiais base em diferentes concentrações de espalhadores. Já as lesões malignas, por apresentarem contorno irregular e formato indefinido, não necessitaram de cápsula.

Para a confecção das lesões foram considerados o formato da lesão, definição do contorno, ecogenicidade e presença de sombreamento posterior ou reforço acústico. Para reproduzir essas características, foram feitas lesões com cápsula e sem cápsula, com diferentes bases e espalhadores em diferentes concentrações.

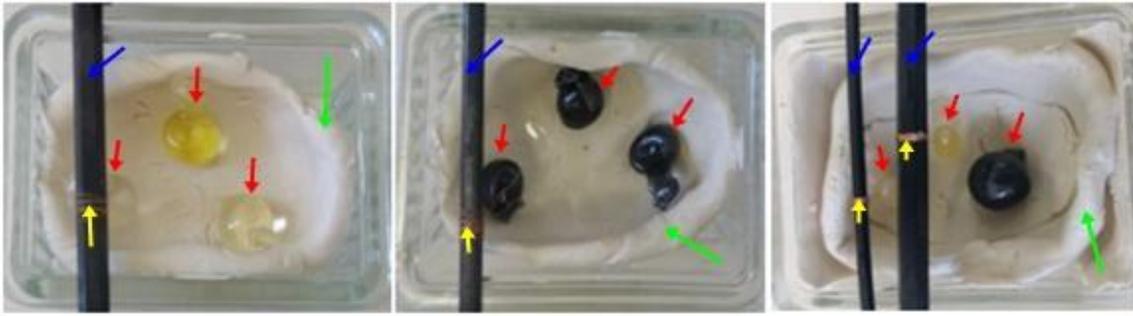
A Tabela 3 mostra a composição de cada *phantom* elaborado, incluindo a composição da cápsula que recobre até o interior da lesão simulada.

*Tabela 3 - Composição dos phantoms*

	<b>Ph</b>	<b>Composição da cápsula</b>	<b>Composição do núcleo</b>
<i>Lesões encapsuladas</i>	Ph 1	PVCP + 1% grafite	H <sub>2</sub> O + 10 % NaCl
	Ph 2	PVCP + 1% grafite	Azeite de oliva
	Ph 3	PVCP + 1% grafite	Vaselina líquida
	Ph 4	PVCP + 1% alumina	H <sub>2</sub> O
	Ph 5	PVCP + 1% alumina	Azeite de oliva
	Ph 6	PVCP + 1% alumina	Vaselina líquida
	Ph 13	PVCP + 1% cera de carnauba	H <sub>2</sub> O
	Ph 14	PVCP + 1% cera de carnauba	Azeite de oliva
	Ph 15	PVCP + 1% cera de carnauba	PVCP líquido (não aquecido)
	Ph 20	PVCP + 5% grafite	Silicone
	Ph 21	PVCP + 10% grafite	Silicone
	Ph 22	PVCP + 1% cera de carnauba	H <sub>2</sub> O
	Ph 23	PVCP + 1% cera de carnauba	Azeite de oliva
	Ph 24	PVCP + 1% grafite	Azeite de oliva
	<i>Lesões sem cápsula</i>	Ph 7	---
Ph 8		---	PVCP + 0.1% grafite
Ph 9		---	PVCP + 1% alumina
Ph 10		---	PVCP + 0.1% alumina
Ph 11		---	PVCP + 0.5% alumina
Ph 12		---	PVCP + 5% grafite
Ph 16		---	PVCP + 5% grafite
Ph 17		---	PVCP + 10% grafite
Ph 18		---	PVCP + 15% grafite
Ph 19		---	Silicone

#### **4.3) Montagem dos *phantoms***

A massa de modelar é colocada dentro do molde de vidro de modo que delimite o espaço em que vão ficar o tecido glandular e as lesões. Com as lesões já confeccionadas, estas são fixadas a uma barra de metal e na outra extremidade ao fio de cobre como mostrado na Fig. 4 abaixo.



*Fig. 4 - Montagem dos phantoms. A seta vermelha é a lesão, seta azul a haste de metal, seta amarela é o fio de cobre e a seta verde a massa de modelar.*

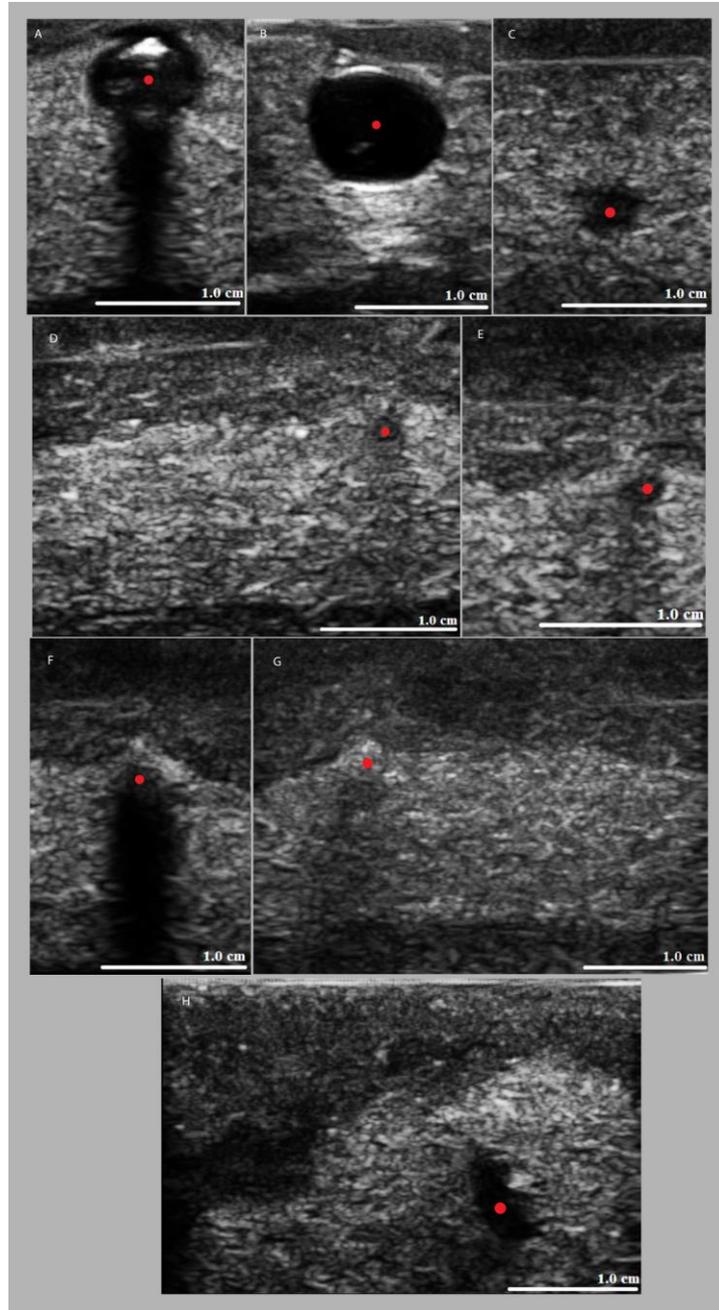
Após a montagem ser feita, é despejado o PVCP com 1% de alumina (tecido glandular) dentro da região que foi delimitada. Espera-se o tecido glandular chegar ao estado sólido, retira-se a massa de modelar, o bastão de metal e o fio de cobre. Posiciona-se o tecido glandular com as lesões no meio do molde e preenche-se com PVCP a 1% de grafite (tecido adiposo). Quando atinge a temperatura ambiente de aproximadamente 25°C, o *phantom* é desenformado e está pronto para serem feitas as imagens ultrassonográficas.

### **5.5) Captura das imagens ultrassonográficas**

Com o *phantom* totalmente pronto com as lesões inseridas na matriz, foram capturadas diversas imagens ultrassonográficas em diferentes ângulos. Também foram capturadas imagens ultrassonográficas pela Dra. Maria Julia G. Calas para uma análise de semelhança com as imagens reais clínicas conforme mostrado nos resultados.

## 6. RESULTADOS

A partir das imagens modo-B (Fig. 5), as lesões foram classificadas quanto aos seus ecos internos e itens posteriores, conforme a Tabela 4. Também foi feita uma correlação entre a composição dos *phantoms* e seus respectivos efeitos na imagem ultrassonográfica.



*Fig. 5 - Imagens modo-B de phantoms. (A)Ph14, (B)Ph1, (C)Ph8, (D)Ph16, (E)Ph16, (F)Ph18, (G)Ph17, (H)Ph12. O ponto vermelho indica a lesão e a barra branca representa 1 cm.*

*Tabela 4 - Características das lesões nos phantoms.*

<b>Ph</b>	<b>Características</b>
1	Anecóico, reforço acústico
2	Anecóico, reforço acústico
3	Anecóico, reforço acústico
4	Anecóico, reforço acústico
5	Anecóico, reforço acústico, sombreamento posterior nas laterais
6	Anecóico, reforço acústico, sombreamento posterior nas laterais
7	Margens não definidas, sombreamento posterior
8	Hipoecóico
9	Hipoecoico
10	Anecóico
11	Hipoecoico, estrutura interna não homogênea
12	Hipoecoico
13	Anecóico, halo interno hiperecóico
14	Estrutura interna não homogênea, sombreamento posterior
15	Anecóico, halo interno hiperecóico
16	Hipoecoico
17	Hipoecóico, margens não definidas, sombreamento posterior
18	Hipoecóico, margens não definidas, sombreamento posterior
19	Anecóico, reforço acústico, sombreamento posterior nas laterais
20	Estrutura interna não homogênea, sombreamento posterior
21	Anecóico, reforço acústico, sombreamento posterior nas laterais
22	Hipoecoico
23	Estrutura interna não homogênea, halo interno hiperecoico, reforço acústico
24	Anecóico, reforço acústico, sombreamento posterior nas laterais

As imagens ultrassonográficas (Fig. 6 e Fig. 7) abaixo mostram todas as lesões confeccionadas e suas características qualitativas como: presença de ecos, reforço posterior e sombreamento acústico.

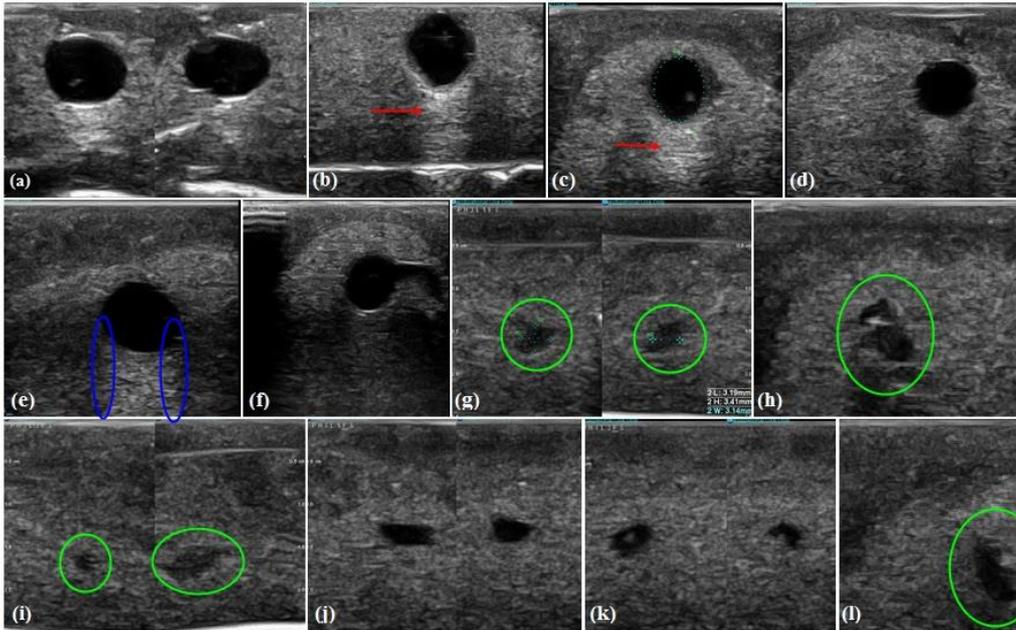


Fig. 6 - Imagens ultrassonográficas. (a) ph1, (b) ph2, (c) ph3, (d) ph4, (e) ph5, (f) ph6, (g) ph7, (h) ph8, (i) ph9, (j) ph10, (k) ph 11, (l) ph 12. O círculo verde indica a lesão, seta vermelha é o reforço acústico e o círculo azul é o sombreamento posterior.

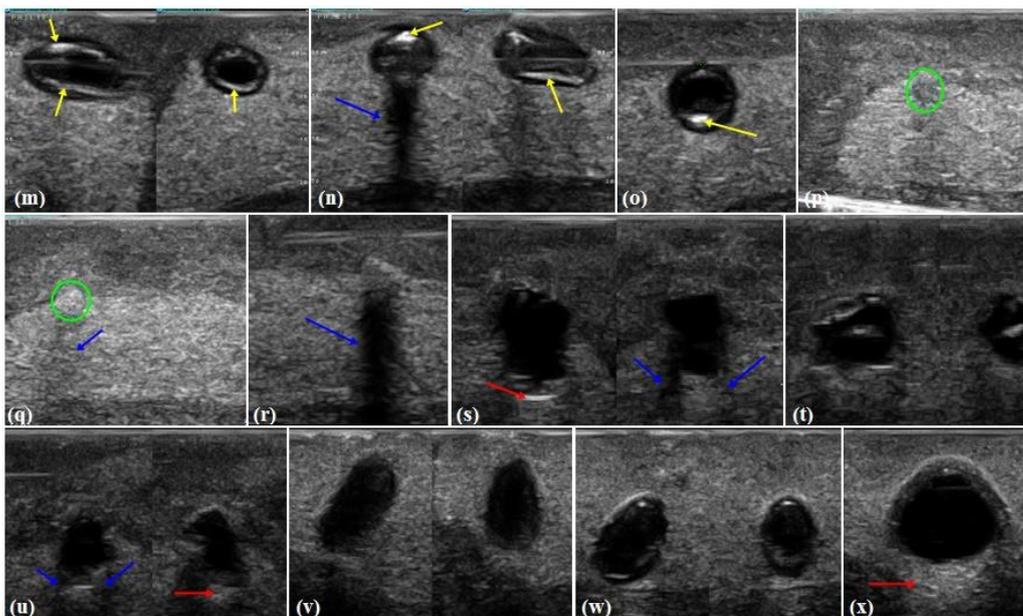


Fig. 7 - Imagens ultrassonográficas. (m) ph13, (n) ph14, (o) ph15, (p) ph16, (q) ph17, (r) ph18, (s) ph19, (t) ph20, (u) ph21, (v) ph22, (w) ph23, (x) ph24. O círculo verde

indica a lesão, seta vermelha é o reforço acústico e a seta azul é o sombreamento posterior.

A Dra. Maria Júlia G. Calas, radiologista, também analisou qualitativamente as lesões nas imagens e as classificou como mostrado nas figuras abaixo (Fig. 8 até Fig. 28).

As Fig. 8 e 9 mostram a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 1, 2 e 3. A Fig. 8 é o *phantom* 1. Tanto o *phantom* 1 quanto o 3 apresentam as mesmas características como distribuição, aspecto, forma e contorno. Ambas se aproximam bem de uma imagem real de um cisto clássico. Já a Fig. 9, é o *phantom* 2 e segundo a radiologista, não se assemelha a nenhuma lesão, pode ser um corpo estranho.



Fig. 8 – Phantom 1



*Fig. 9 – Phantom 2*

As Fig. 10, 11 e 12 mostram a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 4, 5 e 6. A Fig. 10 é o *phantom* 4 que foi classificado como um cisto (benigno) que foi aspirado e voltou a crescer (conteúdo interno começando a encher) e apresenta um formato de meia lua. A Fig. 11 é o *phantom* 5 que foi classificado como fibroadenoma (benigno). Nódulo circunscrito, não chama atenção para malignidade. Lesão um pouco heterogênea, porém circunscrita. Já a Fig. 12 é o *phantom* 6, classificado como cisto (benigno) espesso. Apresenta conteúdo mais denso e tem muito artefato na imagem, o que formou uma projeção de sombra.

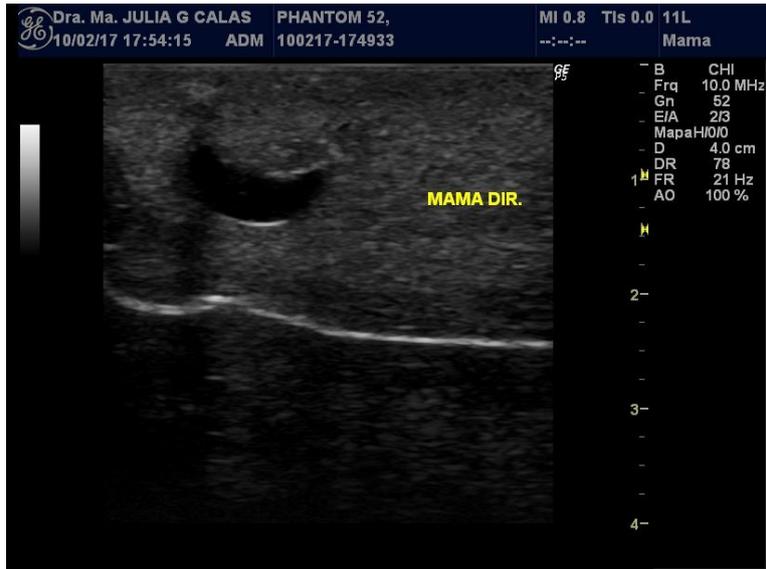


Fig. 10 – Phantom 4



Fig. 11 – Phantom 5



Fig. 12 – Phantom 6

As Fig. 13, 14, 15 e 16 mostram a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 7, 8 e 9. A Fig. 13 é o *phantom* 5, uma lesão pequena e pode ser classificada como fibroadenoma (benigno). A Fig. 14 é o *phantom* 8, uma lesão pequena e se assemelha como um cisto em continuação com um ducto (região mais hiperecoica). Já a Fig. 15, é o *phantom* 9, uma lesão pequena, e com uma certa irregularidade, porém não é suspeito e caracterizada como benigna. Na Fig. 16 mostra calcificações na imagem, porém não foi intencional. A presença de aglomerados de calcificação é altamente suspeito, podendo ser visto em tumores no estágio avançado, mesmo não tendo massa.



Fig. 13 – Phantom 7



Fig. 14 – Phantom 8



Fig. 15 – Phantom 9



Fig. 16 – Calcificações

A Fig. 17 mostra a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 10, 11 e 12. A imagem a seguir é o *phantom* 10 que apresenta as mesmas características que os *phantoms* 11 e 12. São classificados como cistos (benigno). São anecoicos, pequenos e horizontais. Não chama atenção para malignidade.



Fig. 17 – Phantom 10

As Fig. 18 e 19 mostram a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 13, 14 e 15. Na Fig. 18, tem uma lesão que não foi criada, porém se assemelha a um fibroadenoma mais atípico (hipoecoico e contorno distinto) que também pode ser um nódulo, um glóbulo de gordura ou podem ser vários ductos porque fazem um contraste diferente. Não é suspeito de câncer, mas está fora do padrão e tem aspecto mais hipoecoico.

Já a Fig. 19, é o *phantom* 13, porém os *phantoms* 14 e 15 também apresentam as mesmas características. Os três são classificados como cistos (lesão benigna). Todos apresentam uma imagem branca e retilínea que pode ser um artefato (clipe que faz a projeção de sombra ou agulha no interior da mama). São lesões arredondadas, circunscritas e predominantemente anecóicas.



Fig. 18 – Lesão não criada



Fig. 19 – Phantom 13

As Fig. 20, 21 e 22 mostra a matriz em que estavam imersos os *phantoms*. A Fig. 20 é o *phantom* 16 que deve ser investigada por possibilidade de ser maligno. Forma uma sombra, é pequeno e difícil a sua visualização. A Fig. 21 é o *phantom* 17 classificado como benigno. Lesão de densidade alta. Tem grandes chances de benignidade devido a ser uma lesão hiperecogênica. Já a Fig. 22, é o *phantom* 18 suspeito de Carcinoma Lobular (maligno). Não apresenta cicatriz e calcificação. É uma

lesão suspeita que deve ser investigada. Lesões assim são chamadas de projeção de sombra acústica irregular. Não forma um nódulo, parece mais um “borrão”, é uma lesão irregular.



Fig. 20 – Phantom 16

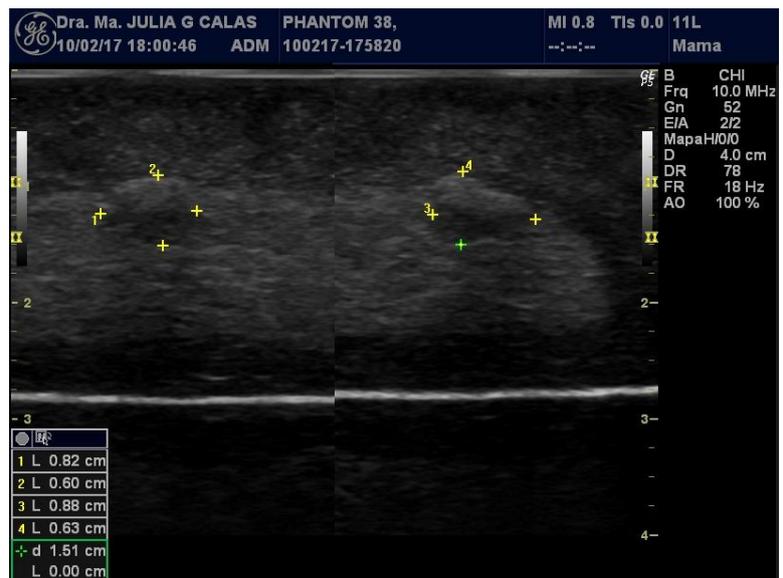


Fig. 21 – Phantom 17

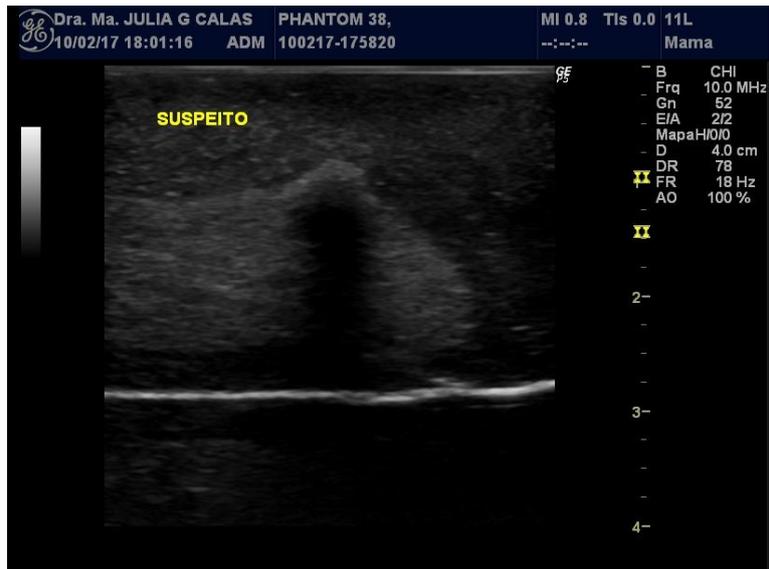


Fig. 22 – Phantom 18

As Fig. 23 e 24 mostram a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 19, 20 e 21. A Fig. 23 é o *phantom* 19. Poderia ser classificado como cisto (benigno). Apesar de ser uma lesão vertical, é tão anecoico que se assemelha a um cisto, mesmo sendo um pouco irregular. O reforço posterior que aparece na imagem parece ser devido a um artefato. Apresenta muitos artefatos. Parece ser uma lesão mais “fake”.

Já a Fig. 24, são os *phantoms* 20 e 21. À esquerda, o *phantom* 20 que se assemelha a uma lesão benigna. Apesar de ser bem lobulado, parece uma lesão benigna por ser anecoica. Também podem ter ductos se agrupando na imagem. À direita, o *phantom* 21 que parece um cisto (benigno). Apesar de ter uma certa irregularidade no contorno e ser mais vertical, é muito anecoico. Se fosse um pouco mais cinza talvez chamasse mais atenção, porém é muito anecoico.



Fig. 23 – Phantom 19

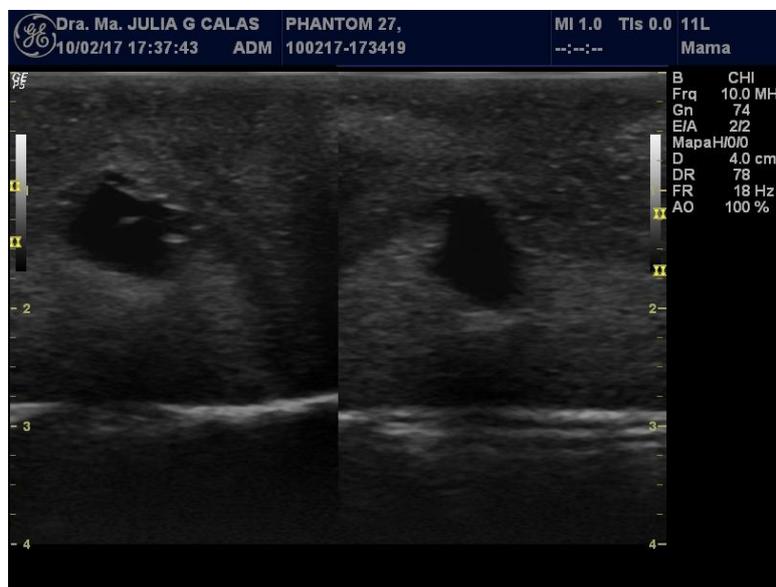


Fig. 24 – Phantom 20 e 21

As Fig. 25, 26, 27 e 28 mostram a matriz em que estavam imersos os *phantoms* 22, 23 e 24. A Fig. 25 é o *phantom* 24 classificada como lesão papilífera benigna. Se assemelha a uma lesão mista em que a lesão sólida cresce dentro de um cisto (lesão papilífera). Como a lesão é circunscrita, é benigna. Se fosse uma lesão mais irregular, poderia ser uma lesão papilífera maligna.

A Fig. 26 é o *phantom* 22 considerado benigno. Se a lesão fosse um pouco mais cinza, poderia ser maligna porque é muito vertical e quando manipula o transdutor, esta

aparece de diferentes formas e tamanhos, porém é muito anecoica. Apresenta calcificação gerando sombra na imagem. Já a Fig. 27 é o *phantom* 23 que é suspeito de malignidade. Deve ser investigada. Por mais que seja circunscrita, a lesão é mais vertical, heterogênea e apresenta ecos internos. Na última imagem (Fig. 28) parece ter um clipe ou uma calcificação devido à projeção de sombra que aparece na imagem.



Fig. 25 – Phantom 24



Fig. 26 – Phantom 22



Fig. 27 – Phantom 23



Fig. 28 – Clipe ou calcificação

## 7. DISCUSSÃO

Os *phantoms* 1, 2 e 3 foram confeccionados com cápsula de PVCP a 1% de grafite e o que variou foi o conteúdo de seu núcleo (solução salina a 10%, azeite de oliva e vaselina líquida, respectivamente). Nestas imagens ultrassonográficas, é possível delimitar bem a lesão (circunscrita), é regular e apresenta sombreamento acústico nas laterais devido à cápsula, seu interior é anecóico e formou um reforço posterior na imagem devido à baixa atenuação dos seus componentes internos. Pode-se dizer que a solução salina a 10%, azeite de oliva e vaselina líquida apresentam basicamente o mesmo comportamento quando vistos no ultrassonógrafo mesmo com a adição de cloreto de sódio no *phantom* 1.

Os *phantom* 4, 5 e 6 foram confeccionados com cápsula de PVCP a 1% de alumina e seus conteúdos internos variaram (água pura destilada, azeite de oliva e vaselina, respectivamente). Estas lesões apresentaram basicamente as mesmas características que os *phantoms* anteriores (*phantoms* 1, 2 e 3) na imagem ultrassonográfica. Pode-se inferir também que água pura ou com 10% de sal (vista no *phantom* 1) não apresentou diferença na imagem de ultrassom, necessitando de concentrações mais altas de sal para produzir ecos internos na lesão.

Os *phantoms* 7, 8, 9, 10, 11 e 12 foram confeccionados sem cápsula, com contornos irregulares e seus núcleos feitos com PVCP em diferentes concentrações de espalhadores – grafite ou alumina (1% de grafite; 0,1% de grafite; 1% de alumina; 0,1% de alumina; 0,5% de alumina e 5% de grafite, respectivamente). Todas estas lesões na imagem ultrassonográfica apresentaram margens não definidas devido ao formato irregular da lesão. No *phantom* 7, dependendo do posicionamento do transdutor é possível visualizar a formação de sombreamento posterior devido à concentração de 1% de grafite. Nos *phantoms* 8, 9, 11 e 12, essas diferentes concentrações de espalhadores produziram poucos ecos internos na lesão (hipoecoica). Entretanto, no *phantom* 10, a baixa concentração de alumina (0,1%) não foi capaz de produzir ecos internos, tornando a lesão anecóica.

Os *phantoms* 13, 14, 15, 22 e 23 foram confeccionados com cápsula de PVCP a 1% de cera de carnaúba, variando apenas o material presente no núcleo (água pura destilada, azeite de oliva, PVCP líquido não aquecido, água pura destilada e azeite de oliva, respectivamente), sendo os *phantoms* 22 e 23 uma repetição dos 13 e 14. Nas imagens ultrassonográficas é possível notar a formação de halos internos hiperecoicos,

mesmo sem adicionar nenhum espalhador no conteúdo interno. Era esperado que estas lesões fossem anecóicas e homogêneas, porém não ocorreu. O que pode explicar isto é a presença da cera de carnaúba na cápsula, visto que esta apresenta alta atenuação do ultrassom (VIEIRA *et al*, 2013). A cera de carnaúba pode ter permeado a lesão, o que provocou a formação de halos hiperecóticos nestes *phantoms* e também a presença de um sombreamento posterior no *phantom* 14.

Quando são comparados os *phantoms* 16, 17 e 18 que foram produzidos com PVCP e grafite em três concentrações diferentes (5%, 10% e 15%, respectivamente), é perceptível que, quanto maior a concentração de grafite, mais intenso foi o sombreamento posterior e maior a dificuldade em delimitar as lesões, sendo possível realizar as medições das dimensões somente no *phantom* 16 e 17 que apresentavam as menores concentrações de espalhador. Em lesões malignas há este mesmo problema, fazendo com que em certas lesões não seja possível realizar a sua medição pelo ultrassonógrafo e, por vezes, sendo necessária a utilização de outra tecnologia para esclarecer a lesão.

O *phantom* 19 sem cápsula e composto somente por silicone foi capaz de formar reforço acústico e sombreamento posterior nas laterais como visto nas primeiras lesões citadas, porém a ausência de cápsula e o formato irregular provocaram irregularidades no contorno da lesão e maior dificuldade em delimitá-la. Já os *phantoms* 20, 21 e 24 apresentam a sua cápsula PVCP com diferentes concentrações de grafite (5%, 10% e 1%) e todas as concentrações foram capazes de formar um sombreamento acústico nas laterais. Seus conteúdos internos mantiveram as características das primeiras lesões encapsuladas (*phantoms* 1, 2 e 3).

Algumas características que distinguem lesões benignas das malignas podem ser visualizadas no ultrassom, como contornos regulares e bem definidos, formato oval ou circular, parede posterior bem definida e presença do reforço acústico posterior. As lesões malignas geralmente são hipoecóicas, com contorno irregular e apresentam sombreamento posterior (CARVALHO *et al*, 2016; HAGEN-ANSERT, 1997).

Para mimetizar tais características visíveis no ultrassonógrafo, as lesões que apresentavam cápsula de PVCP com pelo menos 1% de espalhador e com seu conteúdo interno constituído de algum material sem espalhador foram as lesões que mais se assemelharam às benignas. Um bom exemplo foi o *phantom* 1 (Fig,10 - B) que

mimetiza um cisto devido ao seu contorno regular e circular, com sombreamento lateral e reforço posterior bem evidente.

Enquanto que lesões sem cápsulas, com formatos irregulares e constituídas de PVCP com altas concentrações de espalhador são capazes de provocar um forte sombreamento posterior e impossibilita a demarcação exata da lesão. O Ph18 (Fig.10 - F) mimetiza uma lesão maligna devido ao seu contorno irregular e o forte sombreamento posterior.

## 8. CONCLUSÃO

Foi possível utilizar uma variedade de materiais para confeccionar *phantom* durável, barato, resistente a microorganismos e atóxico. As estruturas semelhantes a lesões podem ser moldadas em formatos diferentes e suas características observadas no ultrassonógrafo podem ser obtidas com diferentes concentrações de espalhadores ou substâncias de baixa atenuação.

Diferentes características de lesões benignas e malignas reais (contorno, regularidade, ecogenicidade, reforço posterior e sombreamento acústico) puderam ser reproduzidas e, portanto, os *phantoms* têm potencial para serem utilizados em atividades como treinamento de especialistas, desenvolvimento de software de classificação de lesões, entre outros.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CANCER SOCIETY, *Cancer Facts & Figures 2016*, Atlanta, 2016. Disponível em: <<https://www.cancer.org/research/cancer-facts-statistics.html>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2016.

BERNARDES, A. ©*Permanyer*, Portugal, 2010. Disponível em: <[http://www.fspog.com/fotos/editor2/cap\\_33.pdf](http://www.fspog.com/fotos/editor2/cap_33.pdf)>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2017.

BILMORIA M, M. The woman at increased risk for breast câncer: evaluation and management strategies. *Cancer*, v, 45, p, 263-78, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde, Instituto Nacional de Câncer, Estimativa 2014: incidência de câncer no Brasil, Rio de Janeiro: INCA, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde, INCA, 2017. Disponível em: <[http://www1.inca.gov.br/conteudo\\_view.asp?id=322](http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322)>. Acesso em: 15 de dezembro de 2016.

CALAS, M. J. G.; ALMEIDA, R. M. V. R.; GUTFILEN, B.; PEREIRA, W. C. A. Interobserver concordance in the BI-RADS classification of breast ultrasound exams. *Clinics*, v, 67, n, 2, p, 185–9, 2012.

CAMARGO-JÚNIOR, H. S. A. BIRADS®-ultra-som: vantagens e desvantagens dessa nova ferramenta de trabalho. *Radiol Bras*, v, 38, p, 301-3, 2005.

CARVALHO, I. M.; DE MATHEO, L. L.; JÚNIOR, J. F. S. C.; BORBA, C. M.; VON KRÜGER, M. A.; INFANTOSI, A. F. C.; PEREIRA, W. C. A. Polyvinyl chloride plastisol breast phantoms for ultrasound imaging. *Ultrasonics*, v, 70, p, 98-106, 2016.

FISH, P. *Physics and Instrumentation of Diagnostic Medical Ultrasound*. New York: John Wiley & Sons, v, 1, 1990.

FORNAGE, B. D.; LORIGAN, J. G.; ANDRY, E. Fibroadenoma of the breast: sonographic appearance. *Radiology*, v, 172, p, 671-5, 1989.

GRAY, H. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. Churchill Livingstone: Elsevier, 2005, 39ed.

GORDON, P. B. Ultrasound for breast cancer screening and staging. *Radiol Clin North Am*, v, 40, p, 431-41, 2002.

GUYER, P. B.; DEWBURY, K. C.; RUBIN, C. M.; BUTCHER, C.; ROYLE, G. T.; THEAKER, J. Ultrasonic attenuation in fibroadenoma of the breast. *Clin Radiol*, v, 45, p, 175-8, 1992.

HAGEN-ANSERT, S. L. *Tratado de Ultra-sonografia Diagnóstica*, 5ed, v,1, 1997.

INCA. Ministério da Saúde, Estimativa de Câncer no Brasil 2016, Rio de Janeiro, 2015.

JOHNSON-THOMPSON M.C.; GUTHRIE, J. Ongoing research to identify environmental risk factors in breast carcinoma. *Cancer*, v, 88, p, 1224-9, 2000.

KEMP, C.; ELIAS, S.; BORELLI, K.; NARVAIZA, D.G.; KEMP, C.G.M.; SCHOR, A. P. Punção aspirativa por agulha fina orientada por ultra-sonografia em lesões não-palpáveis. *Rev Bras Ginecol Obstet*, v, 23, n, 5, p, 321-7, 2001.

KOBAYASHI, T.; TAKATANI, O.; HATTORI, N.; KIMURA, K. Differential diagnosis of breast tumors. The sensitivity graded method ultrasonotomography and clinical evaluation of its diagnostic accuracy. *Cancer*, v, 33, p, 940-51, 1974,

LOUVEIRA, M.H.; SOUZA, I.R.M.F.; CASTRO, I.M.; ELIAS, S.; SZEJNFELD, J.; KEMP, C. Avaliação e classificação ultra-sonográfica dos nódulos mamários: revisão da literatura e aspectos atuais. *Revista Imagem*, v, 23, n,2, p, 123-28, 2003.

MADSEN, E. L.; et al, Tissue mimicking materials for ultrasound phantoms. *Medical Physics*, v, 5, n, 5, p, 391-4, 1978.

MADSEN, E. L. et al. Anthropomorphic breast phantoms for assessing ultrasonic imaging system performance and for training ultrasonographers: part I, *Journal of clinical ultrasound: JCU*, v, 10, n, 2, p, 67-75, 1982a.

MADSEN, E. L. et al. Anthropomorphic breast phantoms for assessing ultrasonic imaging system performance and for training ultrasonographers: part II, *Journal of clinical ultrasound: JCU*, v, 10, n, 3, p, 91-100, 1982b.

MADSEN, E. L.; ZAGZEBSKI, J. A.; FRANK, G. R. An anthropomorphic ultrasound breast phantom containing intermediate-sized scatterers. *Ultrasound in Medicine & Biology*, v, 8, n, 4, p, 381-92, 1982.

MADSEN, E. L.; FRANK, G. R. Use of anthropomorphic compressed breast phantoms for comparing ultrasound breast imagers. *Archives of Acousticm*, v, 16, n, 3-4, p, 501-11, 1991.

MADSEN, E. L.; BERG, W. A.; MENDELSON, E. B.; FRANK, G. R. Anthropomorphic Breast Phantoms for Qualification of Investigators for ACRIN Protocol 6666. *Radiology*, v, 239, n, 3, p, 869-74, 2006.

MAGGI, L. E.; JUNIOR, J. F. S. C.; CORTELA, G. A.; PEREIRA, W. C. A.; VON KRÜGER, M. A. Analysis of different techniques for measuring the attenuation coefficient in ultrasonic phantom, Health Care Exchanges (PAHCE), 2011 Pan

American, Anais, In: HEALTH CARE EXCHANGES (PAHCE), 2011 PAN AMERICAN, 2011.

MAGGI, L. E. Caracterização das propriedades acústicas de novos materiais visando a confecção de *phantoms* ultrassônicos. Tese de Doutorado – Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

MARUSSI, E. F. *Análise da morfologia ultra-sonográfica aliada à color doppler velocimetria na previsão do diagnóstico histológico dos nódulos sólidos da mama*, Faculdade de Ciências Médicas, Campinas (SP): Universidade Estadual de Campinas, 2001, p,157.

MATHEO, L. L. Mimetização da aparência ultrassonográfica dos ductos lactíferos em *phantoms* de mama, Dissertação de Mestrado – Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, INCA. Coordenação Nacional de Controle de Tabagismo, CONTAPP. *Falando sobre o câncer e seus fatores de risco*, Rio de Janeiro, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Diretrizes Diagnósticas e Terapêuticas do Carcinoma de Mama*, 2015.

PAULINELLI, R. R.; CALAS, M. J. G.; JÚNIOR, R. F. BIRADS® and breast ultrasonography – a critical analysis. *FEMINA*, v, 35, n, 9, p, 565-72, 2007.

SKAANE, P.; ENGEDAL, K. Analysis of sonographic features in the differentiation of fibroadenoma and invasive ductal carcinoma. *Am J Roentgenol*, v, 170, p, 109-14, 1998.

STAVROS A. T.; THICKMAN, D.; RAPP, C. L.; DENNIS, M. A.; PARKER, S. H.; SISNEY, G. A. Solid breast nodules: use of sonography to distinguish between benign and malignant lesions. *Radiology*, v, 196, p, 123-34, 1995.

VIEIRA, S. L.; PAVAN, T. Z.; JUNIOR, J. E.; CARNEIRO, A. A. Paraffin-gel tissue-mimicking material for ultrasound-guided needle biopsy phantom. *Ultrasound in Medicine & Biology*, v, 39, n, 12, p, 2477–84, 2013.

## **10. APÊNDICE**

### **Confeção de lesões**

Ph 1 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de grafite e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão uma solução salina a 10%.

Ph 2 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de grafite e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzido no interior da lesão o azeite de oliva.

Ph 3 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de grafite e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão a vaselina líquida.

Ph 4 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de alumina e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão a água destilada.

Ph 5 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de alumina e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzido no interior da lesão o azeite de oliva.

Ph 6 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de alumina e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão a vaselina líquida.

Ph 7 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 1% de grafite e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 8 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 0,1% de grafite e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 9 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 1% de alumina e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 10 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 0,1% de alumina e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 11 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 0,5% de alumina e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 12 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 5% de grafite e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 13 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de cera de carnauba e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão a água destilada.

Ph 14 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de cera de carnauba e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão o azeite de oliva.

Ph 15 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de cera de carnauba e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão o PVCP líquido não aquecido.

Ph 16 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 5% de grafite e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 17 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 10% de grafite e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 18 – Foi preparada uma mistura de PVCP com 15% de grafite e, ainda quente, despejada no molde de silicone previamente confeccionado com moldes de lesões irregulares. Após aproximadamente 24h, quando a lesão atinge o estado sólido, é retirada do molde.

Ph 19 – Foi confeccionado o silicone conforme as especificações do fabricante e desejado num copo de plástico descartável. Quando o silicone atinge o estado sólido, este é desenformado do copo e a lesão é moldada manualmente com um canivete de forma que o formato da lesão fique irregular.

Ph 20 – Foi confeccionado o silicone conforme as especificações do fabricante e desejado num copo de plástico descartável. Quando o silicone atinge o estado sólido, este é desenformado do copo e a lesão é moldada manualmente com um canivete de forma que o formato da lesão fique irregular. Após a confecção do núcleo, é feito o encapsulamento de acordo com o protocolo de encapsulamento para núcleos sólidos. A cápsula foi produzida com PVCP e 5% de grafite.

Ph 21 – Foi confeccionado o silicone conforme as especificações do fabricante e desejado num copo de plástico descartável. Quando o silicone atinge o estado sólido, este é desenformado do copo e a lesão é moldada manualmente com um canivete de forma que o formato da lesão fique irregular. Após a confecção do núcleo, é feito o encapsulamento de acordo com o protocolo de encapsulamento para núcleos sólidos. A cápsula foi produzida com PVCP e 10% de grafite.

Ph 22 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de cera de carnauba e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão a água destilada.

Ph 23 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de cera de carnauba e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão o azeite de oliva.

Ph 24 – A cápsula foi produzida com PVCP e 1% de grafite e o seu encapsulamento seguiu o protocolo de encapsulamento para núcleos líquidos. Após a confecção da cápsula, foi introduzida no interior da lesão o azeite de oliva.

Obs.: Concentrações superiores a 5% de espalhador não foram submetidas ao micro-ondas e sim, aquecidas em placa aquecedora.