

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

TÍTULO

NOME

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

PUBLICAÇÃO: NUMERAÇÃO / 2015
BRASÍLIA/DF : MÊS – 2015

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

TÍTULO

NOME

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA FACULDADE GAMA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

APROVADO POR:

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

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

Prof. Dr(a).
(Examidador Externo)

BRASÍLIA/DF , DIA DE MÊS DE 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

NOME

TÍTULO, [Distrito Federal] 2015.

NUMERAÇÃO . 29 p., 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2015). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Biomédica.

1. Palavra chave um. 2. Palavra chave dois
3. Palavra chave três. 4. Palavra chave quatro

I. FGA UnB Gama/ UnB. II.TÍTULO

CDU: Nº da CDU (biblioteca)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CICLANO, P. B. L. (ANO). TÍTULO. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação NO./ANO, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 29 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: NOME

TÍTULO: TÍTULO

GRAU: Mestre

ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

2015.

ENDEREÇO.

CEP: ..., Brasília, DF – Brasil

DEDICATÓRIA

Para ..., com amor.

AGRADECIMENTOS

...

O Mestre na arte da vida faz pouca distinção entre o seu trabalho e o seu lazer, entre sua mente e seu corpo, entre sua educação e sua recreação. Ele simplesmente persegue sua visão de excelência em tudo o que faz, deixando para os outros a decisão de saber se está trabalhando ou se divertindo. Ele acha que está sempre fazendo as duas coisas simultaneamente.

Texto Budista

RESUMO

TÍTULO

Autor: NOME

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

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

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Qualificação de Mestrado
BRASÍLIA/DF 2015**

Texto corrido sem parágrafo. 1 página.

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

ABSTRACT

TITLE

Author: NOME

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

Co-supervisor: Dr(a).

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

Texto corrido sem parágrafo. 1 página.

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

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA | 16 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 18 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 18 |
| 1.2.2 | Objetivo Específicos | 18 |
| 1.3 | REVISÃO DA LITERATURA | 19 |
| 1.4 | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 21 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 22 |
| 2.1 | MAMOGRAFIA DIGITAL | 22 |
| 2.1.1 | Mamografia e o câncer de mama | 22 |
| 3 | METODOLOGIA | 23 |
| 3.1 | AMBIENTE DE ESTUDO | 23 |
| 3.2 | DELIMITAÇÃO DO ESTUDO | 24 |
| 4 | RESULTADOS | 25 |
| 4.1 | VISÃO GERAL | 25 |
| 4.2 | LEVANTAMENTO DE REQUESITOS | 25 |
| 5 | DISCUSSÃO E CONCLUSÃO | 27 |
| 6 | TRABALHOS FUTUROS | 28 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Esquemático do mamógrafo (Modificado de MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002). | 20 |
| Figura 2 – Fluxo principal do processo de integração de RIS, PACS e mamógrafos digitais. | 25 |

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 pesquisa realizada com a palavra-chave “FFDM” retornou 112 trabalhos, dos quais apenas dois foram relevantes ao tema em estudo. Nessa mesma base, uma pesquisa com o argumento “digital mammography integration” implicou em 27 trabalhos, dos quais apenas dois foram de real interesse. O cruzamento dos dados das duas pesquisas resultou em dois trabalhos de interesse.

Os mesmos parâmetros de pesquisa foram aplicados na base ACM, resultando em 17 trabalhos para a palavra-chave “FFDM” e nenhum trabalho para “digital mammography integration”. Analisando os 17 trabalhos resultantes da primeira pesquisa, constatou-se que nenhum deles tratou dos procedimentos para a execução de projetos de integração com mamógrafos digitais.

Outra base bibliográfica pesquisada foi o IEEE. Embora a pesquisa tenha retornado seis trabalhos para a palavra-chave “FFDM” e sete trabalhos para “digital mammography integration”, nenhum deles versou sobre o tema abordado neste trabalho.

A base de dados denominada de RadiologySource foi a que melhor apresentou resultados de trabalhos associados ao tema em estudo. A pesquisa pela palavra-chave “digital mammography integration” retornou 15 trabalhos, dos quais seis foram de relevância para o assunto estudado. A RadiologySource é uma base bibliográfica que publica artigos

da área de radiologia oriundos de revistas de prestígio, algumas delas acreditadas pelo ACR (American College of Radiology).

Outra base de dados utilizada na pesquisa bibliográfica foi a Radiographics, uma revista com tiragem bimestral que tem como objetivo, promover a educação continuada na área da radiologia. A pesquisa pela palavra-chave “digital mammography integration” retornou seis trabalhos, dos quais três foram importantes para o objeto desta pesquisa.

No Brasil, foram consultadas as bases bibliográficas da USP, UFSC e do IBICT. Apenas a base do IBICT retornou dois resultados ao se utilizar as palavras-chaves “integração” e “mamografia digital”. Entretanto, nenhum dos trabalhos encontrados é de relevância ao tema tratado neste documento.

Devido à grande variedade de assuntos associados ao objeto de estudo, foram realizadas outras pesquisas nas bases de dados citadas, de modo a identificar trabalhos nas seguintes áreas de conhecimento: Mamografia Digital, DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine), IHE (Integrating the Healthcare Enterprise), RIS e PACS. O resultado dessas pesquisas isoladas foi muito promissor e é resumido na descrição a seguir, que sumariza o rol de trabalhos relevantes para esta pesquisa.

...

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

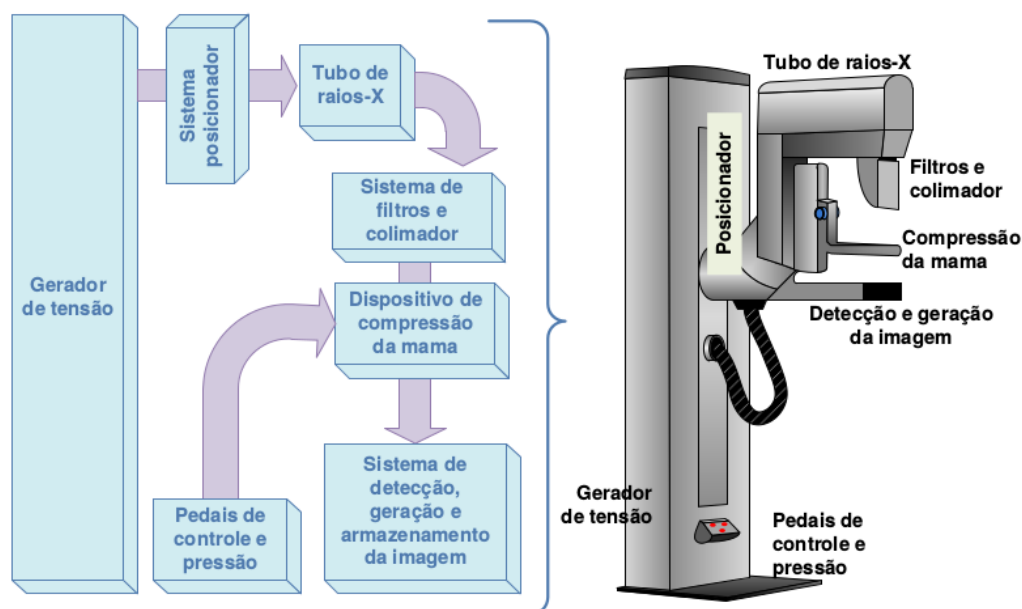


Figura 1 – Esquemático do mamógrafo (Modificado de MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo este capítulo.

No capítulo dois, é apresentada uma visão geral do referencial teórico, objetivando a compreensão das tecnologias, conceitos, e padrões utilizados na indústria para a promoção da interoperabilidade na área médica. Logo, são abordados os seguintes temas: (i) Mamografia Digital, (ii) RIS; (iii) PACS; (iv) DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine e (iv) IHE: Integrating the Healthcare Enterprise.

O capítulo três detalha a metodologia utilizada no estudo.

O capítulo quatro descreve os resultados obtidos e a estrutura do processo de trabalho sugerido para se executar projetos de integração de RIS, PACS e mamógrafos digitais.

O capítulo cinco discute os pontos de maior importância envolvendo o tema deste estudo e apresenta as conclusões finais do trabalho.

Por fim, o capítulo seis apresenta os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir das idéias apresentadas neste documento.

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). ...

Entretanto, no Brasil o relatório de estimativa de câncer de 2009 aponta que: “Apesar de ser considerado um câncer de relativamente bom prognóstico, se diagnosticado e tratado oportunamente, as taxas de mortalidade por câncer de mama continuam elevadas no Brasil, muito provavelmente porque a doença ainda é diagnosticada em estádios avançados”.

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 AMBIENTE DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em uma clínica de radiologia da cidade de Brasília que oferece serviços de mamografia digital. Para a realização dos procedimentos de mamografia, a clínica conta com o apoio de médicos e técnicos radiologistas, além de profissionais que atuam no setor administrativo, para a recepção de pacientes e entrega de laudos médicos. Atualmente existem 110.523 pacientes registrados e a média de atendimento para exames de mamografia digital é de 1095 pacientes por mês ou 36 pacientes diários, o que indica uma elevada utilização do serviço.

A clínica avaliada neste estudo é uma das poucas unidades de saúde em Brasília que possui toda a estrutura tecnológica de um ambiente FFDM convencional, ou seja: RIS, PACS e mamógrafo digital. Entretanto, embora estas tecnologias estejam em pleno funcionamento, não se encontram integradas, o que propiciou a realização deste estudo.

Além disso, a clínica tem um diferencial, em relação a outros centros de mamografia existentes em Brasília, que é o de funcionar como uma unidade de saúde que tem interesse na realização de pesquisas científicas envolvendo o rastreamento, diagnóstico e evolução do câncer de mama. Isso propiciou uma melhor análise dos dados com o objetivo de preservar a maior quantidade de informações médicas possíveis no RIS e no PACS.

O RIS em funcionamento na clínica é um produto comercial, fornecido por uma empresa brasileira. Ele provê recursos de agendamento de consultas e exames, recepção de pacientes, emissão de laudos médicos, controle de faturamento, estoque e compras, além da extração de informações gerenciais envolvendo os procedimentos de saúde executados na clínica.

O PACS em uso na clínica foi fornecido por uma empresa americana e compreende o servidor PACS e uma estação stand-alone para visualização de imagens. O servidor PACS possui 1 *TB* (terabyte) de capacidade de armazenamento e atualmente cerca de 60% dessa capacidade está em uso. Adicionalmente, a clínica conta com um storage de 4 *TB* de capacidade que é utilizado para guarda de backups dos dados do PACS e do RIS.

Além do RIS e PACS, a clínica analisada possui um mamógrafo digital, utilizado tanto para o rastreamento quanto para o diagnóstico de câncer de mama, o que significa dizer que é possível a realização das incidências padrão (craniocaudal e médio-lateral-oblíqua), além das incidências adicionais com compressão, angulação e aproximação (magnification) diferenciadas. O mamógrafo digital em uso acompanha também uma estação de aquisição e uma estação de diagnóstico.

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo considerou apenas a execução de projetos de integração de equipamentos de mamografia digital, RIS e PACS. Assim, atividades relacionadas à avaliação e compra dessas tecnologias não foram analisadas, embora acredita-se que os resultados obtidos no estudo podem auxiliar aqueles que desejarem adquirir os produtos mencionados.

Além disso, a metodologia de trabalho adotada não procurou analisar as atividades associadas à gestão e manutenção das tecnologias estudadas, nem tão pouco, descrever todo o processo de implantação dessas tecnologias.

4 RESULTADOS

4.1 VISÃO GERAL

O estudo, objeto deste trabalho, foi realizado no período de quatro meses (Abril/2010 à Agosto/2010) e gerou como resultado, um processo de trabalho para a execução de projetos de integração entre RIS, PACS e mamógrafos digitais, além da submissão de um artigo sobre o trabalho no CBEB XXII (XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica). O referido artigo encontra-se no Anexo ?? deste documento e o processo de trabalho proposto é descrito a seguir.

O processo proposto é composto de fluxos de trabalho e modelos para a construção de artefatos que documentam todas as atividades da integração. As atividades do processo sugerido são organizadas em cinco etapas, quais sejam: (i) Levantamento de Requisitos; (ii) Projeto de Integração; (iii) Execução da Integração; (iv) Avaliação da Integração e (v) Treinamento. A Figura 22 ilustra essas etapas e indica que o trabalho contemplou os conceitos das tecnologias RIS, PACS e de mamografia digital, além dos padrões DICOM e IHE bastante conhecidos e aplicados na indústria médica.



Figura 2 – Fluxo principal do processo de integração de RIS, PACS e mamógrafos digitais.

4.2 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

A primeira etapa do processo de integração é o levantamento de requisitos. Essa etapa tem como objetivos: (i) a compreensão das necessidades da unidade de saúde que pratica a mamografia digital; (ii) a definição dos requisitos e limitações do projeto de integração e

(iii) o entendimento da infraestrutura tecnológica existente. A Figura 2 mostra a sequência de atividades desta etapa e sugere alguns artefatos de trabalho.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Através deste estudo foram realizadas investigações envolvendo o uso de tecnologias e padrões para a implantação de um ambiente FFDM integrado. Essas investigações geraram como resultado, a proposta de um processo de trabalho para a condução de projetos de integração de RIS, PACS e mamógrafos digitais. Da idealização dessa proposta, por sua vez, considera-se os seguintes pontos de discussão: (i) a participação de engenheiros clínicos e profissionais de TI nos projetos de integração; (ii) a complexidade dos projetos de integração; (iii) a dificuldade de aderência das tecnologias aos padrões DICOM e IHE (declaração de conformidade); (iv) a disseminação do padrão DICOM e IHE no Brasil; (v) a necessidade de evolução do DICOM e do IHE; e (vi) os cuidados na execução de projetos de integração entre RIS, PACS e equipamentos de mamografia.

(GRIMES, 2005) em *Clinical Engineering: the challenge of change* questiona se os engenheiros clínicos de hoje estão preparados para as mudanças tecnológicas que estão ocorrendo na área médica, especialmente aquelas associadas à necessidade de integração, comunicação e distribuição de informações sobre saúde, dentro e fora das unidades hospitalares. O estudo realizado pôde comprovar que o esforço de integração é grande, conforme afirmado por Grimes (2005), e deve ser distribuído entre todos os funcionários que participam do procedimento médico que se deseja aperfeiçoar, sejam eles, médicos, profissionais do setor administrativo, gestores, engenheiros clínicos e profissionais de TI.

6 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros sugerem-se os seguintes: (i) a validação do processo proposto por este estudo; (ii) a melhoria do processo proposto para inclusão das modalidades de ultrassonografia e ressonância magnética; (iii) a construção de um software para integração das tecnologias RIS, PACS e mamógrafos digitais; (iv) a elaboração de uma estrutura padronizada para armazenamento e recuperação de laudos de mamografia no PACS; (v) a elaboração de uma estrutura padronizada para armazenamento e recuperação de informações BI-RADS do PACS; (vi) o estudo para extração de informações do RIS e do PACS para efeitos processamento estatísticos diversos envolvendo a evolução do câncer em uma população de indivíduos.

Quanto à validação do processo proposto por este estudo, recomenda-se que o mesmo seja executado pelo menos duas unidades de saúde, uma pública e outra privada, de modo a se identificar a sua aderência em realidades tão distintas. Isso leva também à necessidade de construção de um software de integração envolvendo as tecnologias RIS, PACS e mamógrafos digitais o que propiciaria uma comparação deste produto com algumas soluções fornecidas no mercado (Figura 37). Além disso, a construção de um software como este representaria uma validação adicional deste estudo, uma vez que não haveria a dependência de soluções de mercado para a validação do processo de trabalho sugerido neste documento.

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.