

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FGA - FACULDADE UNB GAMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
BIOMÉDICA

TÍTULO

NOME DO ESTUDANTE

ORIENTADOR(A): Dr(a).
CO-ORIENTADOR(A): Dr(a).

QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

BRASÍLIA/DF: MÊS / 2015

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FGA - FACULDADE UNB GAMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
BIOMÉDICA

TÍTULO

NOME DO ESTUDANTE

QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

APROVADO POR:

Prof. Dr(a).
(Orientador(a))

Prof. Dr(a).
(Co-Orientador(a))

Prof. Dr(a).
(Examidador Externo)

BRASÍLIA/DF, DIA, MÊS , 2015

RESUMO

TÍTULO

Autor: NOME DO ESTUDANTE

Orientador(a): Prof(a). Dr(a).

Co-orientador(a): Dr(a).

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Qualificação de Mestrado
BRASÍLIA/DF2015**

EXEMPLO:

A transição da mamografia baseada em filmes para a mamografia digital completa ou FFDM (Full-field Digital Mammography) não é uma tarefa simples que envolve unicamente a substituição de alguns componentes eletrônicos e a adição de computadores e softwares no ambiente de radiologia. O trabalho dos médicos, técnicos de radiologia e profissionais de apoio são afetados, pois o fluxo de trabalho deve ser reestruturado de modo a atender aos protocolos de comunicação e integração de dados utilizados na área médica. Além disso, as novas tecnologias adicionadas ao ambiente radiológico, por exemplo, RIS (Radiology Information Systems) e PACS (Picture Archiving and Communications Systems), imputam a necessidade de elaborar uma estratégia mais eficiente para o compartilhamento adequado das informações médica entre os sistemas de informação radiológica e os equipamentos de mamografia digital. Diante disso, este trabalho apresenta um estudo envolvendo a integração entre RIS, PACS e equipamentos de mamografia digital com o objetivo de auxiliar os engenheiros clínicos e profissionais de TI (Tecnologia da Informação) no planejamento, preparação e implantação de um ambiente FFDM em conformidade com os padrões de comunicação de dados utilizados na área médica e, mais especificamente, na prática da mamografia digital.

Palavras-chaves: Palavra chave um, Palavra chave dois, Palavra chave três, Palavra chave quatro.

ABSTRACT

TITLE

Author: NOME DO ESTUDANTE

Supervisor: Prof(a). Dr(a).

Co-supervisor: Dr(a).

**Post-Graduation Program in Biomedical Engineering – Qualify of Master Degree Brasília,
Month of Year.**

EXAMPLE:

The transition from the Mammography based on films to the Digital Mammography or FFDM (Full-field Digital Mammography) is not a simple task, involving solely the replacement of a few electronic components and the addition of new computers and software to the radiology workspace. The work routine of physicians, radiology technicians and the supporting staff are all of them affected, because the work procedures must be restructured in order to comply with the communication protocols and data integration rules used in the field of medicine nowadays. Moreover, the new technologies added to the radiology workspace, for instance, the RIS (Radiology Information Systems) and PACS (Picture Archiving and Communications Systems, imply the obligation of elaborating a more efficient strategy for adequately sharing the medical information between the information systems of radiology and the digital mammography equipment. Consequently, this essay offers a study involving the integration between RIS, PACS and digital mammography equipments aiming at helping clinical engineers and IT professionals in the planning, preparation and implementation of an FFDM environment in conformity with the data communication standards used in the medicine field nowadays and, more specifically, in the digital mammography practice.

Key-words: Key-words-1, Key-words-2, Key-words-3, Key-words-4.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivo Específicos	14
1.3	REVISÃO DA LITERATURA	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	MAMOGRAFIA DIGITAL	16
2.1.1	Mamografia e o câncer de mama	16
3	METODOLOGIA	17
3.1	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	17
3.2	PROPOSTA INICIAL	17
3.3	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	17
3.4	RESULTADOS ESPERADOS	17
4	METODOLOGIA	18
4.1	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	18
4.2	CRONOGRAMA	18
4.3	RECURSOS TECNOLÓGICOS	19
4.4	RESTRIÇÕES	19
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de Atividades	18
---	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquemático do mamógrafo (Modificado de MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).	15
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Aquisição do Conhecimento
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
ACR	<i>American College of Radiology</i>
BI-RADS	Sistema de Laudos e Registros de Dados de Imagens da Mama
caBIG	<i>Cancer Biomedical Informatics Grid</i>
CADe	<i>Computer-aided Detection</i>
CADx	<i>Computer-aided Diagnosis</i>
CAE	Controle Automático de Exposição
CAR	<i>Computer-Assisted Radiology</i>
CC	Incidência Craniocaudal
CDA	<i>HL7 Clinical Document Architecture</i>
CBEB	Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i>
CMS	<i>Clinical Management System</i>
CRT	<i>Cathode-Ray Tube</i>
DICOM	<i>Digital Imaging Communications in Medicine</i>
DIN/PACS	<i>Installation Site for Digital Imaging Network and PACS</i>
DMWL	<i>DICOM Modality Worklist</i>
EC	Elicitação de Conhecimento
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FFDM	<i>Full-field Digital Mammography</i>
HIMSS	<i>Healthcare Information and Management Systems Society</i>
HIS	<i>Hospital Information System</i>
HL7	<i>Health Level 7</i>

IBICT	Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHE	<i>Integrating the Healthcare Enterprise</i>
IMAC	<i>Image Management and Communication</i>
INCA	Instituto Nacional de Câncer
IOD	<i>Information Objects Definition</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
MC	Mamografia Convencional
MD	Mamografia Digital
MG	<i>Digital Mammography X-Ray Image</i>
MLO	Incidência Médio-Lateral Oblíqua
MPPS	<i>Modality Performed Procedure Step</i>
NBIA	<i>National Biomedical Imaging Archive</i>
NCBI	<i>National Center for Biotechnology Information</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>
NLM	<i>National Library of Medicine</i>
PACS	<i>Picture Archiving and Communications Systems</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PRINCE2	<i>Process-Based Method for Effective Project Management</i>
RAID	<i>Redundant Array of Independent Drives</i>
RIS	<i>Radiology Information Systems</i>
RSNA	<i>Radiological Society of North America</i>
SCP	<i>Service Class Provider</i>
SCU	<i>Service Class User</i>
SOP	<i>Service-Object Pair</i>
SUS	Sistema Único de Saúde

TI	Tecnologia da Informação
USP	Universidade de São Paulo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

C_H	Coeficiente de altura de carga (-)
C_Q	Coeficiente de vazão (-)
C_P	Coeficiente de potência (-)
D	Dimensão linear característica, diâmetro (m)
F_1, F_2	Força (N)
g	Aceleração gravitacional ($m \cdot s^{-2}$)
G	Grau de reação (-)
h	Altura da carga hidráulica no vertedor (m)
h_1, h_2, h_3	Perda de carga (m)
h_v	Pressão de vapor da água (mca)
H	Altura Líquida de carga, altura de queda líquida (m)
H_d	Queda disponível na entrada da turbina (m)
H_r	Queda disponível na saída da turbina (m)
H_s	Altura de sucção (m)
n	Rotação da turbina (rpm)
n_s	Rotação específica (rpm)
P_a	Pressão atmosférica (Pa)
P_1, P_2	Pressão (Pa)
P_e	Potência de Eixo (W)
P_h	Potência hidráulica (W)
Q	Vazão volumétrica ($m^3 \cdot s^{-1}$)
r	Raio (m)
Re	Número de Reynolds (-)

u	Velocidade média do fluido ($m \cdot s^{-1}$)
v_1, v_2, v_3	Velocidade média nas sessões 1, 2 e 3 ($m \cdot s^{-1}$)
z_1, z_2	Nível topográfico (m)

Símbolos Gregos

α	Medida angular ($^{\circ}$)
γ	Peso específico ($N \cdot m^{-3}$)
δX	Incerteza de uma grandeza X (-)
η	Rendimento total (-)
η_h	Rendimento hidráulico (-)
θ	Medida angular ($^{\circ}$)
ν	Coefficiente de viscosidade cinemática ($m^2 \cdot s^{-1}$)
ρ	massa específica ($kg \cdot m^{-3}$)
σ	Coefficiente de cavitação (-)
ψ	Desvio padrão amostral (-)
τ	Torque ($N \cdot m$)
ω	Velocidade angular ($rad \cdot s^{-1}$)
Π_1, Π_2, Π_3	Grupos pi do <i>Teorema Pi de Buckingham</i>

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A área médica tem recebido muita contribuição da ciência da computação, seja pela inclusão de computadores nos hospitais e centros de saúde, seja pela aplicação de técnicas computacionais na organização das informações médicas. O uso da TI na área médica adicionou novos desafios para a integração dos computadores, equipamentos médicos e sistemas de informação existentes nos hospitais. Atualmente já se fala em um ambiente hospitalar digital e integrado (HUANG, 2004).

Levando-se esse conceito para a prática radiológica tem-se a radiologia digital e a mamografia digital. A transição da radiologia analógica para a digital implica na utilização da TI para compartilhar e distribuir informações médicas dentro e fora do ambiente hospitalar (HUANG, 2004).

A radiologia digital se utiliza de mecanismos eletrônicos de gerenciamento das informações radiológicas, em oposição aos mecanismos analógicos, baseados em papel e filme radiográfico (DREYER et al., 2006). Em um ambiente de radiologia digital, os registros de pacientes, o agendamento de procedimentos, as imagens e laudos médicos são produzidos e utilizados digitalmente.

A transição da radiologia convencional para a digital alcançou a prática da mamografia, recebendo a denominação de mamografia digital que se caracteriza pela aquisição, processamento e armazenamento eletrônico das imagens da mama (BAERT et al., 2010).

O uso da mamografia digital tem sido amplamente difundido, pois se acredita que essa prática representa um avanço na detecção precoce do câncer de mama (TRAMBERT, 2006), além de reduzir a quantidade de radiação ionizante a que o paciente é submetido (HUANG, 2004). Outro fator de interesse é a capacidade e facilidade em se comparar exames de múltiplas modalidades, por exemplo, de mamografia digital e ultra-sonografia digital, o que contribui para um diagnóstico mais preciso do câncer de mama. Além disso, a capacidade de armazenamento e recuperação facilitada das imagens permitem ao radiologista utilizar softwares para o auxílio ao diagnóstico (CADx - Computer-Aided Diagnosis) e para a detecção de câncer de mama (CADE - Computer-Aided Detection), o que pode resultar em uma melhor interpretação dos achados mamográficos (BAERT et al., 2010).

No contexto da mamografia digital, a integração tecnológica impõe novos desafios enfrentados pelos administradores dos hospitais, radiologistas, técnicos e fabricantes de equipamentos. Esses desafios podem ser resumidos no esforço para se planejar e implantar

uma comunicação sincronizada e eficiente entre o sistema de informações radiológicas (RIS), os mamógrafos digitais e o servidor de imagens médicas (PACS). A combinação correta desses elementos representa a transição da prática da mamografia convencional, baseada em filmes, para a mamografia digital completa ou FFDM (TRAMBERT, 2006).

Os benefícios de uma solução FFDM são vários. Do ponto de vista dos administradores, FFDM significa a diminuição de custos se comparada à utilização de soluções isoladas de mamografia. Sob o ponto de vista dos profissionais de saúde, FFDM significa o acesso rápido às informações dos pacientes em qualquer lugar e a qualquer hora. Finalmente, sob o ponto de vista do paciente, a integração pode significar um estudo clínico mais detalhado e, conseqüentemente, um diagnóstico mais preciso porque pode contar com o trabalho conjunto de diversos especialistas espalhados na unidade hospitalar (TRAMBERT, 2006).

Por outro lado, o uso de mamógrafos desprovidos de uma integração completa pode gerar duplicidade de informações e, conseqüentemente, o aumento do re-trabalho e a diminuição da segurança na execução dos procedimentos médicos. Isso porque ocorrem intervenções manuais freqüentes e não padronizadas no RIS e nos aparelhos de mamografia. Essas intervenções manuais têm por objetivo, registrar as informações sobre os pacientes e sobre os exames realizados e, por isso, são imprescindíveis na execução dos procedimentos radiológicos. Entretanto, quando as informações médicas não são gerenciadas de maneira correta, problemas de ineficiência e segurança dos dados ocorrem com freqüência (GRIMES, 2005). Um exemplo disso seria a inclusão de uma identificação de paciente inválida quando da execução do procedimento de mamografia. Esse erro dificultaria a localização do exame realizado, o que poderia causar a repetição do procedimento e uma nova exposição do paciente à radiação ionizante do aparelho.

No caso da prática de mamografia a integração das tecnologias é de vital importância, pois representa a capacidade de se executar um rastreamento mais apropriado dos achados 13mamográficos desde o primeiro até o último exame realizado. Assim, torna-se imprescindível o armazenamento e recuperação adequados das imagens e, também, das informações sobre a condição médica do paciente.

Envolvido na necessidade de integração entre os equipamentos de mamografia digital, o RIS e o PACS, encontra-se o engenheiro clínico, um profissional que atua no meio hospitalar com o objetivo de melhorar o atendimento ao paciente através da aplicação de seus conhecimentos de engenharia e de gestão (ACCE, 1992).

As mudanças ocasionadas pela inclusão da TI no meio médico têm alterado a prática da engenharia clínica que deixou de ser uma simples atividade associada à manutenção e reparo de equipamentos, passando a ser uma área que lida com questões mais estratégicas, relacionadas também ao uso de padrões para a garantia da interoperabilidade das tecnologias médicas e para a gestão efetiva das informações de saúde (ACCE,

2008).

Como resultado dessa mudança de abordagem, observa-se que o engenheiro clínico e os profissionais de TI que atuam nos hospitais têm trabalhado em conjunto com o objetivo de atingir níveis de eficiência mais elevados (ACCE, 2008).

Assim, os engenheiros clínicos e os profissionais de TI combinam suas melhores habilidades com o objetivo de reduzir a ocorrência de erros médicos e, conseqüentemente, melhorar a segurança do paciente. (GRIMES, 2005) em *The challenge of integrating the healthcare enterprise*, aponta como um dos desafios da indústria médica e, mais especificamente, dos engenheiros clínicos, “a informatização da saúde e a interconexão dos dispositivos e sistemas médicos”. No que diz respeito à informatização, ele declara que “a informatização dos dispositivos médicos é uma conseqüência natural das necessidades de rapidamente adquirir, processar e apresentar uma quantidade crescente e variada de informações médicas”. Em relação à interconectividade, Grimes (2005) afirma que “a interconexão entre diferentes aparelhos médicos pode levar a uma troca mais direta, precisa e rápida de informações sobre saúde”.

Diante do exposto acima, este trabalho apresenta um estudo, realizado em um ambiente que executa o procedimento de mamografia digital, com o objetivo de propor um mecanismo adequado para a integração entre RIS, PACS e mamógrafos digitais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo principal propor um processo de trabalho para a implantação adequada de um ambiente FFDM em hospitais e clínicas de mamografia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos deste trabalho podem ser detalhados segundo dois aspectos ou áreas de interesse: engenharia clínica e tecnologia da informação.

Quanto à engenharia clínica, este trabalho se propõe a:

- Estudar o funcionamento e características dos equipamentos de mamografia digital;
- Estudar e analisar os padrões e normas nacionais e internacionais relacionadas à aplicação de FFDM em clínicas e hospitais;
- Propor um processo de trabalho que auxilie os engenheiros clínicos na implantação de soluções integradas de mamografia digital, RIS e PACS.

Quanto à tecnologia da informação, este trabalho se propõe a:

- Estudar e analisar soluções de arquitetura de software e sua aplicação no contexto da FFDM, mais especificamente, de implantação de PACS em clínicas e hospitais que praticam a mamografia digital;
- Estudar e analisar o padrão DICOM e sua aplicação no contexto da FFDM;
- Estudar e analisar a estrutura IHE e sua aplicação no contexto da FFDM;
- Propor modelos para o mapeamento adequado de informações trocadas entre o RIS, PACS e os mamógrafos digitais.

1.3 REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa da base bibliográfica utilizada neste trabalho considerou a busca por livros, teses, monografias e artigos nas seguintes fontes especializadas: PubMed, ACM (Association for Computing Machinery), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), RadiologySource, Radiographics, USP (Universidade de São Paulo), UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e IBICT (Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia).

O PubMed é uma base de dados que permite a pesquisa bibliográfica de artigos publicados em revistas de grande circulação da área médica. Ele foi desenvolvido pelo NCBI (National Center for Biotechnology Information), sendo mantido pela NLM (National Library of Medicine). ...

... A Figura 1 mostra, respectivamente, um diagrama esquemático de um equipamento de mamografia e um desenho ilustrativo de um mamógrafo.

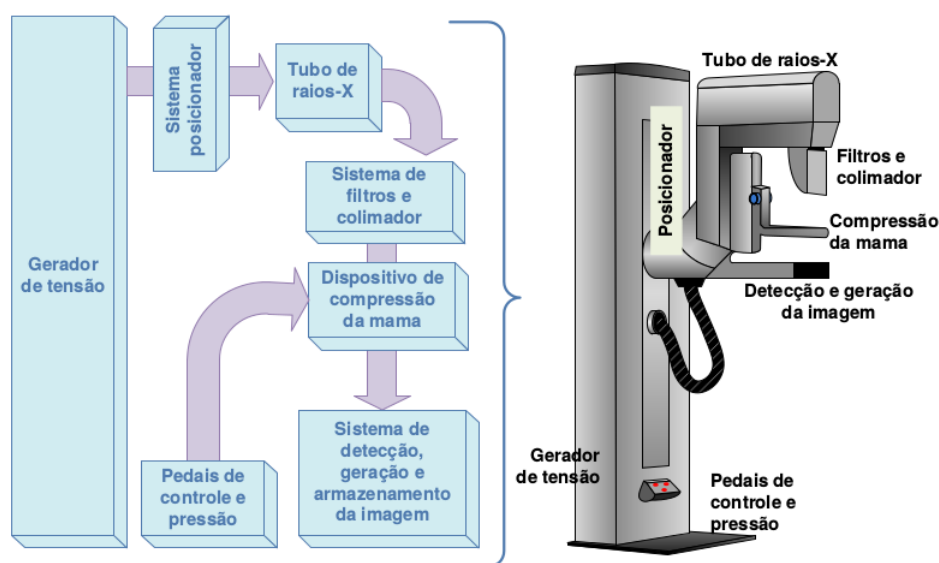


Figura 1 – Esquemático do mamógrafo (Modificado de MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MAMOGRAFIA DIGITAL

2.1.1 Mamografia e o câncer de mama

Segundo o INCA (Instituto Nacional de Câncer), “o número de casos novos de câncer de mama esperados para o Brasil em 2010 será de 49.240, com um risco estimado de 49 casos a cada 100 mil mulheres”. Essa estatística confirma que o câncer de mama é o segundo tipo de câncer mais freqüente no mundo e o mais comum entre as mulheres. A cada ano, cerca de 22% dos novos casos de câncer em mulheres são de mama e por isso, os governos do mundo inteiro têm investido em políticas para a detecção precoce da doença (INCA, 2009). ...

A equação da continuidade na forma diferencial, presente na Eq. (1), representa o princípio de conservação da massa em um escoamento e um exemplo de equação em LaTeX. Onde ρ é a densidade, t é o tempo e \vec{u} a velocidade do fluido.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) \quad (1)$$

3 METODOLOGIA

3.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

3.2 PROPOSTA INICIAL

3.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

3.4 RESULTADOS ESPERADOS

4 METODOLOGIA

4.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

4.2 CROMOGRAMA

As atividades previstas e executadas constam na Tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma de Atividades

Atividades	Mar	Mai	Jul	Set	Nov	Jan	Mar	Jul	Set	Nov
1	x	x	x	x	x	x	x			
2	x	x	x							
3	x	x	x							
4		x	x	x	x					
5			x	x	x	x				
6						x	x	x	x	x
7								x	x	x
8						x	x	x	x	
9										x

Poderá ser que o estudante já tenha algumas publicações, então, sugere-se o exemplo a seguir:

Publicações 2006 e 2007

BALANIUK, R., COSTA, I., F., MELO, J. **Cosmetic Breast Surgery Simulation**. In: VIII Symposium on Virtual Reality - SVR2006, 2006, Belém - PA. Anais do VIII Symposium on Virtual Reality - SVR2006, 2006.

MELO, J., BALANIUK, R., BRASIL, L. **Ambiente de Realidade Virtual para Visualização de Objetos Tridimensionais Aplicados à Área Médica**. In: VIII Symposium on Virtual Reality - WICSVR2006, 2006, Belém - PA. Anais do VIII Symposium on Virtual Reality - WICSVR2006, 2006.

MELO, J., BALANIUK, R.; BRASIL, L. **Ambiente de Simulação Médica para Web**. In: VIII Symposium on Virtual Reality - SVR2007, 2007, Rio de Janeiro - RJ. Anais do VIII Symposium on Virtual Reality - SVR2007, 2007.

MELO, J., BALANIUK, R., BRASIL, L. **Training of Medical Procedures in an WEB Environment of Virtual Reality**. In: World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006(WC 2006), 2006, Seoul. Proceedings of the World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006 (WC 2006).

MELO, J., ABREU, C., BRASIL, L., BALANIUK, R. **Ambiente Web Para Visualização, Navegação E Interação De Estruturas Anatômicas**. In: CBEB'2006 - XX Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2006, São Pedro. Anais do XX Congresso

Brasileiro de Engenharia Biomédica.

BALANIUK, R., COSTA, I., F., MELO, J. **3D Dynamic Simulation of the Breast.** Anais do VII Workshop de Informática Médica (WIM2007), 2007, Porto de Galinhas – PE (In Press).

BITTENCOURT, I et al. Um Sistema Tutor baseado em Agentes no domínio da Medicina. Anais do XIII Workshop de Informática na Educação (WIE2007), 2007, Rio de Janeiro – RJ (In Press).

4.3 RECURSOS TECNOLÓGICOS

4.4 RESTRIÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCE. American College of Clinical Engineering. Clinical Engineer (defined), <http://www.accenet.org/default.asp?page=about§ion=definition>, julho 1992.

ACCE. Reference Materials. Clinical Engineering and Information Technology, http://www.accenet.org/downloads/reference/Clinical_Engineering_and_Information_Technology.pdf, 2008.

BAERT, A. L. et al. Digital Mammography. Springer, New York, 2010.

DREYER, K. J. et al. *PACS: a guide to the digital revolution*. 2th. ed. New York: Springer, 2006.

GRIMES, S. L. The challenge of integrating the healthcare enterprise. IEEE Engineering in medicine and biology, p. 122–124, mar. 2005.

HUANG, H. K. PACS and imaging informatics: basic principles and applications. John Wiley & Sons, New Jersey, 2004.

INCA. Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil. INCA, Rio de Janeiro, 2009.

TRAMBERT, M. Digital mammography integrated with PACS: real world issues, considerations, workflow solutions, and reading paradigms. WBS: Seminars in breast disease, Santa Barbara, v9, p. 75–81, 2006.