



Mamografia digital:

Performance de equipamentos e

Prática clínica

Cláudia Sá dos Reis, PhD

Prof.^aAdjunta AC de Radiologia



Conteúdos

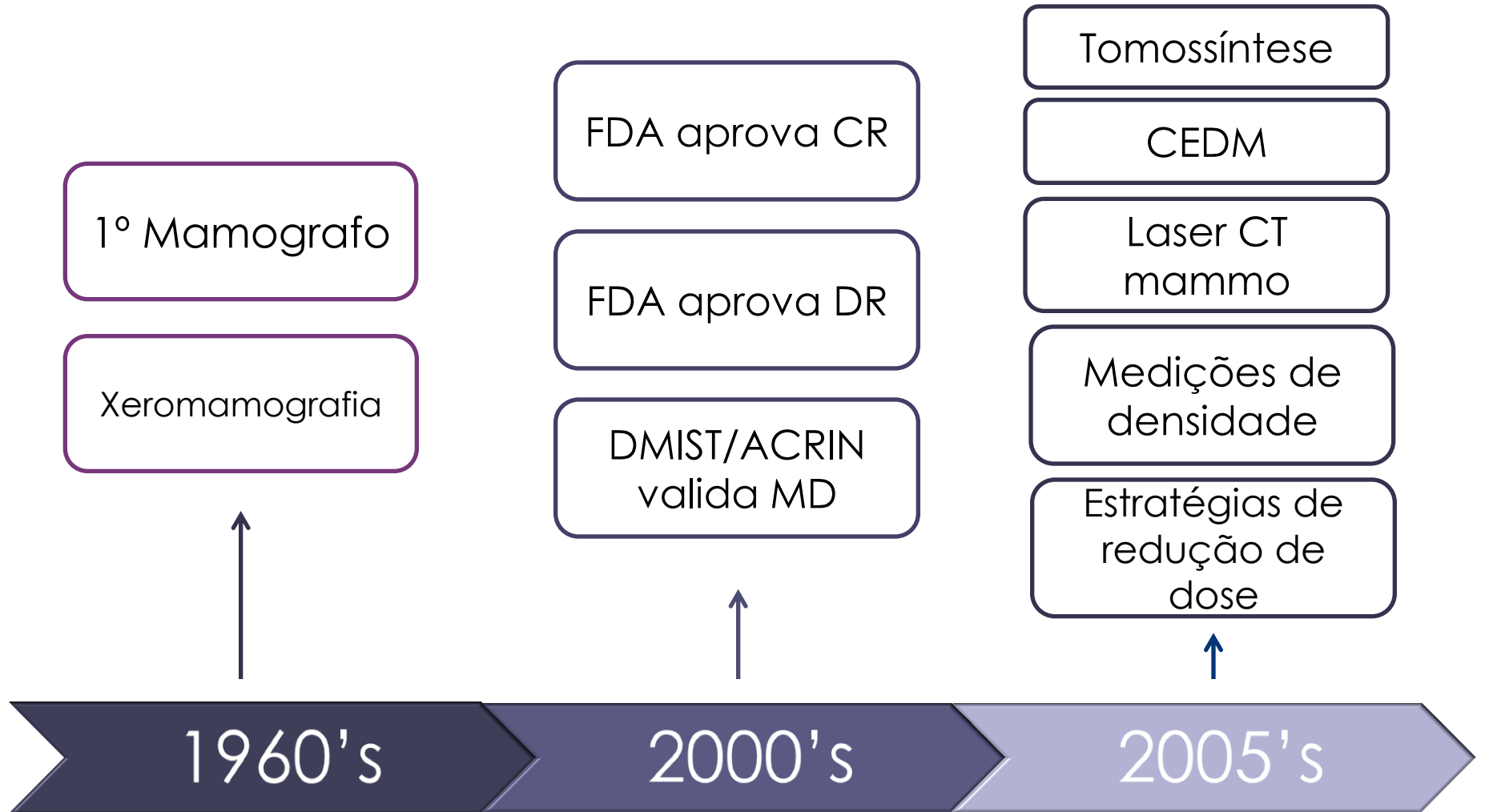
- Evolução Tecnológica
 - Ferramentas de otimização
- Controlo da Qualidade em Mamografia Digital
- Prática Clínica: aspetos a melhorar:
 - Tecnologia e Técnica

Evolução Tecnológica

Ferramentas de otimização

Evolução na Mamografia

Contexto histórico (Séc XX e XXI)



1. Gold H, Bassett W, Widoff E. Highlights from the History of Mammography. *Radiographics*. 1990;10:1111–31.
2. Thierry-Chef I, Simon SL, Weinstock RM, Kwon D, Linet MS. Reconstruction of absorbed doses to fibroglandular tissue of the breast of women undergoing mammography (1960 to the present). *Radiat Res [Internet]*. 2012 Jan [cited 2012 Jul 29];177(1):92–108. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21988547>

Evolução na Mamografia (Séc XX e XXI)

A separação de:

Aquisição da imagem

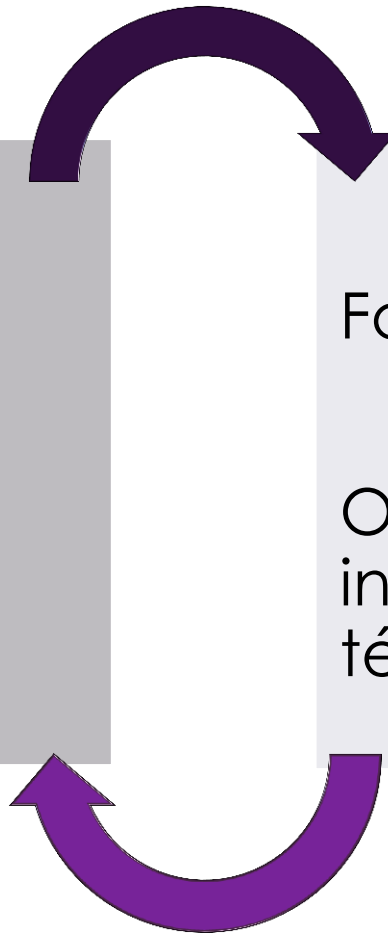
Processamento

Arquivo

Display/visualização

Facilita a otimização

Oportunidade para
introdução de novas
técnicas, softwares,...



Fonte de
Radiação



- Combinações A/F

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Combinações Ânodo/Filtro
(W/Rh; W/Ag)

Alta energia – mamas + densas e espessas¹

Potencial para reduzir dose¹

Utilizado em CEDM & Tomo

1. Dance DR, Thilander AK, Sandborg M, Skinner CL, Castellano IA, Carlsson GA. Influence of anode/filter material and tube potential on contrast, signal-to-noise ratio and average absorbed dose in mammography: a Monte Carlo study. Br J Radiol [Internet]. 2000 Oct;73(874):1056–67. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11271898>
2. Kotre CJ, dos Reis CS. Mammography Equipment. In: Hogg P, Kelly J, Mercer C, editors. Digital Mammography - A holistic approach [Internet]. Springer; 2015. p. 125–41. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04831-4_16

Fonte de
Radiação



- Combinações A/F

Detetores



- Tipos
- Materiais
- Contraste (resolução)
- Sistema CAE
- Redução de dose

Evolução Tecnológica

Fonte de Radiação

Detetores

Visualização e Report

Técnicas complementares

Analogue	Digital			
Screen-Film	Computed radiography	Integrated Technology		
		Indirect Conversion	Direct Conversion	
Screen + Film	PSS + Image plate reader	Phosphor (Csl)	Amorphous Selenium	
		CCD	TFT	TFT Photon - Counting

Fonte de Radiação

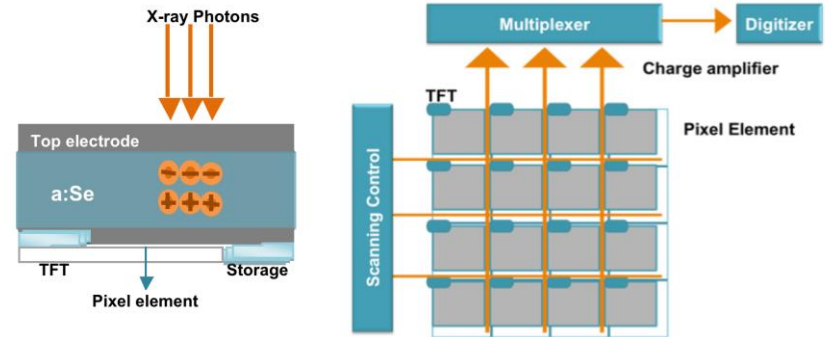
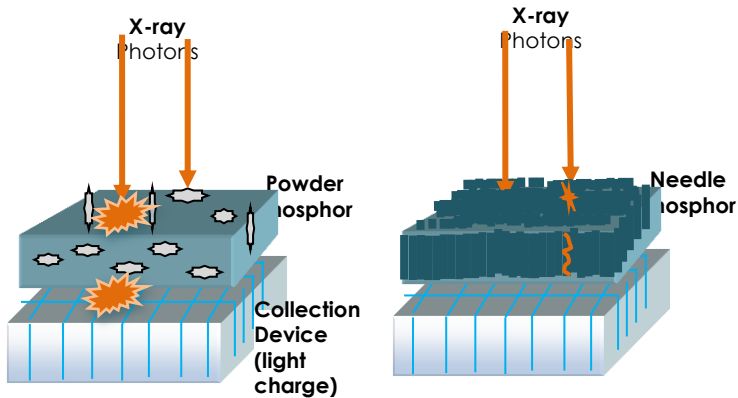
Detetores

Visualização e Report

Técnicas complementares

Detetores de conversão indireta
RX– luz– Sinal eléctrico

Detetores de conversão direta
RX– Sinal eléctrico



1. Yaffe MJ, Rowlands J a. X-ray detectors for digital radiography. Phys Med Biol [Internet]. 1997 Jan;42(1):1–39. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9015806>
2. Smith A. Fundamentals of digital mammography: physics, technology and practical considerations. Hologic [Internet]. 2005;R-BI-016:1–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14603590>
3. Reis C. Digital Mammography: Characterisation Of Practice And Equipment Performance In Portuguese Healthcare Providers. Universidade Católica Portuguesa; 2013.

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Melhor e mais ampla gama dinâmica e SNR

Vários algoritmos de processamento - correção de não uniformidades; melhoria na resolução de contraste

Melhoria no sistema de CAE – espessura e densidade

1. Kotre CJ, dos Reis CS. Mammography Equipment. In: Hogg P, Kelly J, Mercer C, editors. Digital Mammography - A holistic approach [Internet]. Springer; 2015. p. 125–41. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04831-4_16
2. Bick U, Diekmann F, editors. Digital Mammography [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2010 [cited 2014 Oct 14]. Available from: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-540-78450-0>

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Alteração do sistema CAE (smarter AEC)

2 etapas = 1ª exp. dose muito baixa + 2ª exp. determinação dos PTE

Composição, espessura da mama comprimida e força de compressão

1. Varjonen M, Strömmer P. Anatomically adaptable automatic exposure control (AEC) for amorphous selenium (a-Se) full field digital mammography (FFDM) system. Proc SPIE [Internet]. Spie; 2006 [cited 2011 Oct 13];6142:614207–614207 – 8. Available from: <http://link.aip.org/link/PSISDG/v6142/i1/p614207/s1&Agg=doi>
2. Bick U, Diekmann F, editors. Digital Mammography [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2010 [cited 2014 Oct 14]. Available from: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-540-78450-0>

Manuf.	AEC modes and operation
GE	<p>STD: intermediate dose, breast thickness is the major driver in the selection of exposure settings</p> <p>Dose: promotes lower dose, breast thickness is the major driver in the selection of exposure settings</p> <p>CNT: lower kVp, higher dose, not influenced by breast thickness. Adjusts the selections to achieve higher contrast at the cost of increased dose.</p> <p>In each mode, the target, filter, kVp, and mAs are determined automatically using a pre-exposure.</p>
Siemens	<p>H or AEC: select only the exposure time.</p> <p>D or Opdose: selection solely based on compressed breast thickness. Four thickness bands can be defined with different X-ray factors selected for each.</p> <p>The kVp is determined exclusively on compressed thickness, the mAs is determined through a pre-exposure.</p>
Fuji Amulet (DR)	<p>Normal: intermediate dose value; Large: higher dose; Small: lower dose</p>
Planmed	<p>AEC mode for mammography and AEC mode for tomosynthesis</p> <p>Modeled by Flex-AEC software. The Flex-AEC consists of 48 individual detection areas that cover the amorphous selenium area of 100 cm². It measures a representative sample of the tissue before the final exposure and adjusts the parameters according to breast characteristics.</p>
LORAD	<p>Auto filter - selects the filter, kVp, and mAs. The mAs selection is affected by a density setting.</p> <p>Auto kV: selects kVp and time.</p> <p>Auto timer: selects only time.</p> <p>There are 7 positions of AEC sensors</p>
Philips	<p>AEC mode – seven options for different breast thickness. The dose calculation is dependent on T/F combination, selected kVp and breast thickness.</p> <p>DR equipment have available the option “higher dose” and manual exposure mode.</p>
Instrumentarium	<p>A: selects only time</p> <p>AA: selects time and kVp</p>

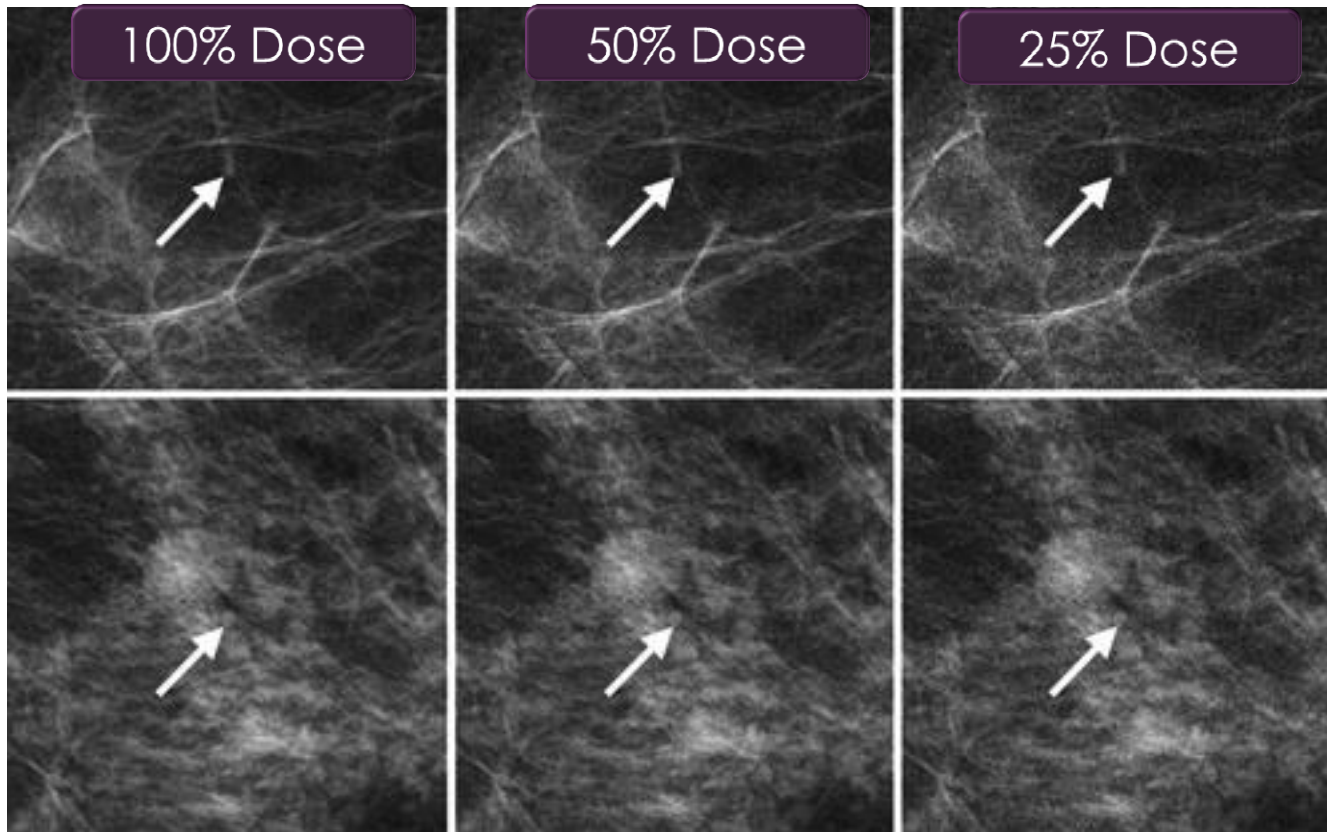
Evolução Tecnológica

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares



Fonte de
Radiação



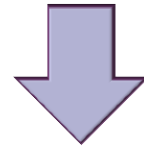
- Combinações A/F

Detetores



- Tipos
- Materiais
- Contraste (resolução)
- Sistema CAE
- Redução de dose

Visualização e
Report



- Monitores dedicados
- Sistema de relatório
- Desafios na avaliação da QImagem

Técnicas
complementares

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Hardware

LCD flat-panel

LED

Cathode-ray-
tubes (CRT)

Requisitos p/ o sistema de leitura:

- 2 monitores de alta resolução coincidentes com a matrix da mamografia
- Monitor adicional para a informação
- Monitores ≥ 5 MP
- Luminância: ≥ 450 cd/m²
- Calibrados com DICOM GSDF: max. as diferenças

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Requisitos p/ o sistema de leitura:

Contraste:

- resposta dos monitores de acordo com as recomendações da AAPM TG18

Bit depth:

- mínimo de 8-bit

Ruído no Display: tão baixo quanto possível (2–2.5%)

Durante a interpretação: as imagens devem ser visualizadas a 2:1 ou 200% do tamanho

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Todos os monitores devem ter aparência semelhante, necessitando de uma calibração que use a mesma GSDF e rácios de luminância

MAS É AINDA INSUFICIENTE

Controlo da Qualidade:
Mudança no papel dos TR

Fonte de
Radiação

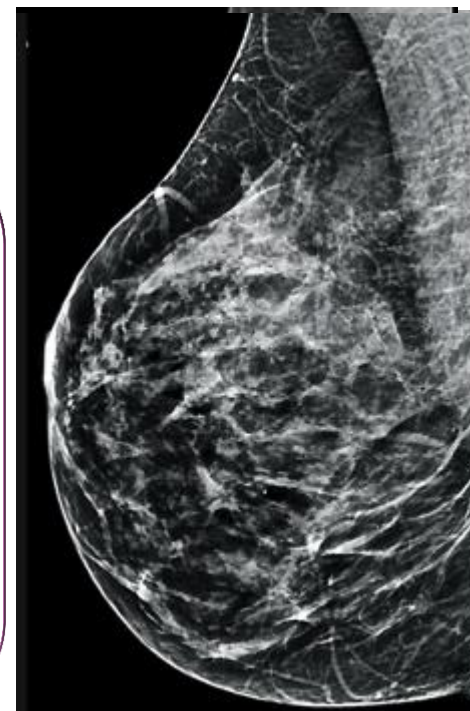
Detetores

Visualização e
Report

Técnicas
complementares

Ferramentas

- Contraste & brilho
- Flip & rotação
- Inversão
- ROI & medições
- Zoom, Pan & magnificação
- Edge enhancement & redução do ruído



Fonte de
Radiação



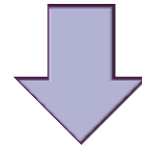
- Combinações A/F

Detetores



- Tipos
- Materiais
- Contraste (resolução)
- Sistema CAE
- Redução de dose

Visualização e
Report



- Monitores dedicados
- Sistema de relatório
- Desafios na avaliação da QImagem

Técnicas
complementares



- Medições da densidade mamária
- CEDM
- Tomossíntese

Evolução Tecnológica

Tabár	Mammogram composed of scalloped contours with some lucent areas of fatty replacement and 1 mm evenly distributed nodular densities	I	Low
	Mammogram composed almost entirely of lucent areas of fatty replacement and 1-mm evenly distributed nodular densities	II	
	Prominent ducts in the retroareolar area	III	
	Extensive, nodular and linear densities with nodular size larger than normal lobules	IV	High
	Homogeneous ground-glass-like appearance with no perceptible features	V	
Boyde	0% of density	A	Low
	0-10%	B	
	10-25%	C	
	25-50%	D	
	50-75%	E	High
	> 75% of density	F	

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

**Técnicas
complementares**

- Software em desenvolvimento para calcular a % de tecido glandular
 - Métodos mais objetivos e quantitativos – menos dependentes dos observadores
 - Medição de densidade também possível noutras modalidades: MRI, US

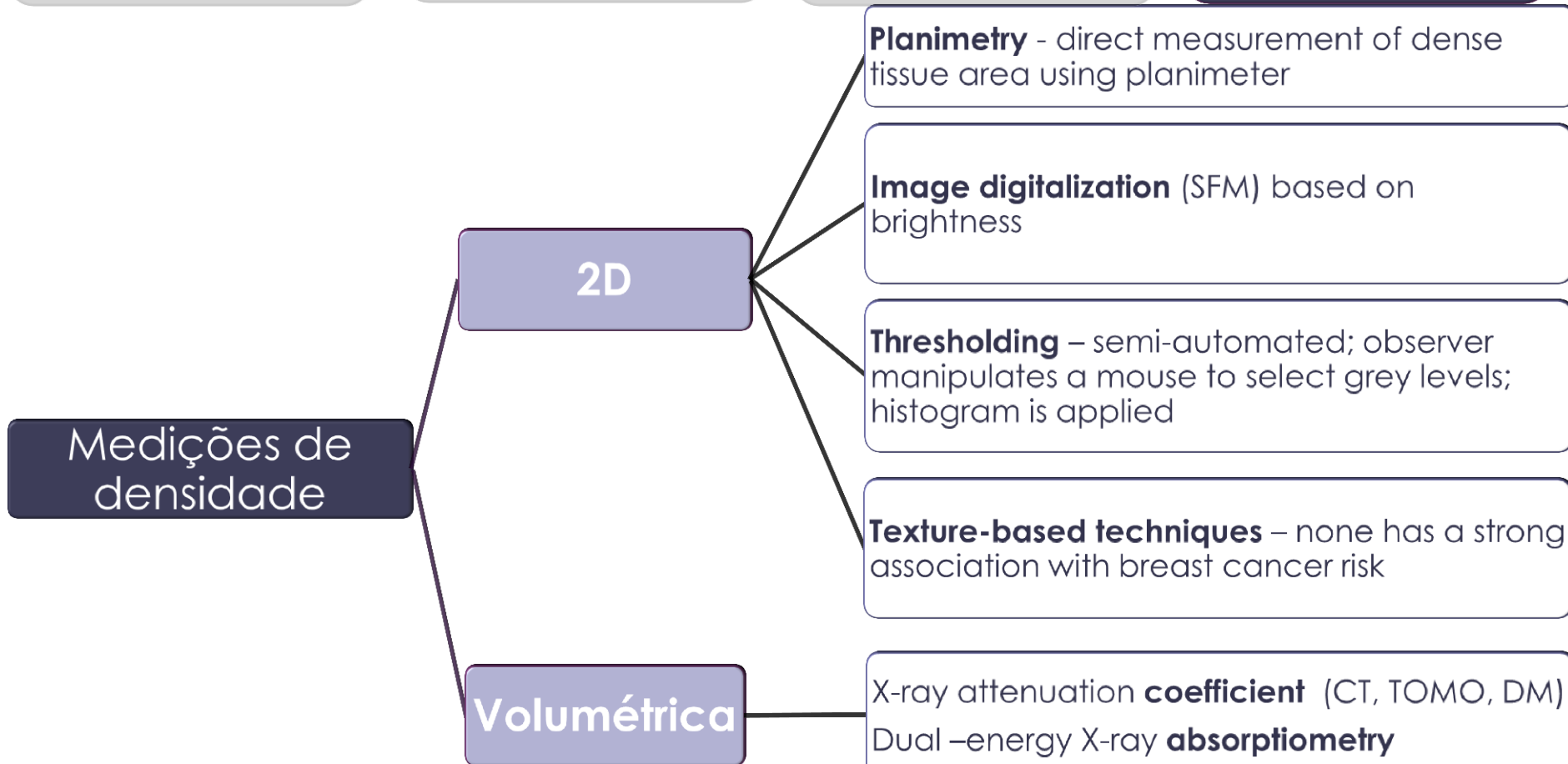
Evolução Tecnológica

Fonte de Radiação

Detetores

Visualização e Report

Técnicas complementares



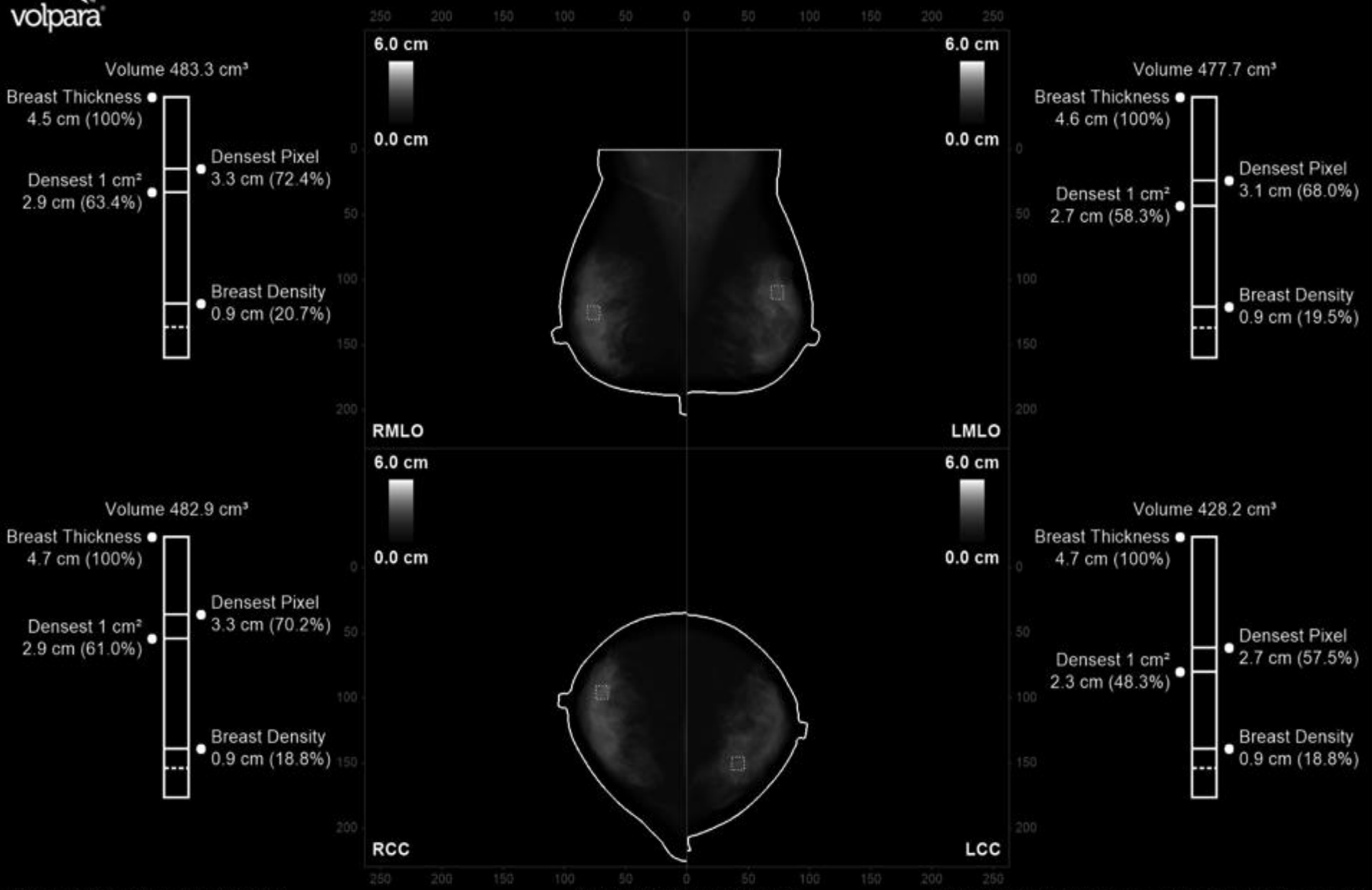
Planimetry - direct measurement of dense tissue area using planimeter

Image digitalization (SFM) based on brightness

Thresholding - semi-automated; observer manipulates a mouse to select grey levels; histogram is applied

Texture-based techniques - none has a strong association with breast cancer risk

X-ray attenuation **coefficient** (CT, TOMO, DM)
Dual-energy X-ray **absorptiometry**



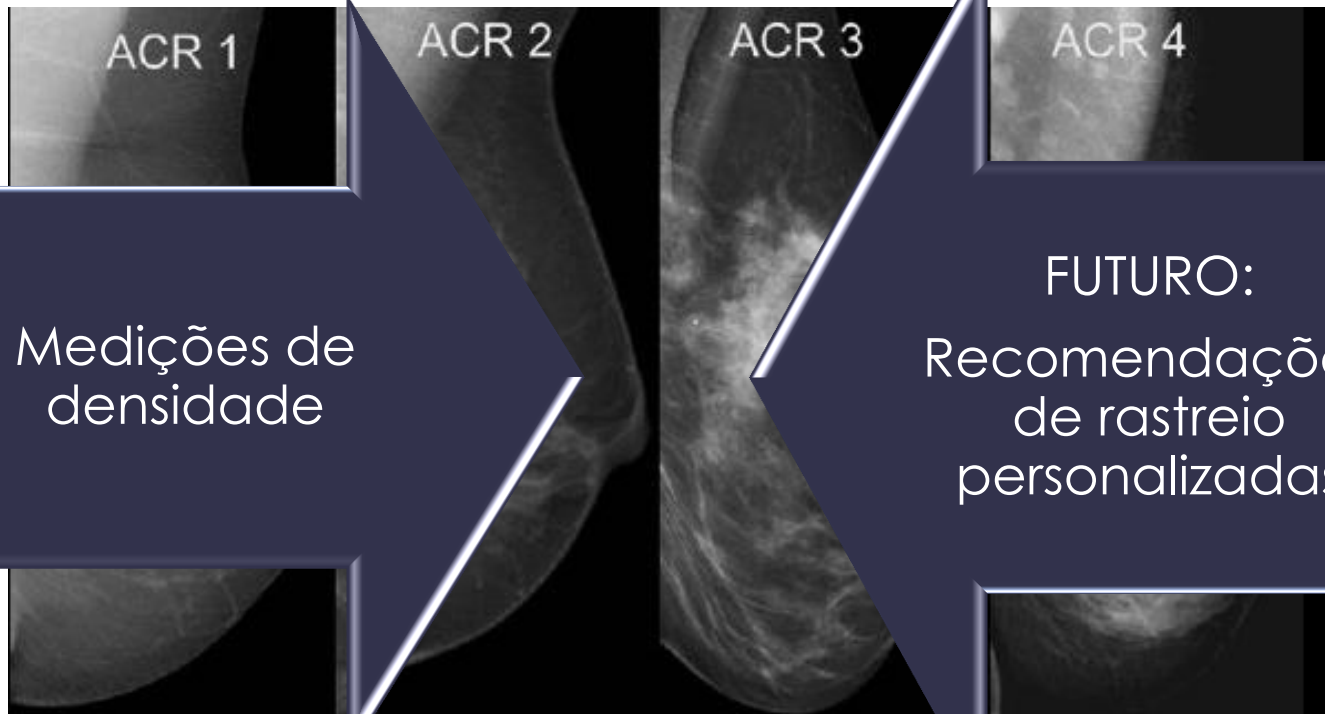
Evolução Tecnológica

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

**Técnicas
complementares**



Medições de
densidade

FUTURO:
Recomendações
de rastreio
personalizadas

1. Fowler EEE, Vachon CM, Scott CG, Sellers TA, Heine JJ. Automated Percentage of Breast Density Measurements for Full-field Digital Mammography Applications. Acad Radiol [Internet]. 2014 Aug;21 (8):958–70. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1076633214001494>
2. Reis C. Digital Mammography: Characterisation Of Practice And Equipment Performance In Portuguese Healthcare Providers. Universidade Católica Portuguesa; 2013.

Evolução Tecnológica

Fonte de
Radiação

Detetores

Visualização e
Report

**Técnicas
complementares**

Medição de
densidade

CEDM

Tomossíntese

Evolução Tecnológica



European Journal of Radiology 84 (2015) 2901–2908

Contents lists available at ScienceDirect

European Journal of Radiology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ejrad



Clinical evaluation of contrast-enhanced digital mammography and contrast enhanced tomosynthesis—Comparison to contrast-enhanced breast MRI

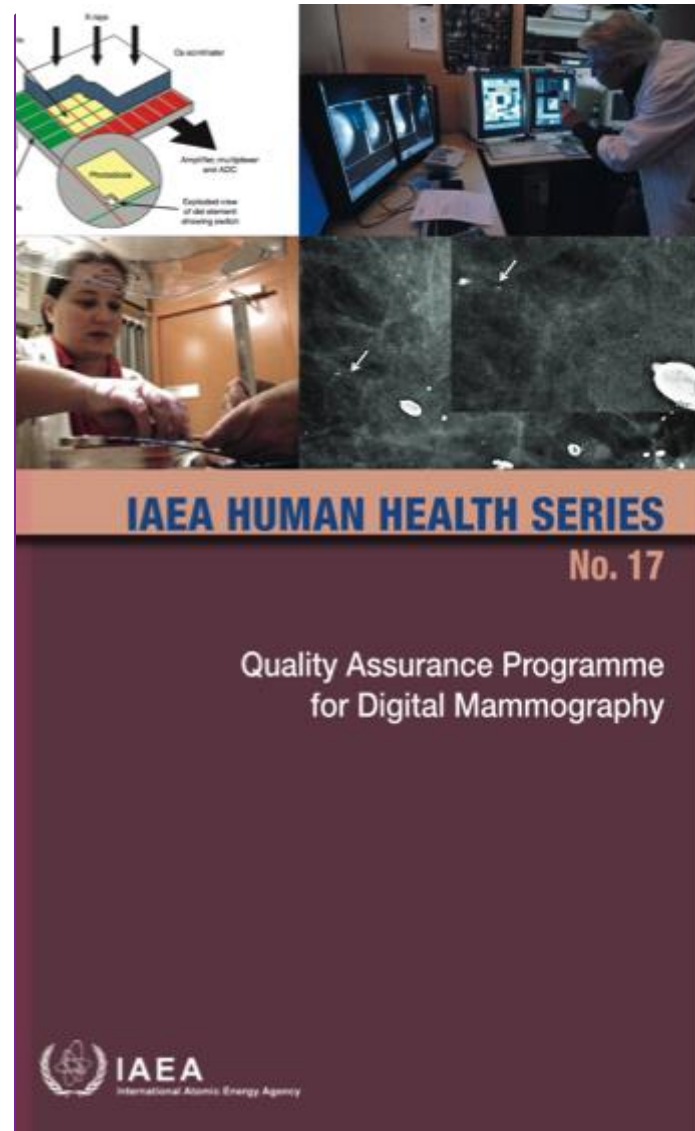
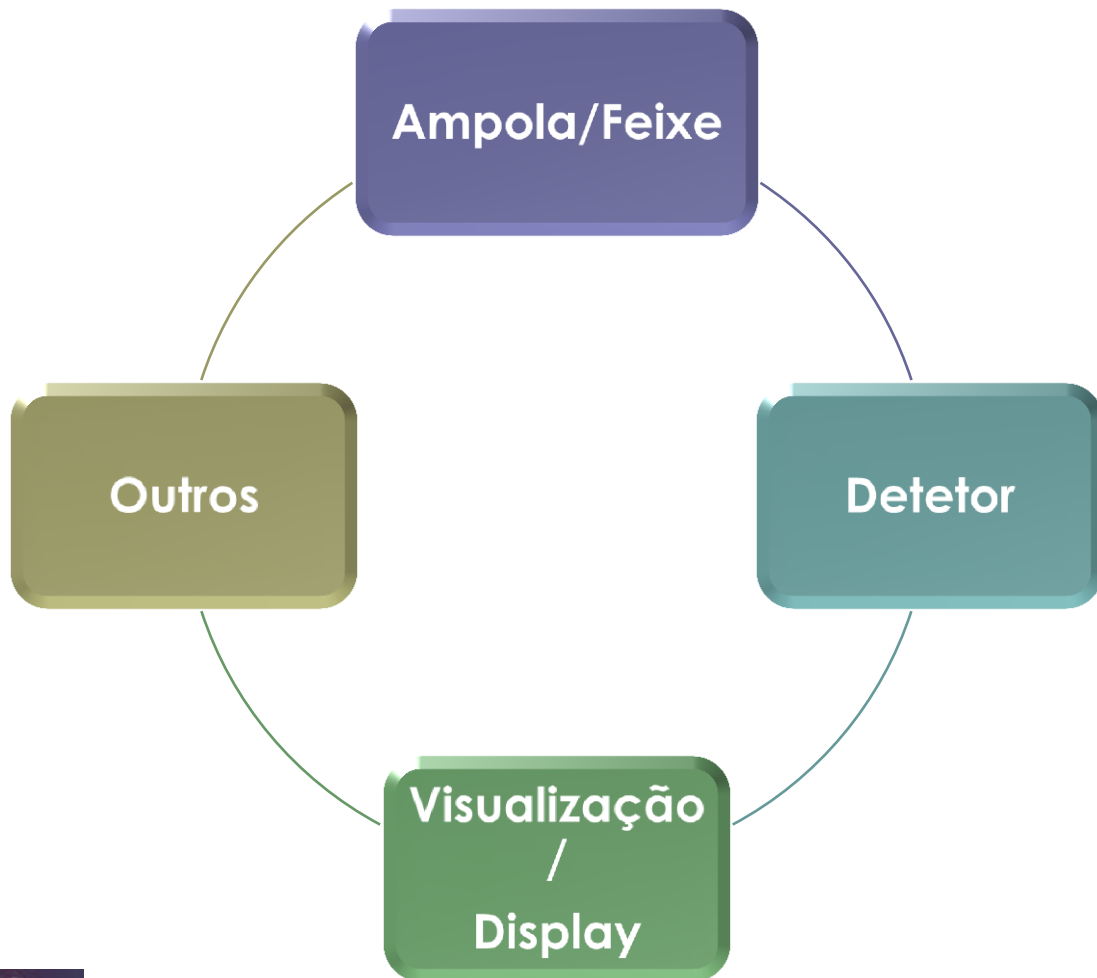


Chen-Pin Chou^{a,c,d}, John M. Lewin^b, Chia-Ling Chiang^{a,c}, Bao-Hui Hung^a,
Tsong-Lung Yang^{a,c}, Jer-Shyung Huang^{a,c}, Jia-Bin Liao^{c,f}, Huay-Ben Pan^{a,c,g,*}

Controlo da Qualidade em Mamografia Digital

Testes - impactos

Controlo da Qualidade



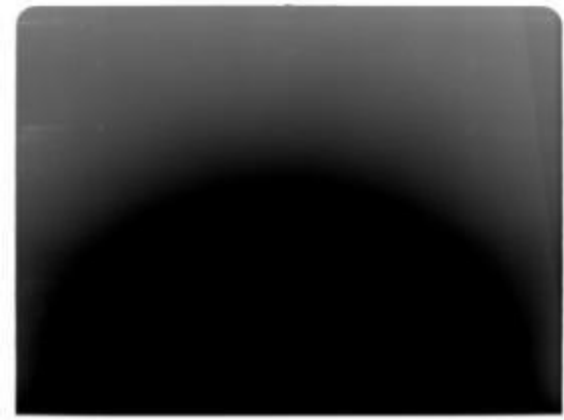
Controlo da Qualidade

Sistema de Aquisição

1. European Communities/European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (2006). European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnostic. (4th edition)

Controlo da Qualidade

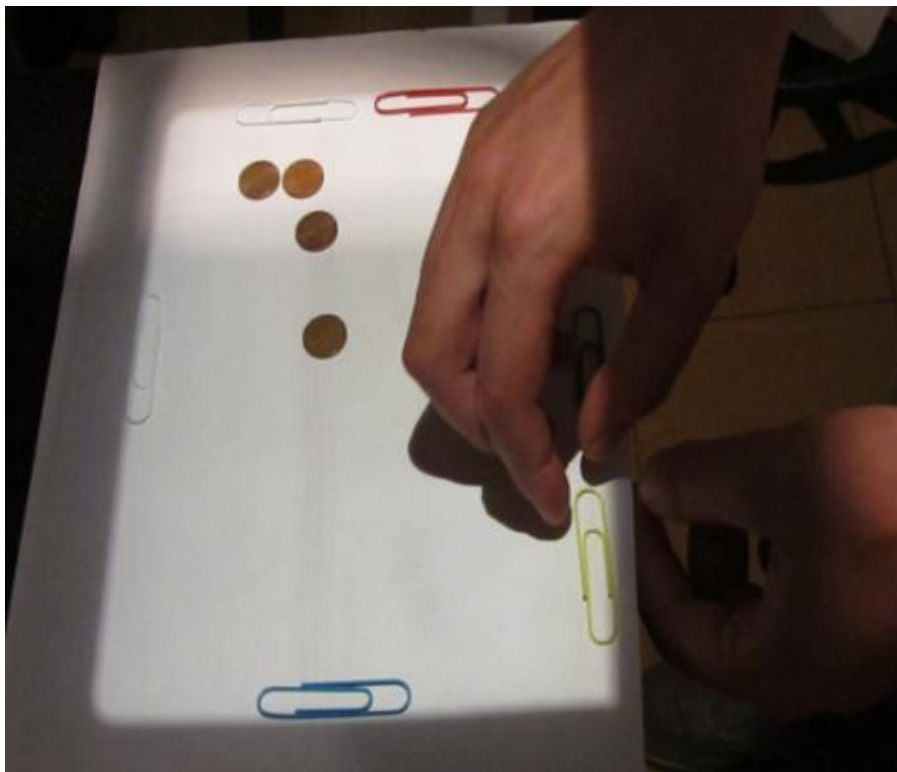
Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR Uniformidade/Artefactos



Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Alinhamento



Controlo da Qualidade

Propriedades do sistema Dosimetria

1. European Communities/European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (2006). European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnostic. (4th edition)

Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Dosimetria

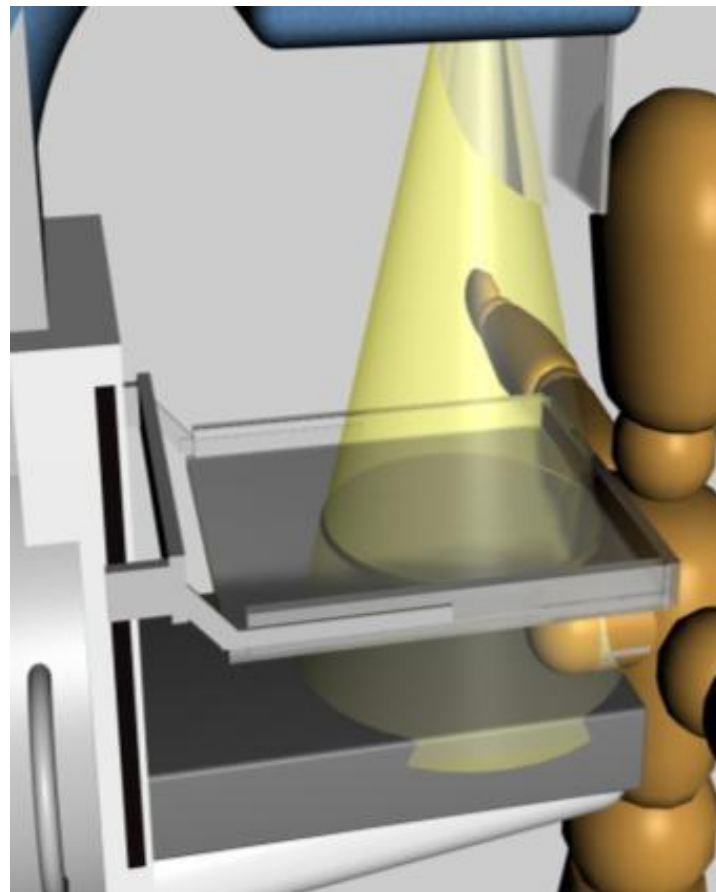
Retrospectiva



Pacientes



Dados DICOM (DR)
Grelhas de Observação (CR)



Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Dosimetria

Prospetiva



Dosimetria direta: fantômas e/ou pacientes



Dosímetros calibrados



Exemplos práticos

Propriedades do sistema

Qualidade da Imagem

Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

CNR

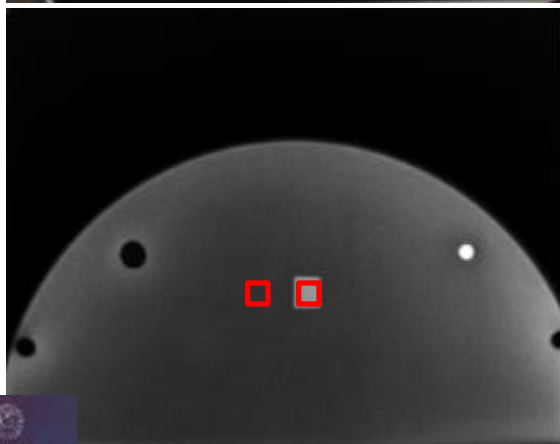


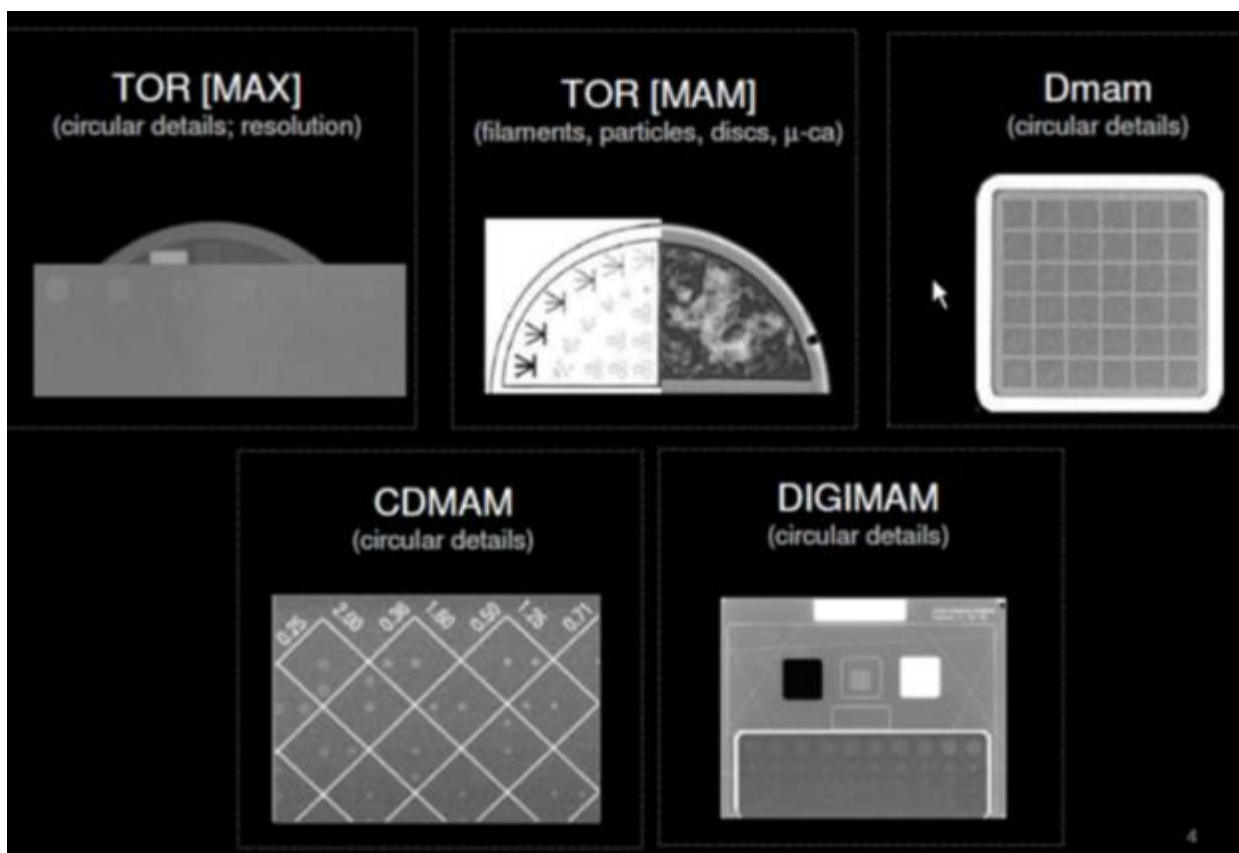
TABLE 14. ACCEPTABLE AND ACHIEVABLE VALUES FOR SDNR USED FOR AEC EVALUATION: 1 mm THICK PMMA CONTRAST OBJECT (cont.)

System	PMMA thickness (mm)					
	20		45		70	
	Acceptable	Achievable	Acceptable	Achievable	Acceptable	Achievable
GE DS	3.4	5.61	3.0	5.0	2.5	4.1
GE Essential	5.2	7.9	4.6	7.0	3.9	6.0
Hologic Selenia	1.5	2.6	1.3	2.2	1.0	1.8
IMS Giotto	2.9	4.6	2.6	4.0	2.1	3.4
Carestream CR (M2 plate)	3.8	5.8	3.3	5.1	2.8	4.4
Carestream CR (M3 plate) ^a						
Konica CR RP-6M	4.6	7.1	4.1	6.2	3.5	5.4
RP-7M	3.4	5.3	2.9	4.6	2.5	4.0
CP-1M	2.3	3.8	2.0	3.3	1.7	2.8
Planmed Nuance	1.2	2.0	1.6	2.7	2.4	3.9
Sectra D40	0.9	1.7	0.8	1.5	0.6	1.2
Sectra L30	0.9	1.7	0.8	1.5	0.6	1.2
Siemens Novation DR	1.6	2.7	1.4	2.4	1.1	2.0
Siemens Inspiration	1.3	2.2	1.1	1.9	0.9	1.6

Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Qualidade da Imagem



ECR, 2006
Ana Pascoal

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Análise de Rejeitados

Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Análise de Rejeitados

Facility: ABC Room: 1 Unit: Novation DR

Date from: 1 Oct 2010 Date to: 31 Dec 2010

Study #	Cause	Frequency	Date	Repeat initiated by	
				Physician	Radiographer
1234	1	1	2/10	✓	
1561	2	2	4/10		✓
1345	4	1	7/10		✓
1392	1	1	11/10	✓	

Causas

Posicionamento

Movimento

Parâmetros de exposição

Falha do equipamento

Software

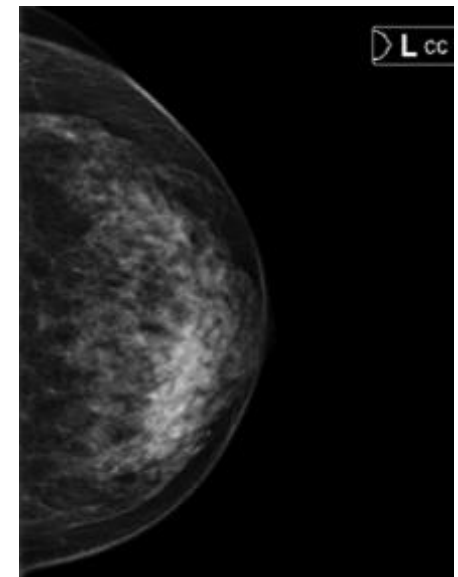
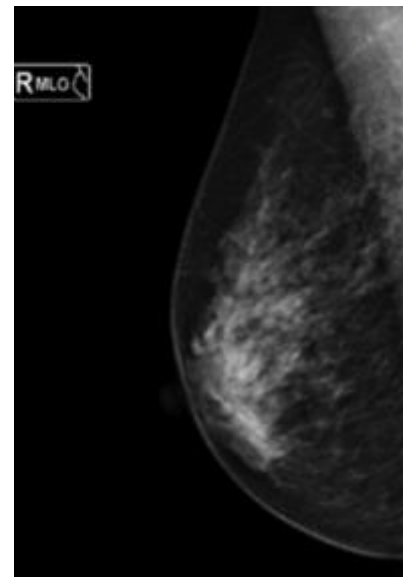
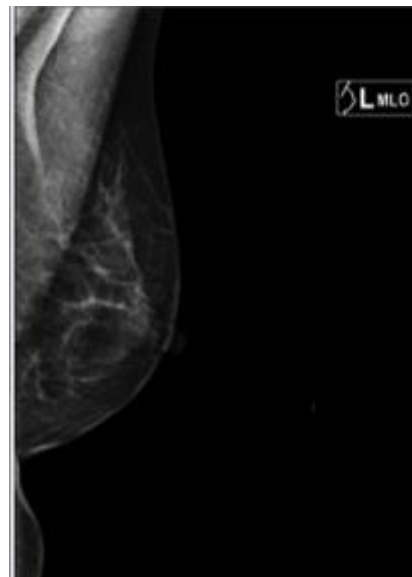
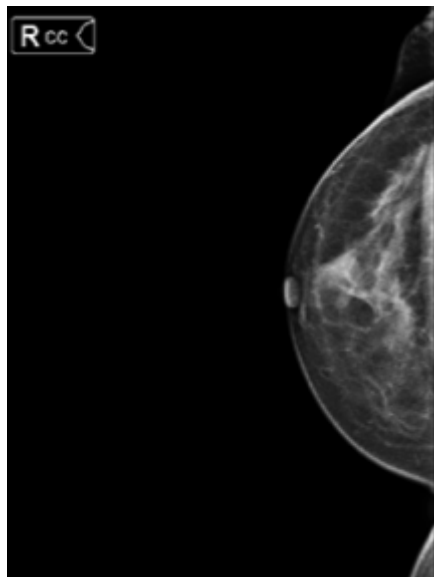
Sem imagem

Outras

Controlo da Qualidade

Equipamento - Mamógrafo Digital CR ou DDR

Análise de Rejeitados

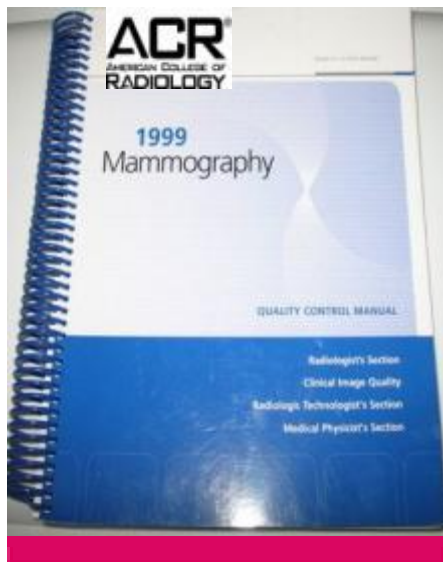


Controlo da Qualidade

Base: 10 protocolos de CQ em mamografia

	Dosimetria	CNR	Qual. Imagem	Monitor	Análise de Rejeitados
Frequência	semestral	semestral	anual	semanal	trimestral
Recursos Humano	TR, FM	TR, FM	TR, MR, FM	TR, FM, MR	TR
Tempo (minutos)	180	120	150	15	variável
Custo	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$
Dificuldade	moderado	moderado	moderado	fácil	fácil
Utilidade	++++	++++	+++	+++	++++

Guidelines disponíveis



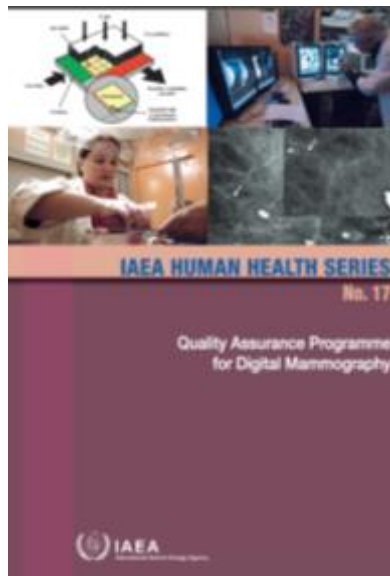
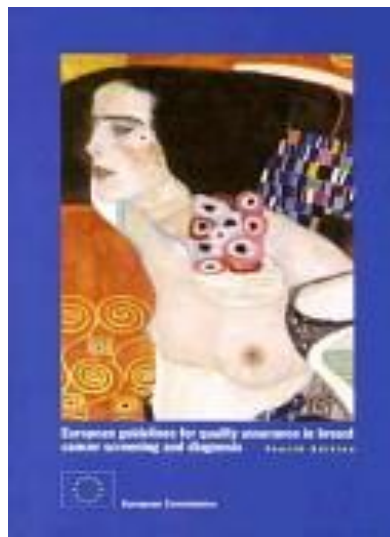
ACR Breast Screening Programme

Cancer Screening Programmes **INCD**

Commissioning and Routine Testing of Small Field Digital Mammography Systems

London September 2002

0401 2002



DIÁRIO DA REPÚBLICA — II SÉRIE

MINISTÉRIO DA SAÚDE

Gabinete do Secretário de Estado da Saúde

Despacho n.º 258/2003 (2.ª série). — O Decreto-Lei n.º 492/99, de 17 de Novembro, com a redacção dada pelo Decreto-Lei n.º 240/2000, de 26 de Setembro, ao aprovar o regime jurídico do licenciamento e da fiscalização das unidades de saúde privadas que utilizem, com fins de diagnóstico, terapêutica e de prevenção, radiações ionizantes, ultra-sons ou campos magnéticos, teve como preocupação fundamental garantir a qualidade das actividades desenvolvidas.

N.º 6 — 8 de Janeiro de 2003

Manual de Boas Práticas
em Radiologia

Prática Clínica

Aspetos a melhorar

Aspetos a Melhorar



Relacionados com o paciente



Relacionados com o equipamento



Relacionados com a transição EP para Digital



Relacionados com educação e treino

Relacionados com o paciente

- Sobreposição dos tecidos
- Mamas densas
- Movimento
- Ansiedade
- Variabilidade anatômica com impactos no posicionamento

Sistema de Aquisição

- Radiação Ionizante
- Compressão necessária
- Movimento do compressor
- Calibração do sistema CAE
- Detetores afetados pela temperatura
- Novos artefactos
- Dose

Sistemas de Visualização

- Desafio na manuseamento de novas ferramentas
- Seleção dos monitores
- Introdução de avaliação dedicadas à performance dos observadores & características visuais

Relacionados com o equipamento

- Aspectos ergonómicos



CC Positioning

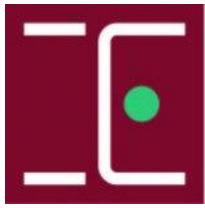


MLO Positioning

- Integração do equipamento digital em sistema analógico
- Ajustamento da técnica (A/F, feixe de radiação, CAE)
- Integração nos sistemas de informação (PACS)
- Mudanças no *workload & workflow*
- Práticas de CQ; *upgrade* do equipamento

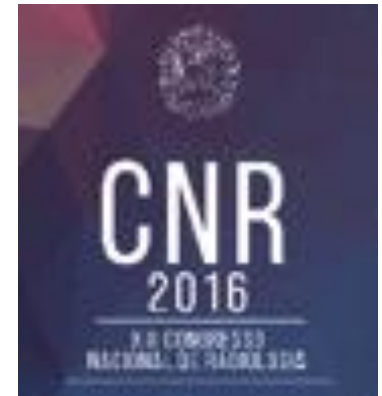
Relacionados com a formação e treino

- Atualização permanente – estudos mostram que os profissionais trabalham com tecnologia digital utilizando técnicas empregues em sistemas analógicos
- Formação além da apresentação do equipamento pelo fabricante
- Ajustes no posicionamento e PTE – requerem treino
- Necessidade de introduzir CQ periódico
- Projeto E-Breast



ESCOLA SUPERIOR DE
TECNOLOGIA DA SAÚDE
DE LISBOA

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA



claudia.reis@estesl.ipl.pt

**Agradeço a vossa
atenção!**