

Rodrigo Rosa

**SISTEMA DE COLETA E GESTÃO DE IMAGENS DIGITAIS
PARA CRIAÇÃO DE AMBIENTES UBÍQUOS EM SAÚDE**

Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado Profissional em Informática
em Saúde da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre.
Orientador: Prof. Dr. Jefferson Luiz
Brum Marques
Coorientadora: Prof. Dr^a. Sayonara de
Fátima Faria Barbosa

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rosa, Rodrigo
SISTEMA DE COLETA E GESTÃO DE IMAGENS DIGITAIS
PARA CRIAÇÃO DE AMBIENTES UBÍQUOS EM SAÚDE / Rodrigo
Rosa ; orientador, Jefferson Luiz Brum Marques,
coorientador, Sayonara de Fátima Faria Barbosa,
2018.

64 p.

Dissertação (mestrado profissional) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Informática em Saúde, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Informática em Saúde. 2. DICOM. 3. COMPUTAÇÃO
UBÍQUA. 4. INFORMÁTICA EM SAÚDE. I. Luiz Brum
Marques, Jefferson. II. de Fátima Faria Barbosa,
Sayonara. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Informática em
Saúde. IV. Título.

Rodrigo Rosa

**SISTEMA DE COLETA E GESTÃO DE IMAGENS DIGITAIS
PARA CRIAÇÃO DE AMBIENTES UBÍQUOS EM SAÚDE**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre e aprovada em sua forma final pelo Programa Mestrado Profissional em Informática em Saúde

Florianópolis, 18 de setembro de 2018.

Prof. Dr.^a Grace Teresinha Marcon Dal Sasso
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jefferson Luiz Brum Marques
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Sayonara de Fátima Faria Barbosa
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Grace Teresinha Marcon Dal Sasso
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a minha mãe, pois sempre estive ao meu lado incentivando a busca de novas conquistas, sem esquecer que a vida deve ser vivida de maneira leve. Saudades eternas. Igualmente, agradeço ao meu pai, que nunca me deixou desanimar e sempre estive presente nos momentos mais difíceis. Por isso sempre terão meu amor e minha gratidão.

Meus agradecimentos a minha esposa Karoline, por sempre me oferecer suporte, sem medir esforços, estando presente em todos os momentos, bons ou ruins, sendo um ponto de equilíbrio para minha vida. Sem o seu carinho, amor e cumplicidade nunca teria me tornado quem sou hoje.

Ao professor Dr. Jefferson Luiz Brum Marques, meu orientador, pela paciência e confiança na execução deste trabalho. E aos demais professores, pelos ensinamentos concedidos no período do programa.

A todos que tiveram alguma contribuição neste trabalho, meu muito obrigado.

RESUMO

Desde a invenção dos computadores, a saúde sempre foi considerada uma área de grande potencial para aplica-los, devido ao alto potencial para transformar processos e trazer ganhos ao atendimento do paciente, tornando estes melhores e mais acessíveis. Contudo, durante o atendimento de um paciente, diversas informações estão disponíveis em documentos físicos como documentos de identificação ou relatórios médicos. Além disso, diversos sistemas capazes de realizar digitalizações não são voltados para a área médica, gerando insumos que não podem ser processados por sistemas específicos de Registro Eletrônico em Saúde (do inglês, Electronic Health Records). Nesse contexto, esta dissertação aborda a criação de um modelo de sistema ubíquo de imagens digitais na área da saúde, através do desenvolvimento de um robô de captura e conversão de imagens, além de um servidor de PACS centralizado para gerenciamento das imagens DICOM. Como estudo de caso, são utilizadas imagens obtidas através de estudos de pupilometria dinâmica, para análise de retinopatia diabética. Ao fim, conclui-se que é possível a criação de um modelo ubíquo de gestão de imagens digitais, de modo que imagens e informações obtidas por sistemas já existentes sejam normalizadas para um padrão, permitindo seu acesso universal através das definições do protocolo DICOM.

Palavras-chave: DICOM; Computações Ubíqua; Informática em Saúde.

ABSTRACT

Since the invention of computers, health has always been considered an area of great potential for its application, due to the high capability to transform processes and bring gains to the process of patient care, making them better and more accessible. However, during patient care, many information are available on physical documents, such as identification documents or medical reports. In addition, several systems capable of performing scans are not medical-oriented, generating inputs that can not be processed by specific Electronic Health Records systems. In this context, this thesis addresses the creation of a ubiquitous model of digital images in the health area, through the development of an image capture and conversion robot, as well as a centralized PACS server for managing DICOM images. As a case study, images obtained through dynamic pupilometry studies are used for the analysis of diabetic retinopathy. Finally, it is concluded that it is possible to create a ubiquitous model of digital image management, so that images and information obtained by existing systems are normalized to a standard, allowing universal access through DICOM protocol definitions.

Keywords: DICOM; Ubiquitous Computing; Health Informatics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo de informações de um sistema de PACS.	30
Figura 2 - Exemplo IOD.....	36
Figura 3 – SCU e SCP	37
Figura 4 - Associação entre SCU e SCP.....	38
Figura 5 – Etapas de desenvolvimento do projeto.....	39
Figura 6 - Requisitos Funcionais	42
Figura 7 - Requisitos Não Funcionais	43
Figura 8 – Fluxo de informações.....	45
Figura 9 – Fluxograma de Interação do Sistema Servidor.....	48
Figura 10 - Administrador Mirth Connect.....	51
Figura 11 – Interface de <i>login</i>	52
Figura 12 - Configurações	52
Figura 13 - Pupilômetro.....	54
Figura 14 - Ferramenta de Conversão de Formatos.....	55
Figura 15 - Dados em XML	56
Figura 16 - Servidor sem Imagens.....	57
Figura 17 - Arquivos de Entrada	57
Figura 18 - Robô de Conversão.....	58
Figura 19 - Estudos Servidor	59
Figura 20 - DICOM Download	59
Figura 21 - MPEG Servidor.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DICOM – *Digital Imaging and Communications in Medicine*

PACS – *Picture Archiving and Communication System*

EHR – *Enterprise Health Records*

RX – Raio-X

RM – Ressonância Magnética

TC – Tomografia Computadoriza

RIS – *Radiology Information Systems*

ACR – *American College of Radiology*

NEMA – *National Electrical Manufacturers Association*

HL7 – *Health Leven 7*

IHE – *Integrated Healthcare Enterprise*

TI – Tecnologia da Informação

IOD – *Information Object Definition*

VR – *Value Representation*

AE – *Application Entity*

SOP – *Service Object Pair*

SCU – *Service Class User*

SCP – *Service Class Provider*

ESB – *Enterprise Service Bus*

ETL – *Extract Transform and Load*

USA – *United States of America*

m-Health – *Mobile Health*

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	PROBLEMA	22
1.2	OBJETIVOS	23
1.2.1	Objetivo Geral	23
1.2.2	Objetivos Específicos	23
1.3	JUSTIFICATIVA.....	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES EM SAÚDE	25
2.2	SAÚDE UBÍQUA.....	26
2.2.1	Interoperabilidade	28
2.3	PACS.....	28
2.3.1	Histórico.....	31
2.3.2	Vantagens e Benefícios.....	32
2.3.3	Servidores PACS	33
2.3.4	DICOM	33
2.3.4.1	História.....	35
2.3.4.2	Funcionamento.....	36
3	MÉTODO	39
3.1	ETAPAS	39
3.2	MODELAGEM.....	40
3.2.1	Especificação de Requisitos.....	42
3.2.1.1	Levantamento de Requisitos	42
3.2.1.1.1	<i>Requisitos Funcionais</i>	<i>42</i>
3.2.1.1.2	<i>Requisitos Não Funcionais</i>	<i>43</i>
3.3	ARQUITETURA PROPOSTA.....	43
3.3.1	Robô de Conversão	44
3.3.1.1	Tecnologias	46
3.3.1.2	Delimitações.....	47

3.3.2	Servidor de Imagens (PACS)	47
3.3.2.1	Tecnologias.....	49
3.3.2.2	Delimitações	49
4	EXPERIMENTOS	51
4.1	AMBIENTE EXPERIMENTAL	51
4.1.1	Configurações	51
4.2	ESTUDO DE CASO.....	53
4.2.1	Pupilometria	53
4.2.1.1	Pupilômetro.....	54
4.2.2	Experimento	54
4.2.2.1	Amostra de Dados.....	54
4.2.2.2	Operação	57
4.3	CONSIDERAÇÕES	60
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	61
	REFERÊNCIAS	63

ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. No primeiro capítulo são apresentados os problemas encontrados e a justificativa da dissertação.

No capítulo dois são apresentados os fundamentos teóricos e os temas que apoiam a pesquisa.

No capítulo três é apresentado o método utilizado, caracterizando o tipo de pesquisa e a arquitetura proposta.

No capítulo quatro é apresentado o experimento e seus detalhes, utilizando a arquitetura desenvolvida, além de suas conclusões.

1 INTRODUÇÃO

Desde a invenção dos computadores, a área da saúde sempre foi um contexto de aplicação com potencial para a sua utilização tornando os processos de atendimento e de serviço ao paciente mais eficientes, melhores e acessíveis. Sistemas de informações em saúde devem, como premissa básica, contribuir no processo de melhoria da qualidade, eficiência e eficácia dos processos de atendimento à saúde, fornecendo insumos para que os profissionais de saúde tenham acesso às informações necessárias para prestar suas funções. Essa busca por melhorias e o avanço tecnológico das últimas décadas, mudaram a área da saúde significativamente (LIU & WANG, 2011; DE FÁTIMA, 2010).

Além disso, como consequência do aumento da expectativa de vida global, guiada, principalmente, pela melhoria dos serviços de saúde, o número de idosos tem aumentado significativamente. Assim, o envelhecimento da população, aliado às mudanças no estilo de vida da sociedade, têm aumentado o número de indivíduos com doenças crônicas, como o diabetes mellitus.

A gestão e os cuidados dessa população têm impulsionado para cima os gastos com saúde, colocando em risco a viabilidade financeira dos sistemas de saúde existentes nos governos. Porém, é possível reduzir os custos dos processos de cuidado da saúde, através da utilização de tecnologias da informação e comunicação. Já se sabe, por exemplo, que é mais econômico prevenir doenças do que tratá-las quando se tornam sintomáticas ou crônicas. Nesse sentido, o investimento em dispositivos e protocolos que viabilizem análises preventivas tem capacidade de otimizar a utilização de recursos na saúde, reduzindo os custos com hospitalização e profissionais especializados (AGOULMINE *et al.*, 2011).

Contudo, o desenvolvimento de padrões e protocolos na área da saúde é lento e custoso, devido à complexidade existente no domínio da saúde que, consequentemente, torna complexa a representação computacional dos conceitos utilizados, necessitando de treinamento específico aos profissionais envolvidos no desenvolvimento dos sistemas e de seus utilizadores (MORENO, 2016).

Neste contexto, *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) é um padrão para comunicação e gerenciamento de imagens médicas e dados relacionados, que pertence ao campo de informática médica, facilitando a interoperabilidade entre equipamentos de imagem e sistemas de informação. O padrão DICOM especifica uma série de requisitos, como protocolos de rede que devem ser utilizados; estrutura

sintática e semântica das mensagens que serão intercambiadas utilizando esses protocolos; formatos que devem ser utilizados no armazenamento de mídias, entre outras regras que devem ser obedecidas para estar aderente ao padrão (DICOM Standard, 2018).

Sistemas de informação são responsáveis por aumentar a qualidade dos serviços de saúde e melhorar a distribuição dos dados. A integração de dados tem papel fundamental para criar ambientes mais ubíquos e heterogêneos, tornando a informação disponível em qualquer local e a qualquer hora. Por isso, é necessário criar processos sólidos e eficientes de integração de sistemas que considerem aspectos de escalabilidade, flexibilidade, portabilidade e segurança (Cardoso *et. al.*, 2014).

O principal foco deste trabalho é implementar uma plataforma de conversão de imagens digitais, com base na utilização das boas práticas do padrão DICOM. Além de implementar um servidor de PACS (*Picture Archiving and Communication System*) em ambiente web, permitindo acesso remoto aos arquivos gerados por dispositivos móveis de captura, a melhora no processo de gestão dos arquivos e viabilizando futuras análises na base gerada. A comunicação entre a plataforma cliente e o servidor centralizado é parte fundamental e, por isso, também será especificada nesta pesquisa.

1.1 PROBLEMA

Durante o atendimento de um paciente diversas informações são necessárias e, em grande parte, estão apenas em documentos físicos, ou seja, em papel. São informações como: documentos oficiais de identificação; guias de pedido médico; relatórios de anamnese, carteiras de seguro saúde e outros. Esses documentos são importantes para o histórico e acompanhamento do paciente, ajudando a complementar uma solicitação de exame e que poderiam ter sua inclusão automatizada em sistemas de *Enterprise Health Records* (EHR), como e-SUS AB.

Atualmente, ainda existem muitos equipamentos analógicos de captura de imagens e que, portanto, não suportam o padrão DICOM para comunicação de imagens, necessitando de filme fotográfico e um processo de revelação para que a imagem seja obtida e analisada. Além disso, diversas outras especialidades médicas e da área da saúde como dermatologia, cardiologia, patologia, odontologia, entre outras, produzem amostras que tipicamente geram resultados em documentos físicos ou estão disponíveis apenas em padrões digitais não aderentes com o mercado.

Nesse contexto, realizar o tratamento de imagens digitais, capturadas por diversas fontes, para um protocolo conhecido e validado, é de suma importância para melhorar a gerência das informações dos pacientes nas instituições de saúde. Desta forma, o conjunto de imagens digitais, existentes em formatos de imagem comum, podem ser convertidos para o padrão DICOM, amplamente difundido no cenário global, para viabilizar a interoperabilidade das informações e possibilitar mais portabilidade, confiabilidade e segurança nas informações do paciente.

1.2 OBJETIVOS

No presente capítulo são abordados os objetivos da pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de coleta e gestão de imagens digitais para criação de ambientes ubíquos em saúde conforme padrão DICOM.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Implantar um servidor centralizado para recepção de imagens DICOM geradas remotamente;
- Aplicar o sistema desenvolvido em um estudo de caso envolvendo imagens digitais.

1.3 JUSTIFICATIVA

A ampla utilização de equipamentos do meio analógico, aliado a utilização de documentos físicos como fotocópias e impressões, implicam em problemas com o consumo exagerado de materiais, como papéis de impressão, tinta, pastas de organização, etiquetas de identificação e etc. Adicionalmente, existe a necessidade legal das instituições de armazenar esses materiais por longos períodos, mantendo seu bom estado de conservação. Essa necessidade incorre em custos extras com estoque e guarda dos materiais, ocupando espaços físicos consideráveis.

Também, pelo fato de os documentos existirem apenas fisicamente, estão sujeitos a perdas e desastres, além de inviabilizar o acesso remoto das informações do paciente, como exames e documentos.

Essa descentralização implica em uma replicação dos problemas descritos acima em cada instituição que um paciente é admitido para realizar algum exame. Também inviabiliza a consulta e avaliação remota dos resultados anteriores de outras localidades, o que prejudica o acompanhamento do histórico médico de um indivíduo. Ademais, algumas especialidades que também trabalham com análise de imagens para diagnóstico, como dermatologia, patologia, gastroenterologia, odontologia, entre outros, não possuem uma ampla gama de equipamentos com suporte aos protocolos de interoperabilidade conhecidos pelos principais sistemas disponíveis no mercado de saúde.

Nesse sentido, tendo como objetivo tornar possível o armazenamento e distribuição de informações e imagens digitais obtidas através de dispositivos de captura, em sistemas especializados, resume-se a hipótese de pesquisa a ser analisada no presente trabalho da seguinte maneira: como criar um modelo de sistema de coleta e gestão de imagens digitais para criação de ambientes ubíquos em saúde?

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo são abordados os conceitos teóricos relacionados ao trabalho. São contextualizados os sistemas de informação em saúde, uma breve contextualização sobre modelos de computação ubíqua utilizados no segmento da saúde e seus benefícios.

Também são abordados os fundamentos dos sistemas de arquivamento e comunicação de imagens, do inglês *Picture Archive and Communication Systems* (PACS) e sobre o padrão de comunicação de imagens digitais na medicina (DICOM), que é parte fundamental nesse tipo de sistema.

2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES EM SAÚDE

Sistemas de informação podem ser definidos como a integração de pessoas, dados, software, hardware e redes de comunicação. Sendo capaz de receber os dados coletados e transformá-los e organizá-los em informações úteis para a sociedade e organizações. Sendo assim, a adoção de novos processos e tecnologias com o intuito de gerar diferenciais que tragam retornos melhores para uma companhia são características de instituições inovadoras.

A busca de processos melhores a fim de gerar mais valor ao mercado, fazem empresas investirem grandes cifras em sistemas de informações. Esses sistemas são caracterizados por levar diversos grupos de trabalho a atuar de forma colaborativa em prol de um mesmo objetivo. A área da saúde é um exemplo típico, pois uma equipe multidisciplinar usa um mesmo sistema com o objetivo de gerar um atendimento mais eficiente e eficaz ao paciente. Além disso, o surgimento de oportunidades para o desenvolvimento e aprimoramento de teorias de sistemas de informação na área de saúde, deve-se ao seu contexto único e peculiar, com usuários de alto nível profissional, cuja liberdade de ação e autonomia pode ser fundamental (PEREZ & ZWICKER, 2010).

A tecnologia de informação tem um papel importante na área da saúde. Tendo em vista que a informação está presente nos dias de hoje de maneira muito mais efetiva que em tempos passados, profissionais da de saúde e governantes buscam frequentemente melhorar os serviços médicos prestados, além de reduzir os custos operacionais (LIU & WANG, 2011).

No ano de 1964 aconteceu a primeira tentativa de utilização de um sistema de gestão hospitalar em Michigan (USA), cujo objetivo era reduzir o número de erros médicos através da diminuição de processos de

registro em papel no cuidado dos pacientes. Contudo, a tentativa de implantação não foi bem-sucedida devido à complexidade dos computadores da época e as dificuldades com a usabilidade. Além disso, a experiência visava a substituição das enfermeiras por secretárias. Conseqüentemente, houve um prejuízo significativo na atenção e no cuidado aos pacientes (LIU & WANG, 2011).

Na década de 1940, com o surgimento dos primeiros computadores digitais, muito se ouviu a respeito da revolução que essa tecnologia causaria na área da saúde e na prática clínica. Desde então, a tecnologia não para de evoluir. Embora a dependência tecnológica seja tão significativa atualmente, o advento dessas tecnologias é relativamente recente: foi apenas na década de 1970 que o primeiro computador pessoal surgiu. Apenas duas décadas mais tarde, em 1990, foi desenvolvida a rede mundial de computadores e outras tecnologias tão presentes, como redes sem fio e *smartphones*, são ainda mais recentes. A velocidade que essas tecnologias se disseminaram, trouxe desafios para as instituições de saúde, que tiveram que entender, nas últimas décadas, o papel da tecnologia da informação e como ela pode interagir nesses ambientes. Adicionalmente, as instituições começaram a observar problemas na utilização do papel para registros clínicos, além da falta de informações importantes para o planejamento estratégico das instituições (SHORTLIFFE & CIMINO, 2013).

Foi na década de 1980, após tentativas frustradas de desenvolver um sistema que abrangesse todo o aspecto hospitalar, que se iniciou uma movimentação para o desenvolvimento de sistemas menores e mais modularizados, que visavam atender requisitos mais específicos. Essa movimentação se mostrou mais eficiente que a abordagem anterior (LIU & WANG, 2011).

2.2 SAÚDE UBÍQUA

O número de idosos tem aumentado nos últimos anos como consequência do aumento da expectativa de vida global, guiada, principalmente, pela melhoria e acessibilidade aos serviços de saúde. Somente nos Estados Unidos da América, é esperado que a população acima de 65 anos dobre até o ano de 2040. Por outro lado, o envelhecimento da população, aliado a mudanças no estilo de vida da sociedade, tem aumentado o número de indivíduos com doenças crônicas como por exemplo o diabetes, hipertensão, Parkinson, Alzheimer, doença pulmonar obstrutiva crônica e osteoporose. A gestão e os cuidados dessa população têm impulsionado os gastos com saúde, colocando em risco a

viabilidade financeira dos sistemas de saúde existentes nos governos. Porém, é possível reduzir os custos dos processos de cuidado da saúde através da utilização de tecnologias. Já se sabe, por exemplo, que é mais efetivo prevenir doenças do que tratá-las tardiamente. Nesse sentido, o investimento em dispositivos e protocolos que viabilizem análises preventivas tem capacidade de otimizar a utilização de recursos na saúde, reduzindo os custos com hospitalização e profissionais especializados (AGOULMINE *et al.*, 2011).

Assim, a computação móvel é importante para atender esse objetivo, pois é um paradigma que emerge de sistemas distribuídos e permite ao usuário, portador de dispositivos móveis, que acesse uma infraestrutura compartilhada independentemente da sua localização física. Na computação ubíqua o poder computacional se encontra disponível a qualquer momento e de qualquer localidade (BARBOSA *et al.*, 2008).

Trata-se de uma área abrangente e multidisciplinar voltada para a aplicação de tecnologias da informação em serviços de saúde com o objetivo de melhorar o desempenho das organizações, além de proporcionar a melhoria da atenção ao paciente (PEREIRA & ROCHA, 2014).

A saúde ubíqua ou u-Health é um tipo de serviço de saúde existente em ambientes ubíquos, que faz uso de tecnologias móveis e redes sem fio, permitindo sua utilização em situações móveis com ou sem a intervenção de profissionais da saúde. Essa estrutura tem como objetivo permitir que sinais e informações do paciente sejam capturadas por sensores móveis e transmitidas para um servidor remoto, onde então, podem ser analisadas (HAN, LEE, PARK, 2010).

A *Mobile Health* (m-Health) pode ser definida como a aplicação da prática médica suportada pela utilização de dispositivos móveis, como *smartphones*, dispositivos de monitoramento de paciente, assistentes digitais pessoais e outros tipos de dispositivos móveis. A m-Health recebeu uma atenção considerável a partir da explosão da utilização de *smartphones*, como iPhones, iPads e dispositivos contendo sistemas operacionais Android (LEE, 2011).

O aumento da disponibilidade e performance, além redução de tamanhos e incremento das taxas de comunicações de dados nas redes de telecomunicações terão impactos importantes para a evolução de sistemas e serviços de m-Health. Nesse sentido, m-Health pode ser definida como “tecnologias e redes de comunicação emergentes voltadas para a área da saúde”. Essa definição representa a evolução da telemedicina tradicional

para dispositivos móveis e redes sem fio (ISTEPANIAN, LAXMINARAYAN, PATTICHIS, 2006).

2.2.1 Interoperabilidade

Na área da saúde, os sistemas de informações têm crescido constantemente. Como consequência, houve o aumento do volume, complexidade e criticidade das informações armazenadas nesses sistemas, tornando cada vez mais difícil o gerenciamento desses dados. Apesar de sabermos que esses sistemas são responsáveis por aumentar a qualidade dos serviços de saúde e melhorar a distribuição dos dados, a integração destes tem papel fundamental para criar ambientes mais ubíquos e heterogêneos, tornando a informação disponível em qualquer local e a qualquer hora.

Por isso, é necessário criar processos sólidos e eficientes de integração de sistemas que considerem aspectos de escalabilidade, flexibilidade, portabilidade e segurança. Para viabilizar a interoperabilidade entre os sistemas de saúde, foram desenvolvidas uma série de metodologias, que resultaram em padrões e arquiteturas de comunicação, como o *Health Level 7 (HL7)*. Contudo, ainda existem preocupações acerca da capacidade de distribuição e tolerância de falhas desses padrões (CARDOSO *et. al.*, 2014).

2.3 PACS

Antes do uso de computadores em medicina, Raio-X (RX) era a única modalidade médica disponível com produção de imagens. Nos anos de 1960 e 1970, foram introduzidas técnicas de medicina nuclear, modalidades de ultrassonografia e tomografia computadorizada (TC). Em 1980, surgiu a ressonância magnética (RM). O surgimento dessas ferramentas, associado ao desenvolvimento acelerado da tecnologia, contribuiu com o surgimento de técnicas avançadas de diagnóstico por imagem para uso clínico. Ao contrário dos métodos de imagem anteriores, TC e RM foram desenvolvidos para uso em computadores, através da disponibilização de imagens digitalmente, por isso, desempenharam um papel fundamental na formação da imagem.

Além disso, os avanços na informática também contribuíram significativamente para o rápido desenvolvimento da radiologia digital entre as décadas de 1970 e 1990. Durante os anos 1980 e 1990, quase todas as modalidades de imagem em radiologia passaram a utilizar imagens em formato digital, substituindo o formato analógico. Esta

transição foi fundamental para o sucesso dos sistemas de PACS, criando uma integração de todos os registros, incluindo as imagens digitais (LIU & WANG, 2011).

Apesar do reconhecimento de muitas pessoas a respeito do uso de sistemas de informação para a prática da medicina, o conceito de digitalização de imagens médicas e comunicação digital só começou a se popularizar no início da década de 1980. Nos primeiros sistemas de PACS, as imagens eram armazenadas em um sistema centralizado, havia pouca ou nenhuma integração com sistemas de informação radiológica (RIS, do inglês *Radiology Information Systems*). Os dados de imagem eram distribuídos para as estações de trabalho individuais quando necessário, e vários esquemas de busca de dados de exames anteriores foram implementadas manualmente por falta de integração com RIS.

É importante ressaltar que avanços tecnológicos têm permitido transferências de imagem de forma mais rápida e inteligente, tornando o uso de sistemas de PACS mais prático e acessível para o exercício clínico. Outros pontos importantes se referem aos avanços da resolução e de iluminação da imagem em dispositivos de vídeo comuns, através de placas de vídeo potentes e monitores eficientes, desempenhando papel fundamental para o uso de sistemas de PACS no ambiente clínico (LIU & WANG, 2011).

As atribuições de um sistema de PACS podem variar, porém, de modo geral, devem incluir funções de exibição de imagens, arquivamento de dados e componentes de gerenciamento. Muitas vezes dispõe, também, de recursos de impressão de imagens radiológicas em impressoras comuns ou especializadas. Contudo, para os usuários em geral, o componente mais óbvio desse tipo de sistema é a visualização de imagens em uma estação, que normalmente consiste em uma estação de trabalho, com vários monitores. Essa percepção se dá por conta de que, em geral, é essa parte que a maioria dos usuários deseja interagir. Na verdade, um sistema de PACS é muito mais complexo do que as estações de trabalho colocadas em torno de uma instituição de saúde (LIU & WANG, 2011).

Figura 1 - Fluxo de informações de um sistema de PACS.



Fonte: Adaptado de LIU e YANG (2011).

Na Figura 1 é apresentado o fluxo de informação de um processo de um PACS. O início é tipicamente determinado pela aquisição das imagens provenientes de equipamentos de diagnóstico por imagem, como RX e TC. Essas informações são armazenadas e disponibilizadas para interpretação. As informações geradas e/ou armazenadas também podem ser integradas com sistemas de gestão de informação e/ou disponibilizadas através de diversos meios, como em mídias digitais, impressões, internet, etc.

Atualmente, existem centenas de sistemas de PACS comerciais disponíveis no mercado em todo o mundo. Grandes fabricantes de equipamentos de imagem emergiram como os principais fornecedores. No entanto, existem inúmeras outras pequenas e médias empresas no segmento, mesmo sem possuir a capacidade de instalação, como grandes fabricantes de equipamento de diagnóstico médico por imagem, mas que tendem a ser flexíveis, oferecendo ideias inovadoras e utilizando tecnologias avançadas (LIU & WANG, 2011).

2.3.1 Histórico

Embora sempre tenha existido o reconhecimento de que a computação tinha um grande potencial de tecnologias capazes de apoiar a prática médica, o conceito de digitalização de imagens médicas e de comunicação digital só começou a ser introduzida na década de 1980. Um projeto de teleradiologia, patrocinado pelo governo dos Estado Unidos da América, foi um dos primeiros projetos de um sistema de PACS, concebido entre o final de 1970 e início de 1980. Posteriormente, o projeto foi expandido para armazenamento e comunicação de imagens digitais, contando com a participação da Philips Medical Systems e AT&T (LIU & WANG, 2011).

Na grande maioria dos primeiros sistemas de PACS, as imagens eram mantidas em um servidor centralizado, tendo muito pouca ou nenhuma integração com sistemas de gestão. Imagens eram distribuídas para estações de trabalho apenas quando necessárias, mas houve um recuo dessa abordagem por questões de consumo de banda de rede, que era pequena se comparada aos tempos atuais (LIU & WANG, 2011).

Alguns marcos evolutivos de um PACS são:

- 1968: Primeira tentativa de aplicação da teleradiologia;
- 1982: Primeira conferência internacional sobre PACS;
- 1983: Início do projeto de teleradiologia do exército americano;
- 1983: Primeiro leitor comercial de radiografia computadorizada, desenvolvido pela Fuji;
- 1983 a 1988: Desenvolvimento do primeiro padrão para imagens médicas digitais pela *American College of Radiology (ACR)* e *National Electrical Manufacturers Association (NEMA)*;
- 1987: Introdução ao padrão de interoperabilidade *Health Level Seven (HL7)*;
- 1989: 3 do padrão ACR/NEMA 2.0;
- 1993: Liberação do padrão DICOM 3.0 pela ACR/NEMA;
- 1994: VA Medical Center (Baltimore) é o primeiro departamento de radiologia sem utilização de filme;
- 1998: Apresentação da iniciativa *Integrated Healthcare Enterprise (IHE)*.

2.3.2 Vantagens e Benefícios

Os maiores benefícios desses sistemas consistem em aumento da eficiência nos processos de aquisição, visualização e interpretação das imagens radiológicas, melhorando significativamente a qualidade no atendimento do paciente. Comparado com outros sistemas, os PACS permitem um gerenciamento muito mais fino dos dados das imagens, prevenindo contra perdas das imagens, antes guardadas em filmes. Também reduz custos e elimina riscos ambientais envolvidos na manipulação e processamento dos filmes com produtos químicos. Porém, o custo de implantação inicial tende a ser elevado, exigindo gastos com a aquisição do sistema e adequação de infraestrutura. Também são necessários gastos com equipes de suporte de tecnologia da informação (TI) (LIU & WANG, 2011).

Além disso, é importante destacar que médicos radiologistas precisam, frequentemente, localizar determinados casos estudados, para fins educacionais, de pesquisa, ou para identificar grupos de pacientes com doenças específicas. Localizar este tipo de material pode ser uma tarefa difícil e demorada. Em muitos casos, é necessária a realização de buscas individuais nos registros de cada paciente. Sistemas de PACS são ricas fontes de dados, contendo diversas informações referentes ao histórico dos exames realizados pelo paciente e, quando integrados aos sistemas de gestão, podem fornecer informações completas sobre este indivíduo (RUBIN & DESSER, 2008).

Antes da adoção desse tipo de sistema, clínicas e hospitais mantiveram, por muitos anos, um fluxo de trabalho radiológico definido e estruturado, baseado no processo de visualização e manipulação das imagens por meio de filmes. Esse fluxo permaneceu relativamente inalterado durante anos. Nesse ambiente, ordens de serviço e fluxo de informações eram feitos, principalmente, através de trilhas de papel e imagens médicas capturadas em filmes, geralmente com uma cópia por imagem.

Esse fluxo limitava o acesso às imagens reais dos exames, tanto pelos médicos solicitantes, quanto pelos pacientes; a menos que existissem cópias dos filmes, o que era caro e ineficiente. A grande quantidade de filmes com imagens era disponibilizada, amplamente, apenas ao médico radiologista, que interpretava as imagens. Caso os filmes fossem perdidos, por algum motivo, era necessário que o exame fosse refeito, gerando novas imagens, que deveriam passar pelo fluxo de trabalho novamente. Além de ser um processo custoso financeiramente, gerava grande insatisfação por parte dos pacientes (LIU & WANG, 2011).

2.3.3 Servidores PACS

Sistemas de PACS são considerados altamente complicados. Independentemente do tamanho da instituição, sempre terá que fazer interface com múltiplas modalidades de imagens, servidor, estações de trabalho, armazenamento de dados e redes que interligam esses pontos. As imagens são geradas por modalidades que transmitem os dados diretamente ao servidor onde as imagens são recebidas e armazenadas. Posteriormente, as imagens são acessadas por estações de trabalho conectadas ao servidor via rede, onde são exibidas e interpretadas pelos profissionais médicos.

O servidor de um sistema de PACS é o centro desse tipo de sistema. Suas principais atribuições consistem no recebimento de imagens DICOM geradas por várias modalidades, como RM, TC, Radiografias Digitais e Ultrassonografias; gerenciar a base de exames; comunicar-se com sistemas de gestão; transmitir imagens para estações de trabalho e outros dispositivos, além de outras funcionalidades (LIU & WANG, 2011).

2.3.4 DICOM

Foi na década de 1970, com a introdução das modalidades de imagens digitais, como a tomografia computadorizada, além do aumento da utilização de computadores para aplicações médicas, que a ACR juntamente com a NEMA identificou a necessidade emergente de criar um padrão para transferir imagens e informações associadas entre equipamentos de diversos fornecedores.

Em 1983, as duas entidades formaram um comitê para desenvolver o padrão, cujo objetivo era promover a comunicação de imagens digitais independente do fornecedor do equipamento, facilitar o desenvolvimento e expansão de sistemas de PACS, além de permitir a criação de um banco de dados de informações coletadas por diversos equipamentos em diversas localidades (DICOM, 2018).

DICOM é um padrão para comunicação e gerenciamento de imagens médicas e dados relacionados, que pertence ao campo de informática médica, facilitando a interoperabilidade entre equipamentos de imagem e sistemas de informação. O padrão DICOM especifica uma série de requisitos, como protocolos de rede que devem ser utilizados, estrutura sintática e semântica das mensagens que serão intercambiadas utilizando esses protocolos, formatos que devem ser utilizados no

armazenamento de mídias, entre outras regras que devem ser obedecidas para estar aderente ao padrão. DICOM foi desenvolvido com ênfase em imagens diagnósticas geradas por especialidades como radiologia, cardiologia, patologia, odontologia, oftalmologista, contudo pode ser aplicado para um amplo espectro de informações clínicas, sendo imagens ou não (DICOM, 2018).

DICOM representa anos de esforço para desenvolver um padrão mundialmente aceito e fundamental no que se refere a comunicação de imagens digitais na área médica. Como tal, ele provê mecanismos para que dados médicos sejam processados corretamente. DICOM não é, portanto, um tipo de formato de imagem, como muitos acreditam que seja, mas um padrão para transferência, armazenamento e visualização de imagens médicas, conforme os aspectos estabelecidos pela medicina moderna. DICOM está, portanto, diretamente relacionado aos conceitos de PACS, pois suas funcionalidades são orientadas a esse padrão, pois é isso que garantirá a interoperabilidade desse tipo de sistema (PIANYKH, 2009).

O padrão DICOM tem como objetivo facilitar a interoperabilidade de equipamentos e sistemas de informações. De forma geral, ele:

- Define a semântica dos comandos e dados associados, definindo como os equipamentos devem se comportar quando uma operação é executada e não apenas sobre como a informações deve ser transmitida entre eles;
- Define a semântica de serviços de arquivos, formatos e diretórios para viabilizar comunicações off-line;
- Estrutura os requisitos de cada documento de conformidade, de modo que esses requisitos sejam claros o suficiente para que os equipamentos que declaram aderência ao documento tenham capacidade de executar as funções e operações exigidas;
- Facilita as operações em ambiente de rede;
- É estruturado para viabilizar introdução de novos serviços, facilitando o suporte a futuras aplicações de imagens médicas;

- Facilita as operações em ambiente de rede.

Como um padrão mundial, que pode ser utilizado em qualquer localidade, ele fornece mecanismos para gerenciamento de dados em diversas culturas, permitindo lidar com variações de linguagem, escrita, codificação, etc. Também suporta vários fluxos de trabalho, processos e políticas, sendo aderente às diversas regras de operação de cada região. O padrão está em constante evolução, sendo mantido de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo comitê da organização. Além disso, propostas de melhorias podem ser submetidas por qualquer usuário. Adições e correções são aplicadas no padrão diversas vezes por ano. Todas as modificações são aprovadas e consolidadas em uma edição de atualização do padrão (DICOM, 2018).

2.3.4.1 História

Foi em 1983, através de um comitê formado pela *ACR* e a *NEMA* que surgiu o DICOM. A principal intenção do comitê era criar uma padronização com objetivo de tornar as imagens médicas digitais independentes de dispositivos particulares e fabricantes, facilitando a expansão das imagens digitais e PACS (PIANYKH, 2009).

A primeira versão do padrão, denominada ACR-NEMA 1.0, foi publicada em 1985 e especificava a interface de hardware e um pequeno conjunto de comandos de software, além de um conjunto de formatos de dados. Oficialmente, o ACR-NEMA era descrito como um guia. Nessa versão, a NEMA não assumiu quaisquer responsabilidades por sua aplicação ou interpretação. Como qualquer primeira versão, ela continha erros e imperfeições. Logo perceberam que ela necessitaria de novos esforços para gerar versões futuras que implementassem estruturas melhores (DICOM, 2018; PIANYKH, 2009).

Em 1988, foi publicada a versão 2.0, denominada ACR-NEMA 2.0 que incrementava a versão 1.0 e adicionava mecanismos de suporte a visualizadores de imagem e uma nova estrutura de hierarquia de elementos de imagem (PIANYKH, 2009).

Em 1993, o padrão ACR-NEMA foi revisado e substituído pelo padrão atual, denominado DICOM, que contém uma série de melhorias em relação ao padrão ACR-NEMA. Em 1995, DICOM iniciou seu suporte à especialidade de cardiologia, apoiado pela *American College of Cardiology*. Nessa época, o comitê do padrão foi reorganizado e conta com a colaboração de partes interessadas em diversas especialidades médicas. (DICOM, 2018).

Atualmente, é quase impossível pensar em medicina moderna sem pensar em DICOM e PACS, pois eles desempenham um papel fundamental na evolução da medicina, garantindo os melhores padrões de diagnóstico e a melhor performance (PIANYKH, 2009).

2.3.4.2 Funcionamento

Todos os dados existentes no mundo real são representados no modelo DICOM como atributos. Essas entidades e objetos são padronizados através da Definição de Informações do Objeto (IOD, do inglês *Information Object Definition*). Um IOD pode ser classificado como uma coleção de atributos que descrevem sua propriedade, por exemplo, o IOD de paciente pode ser descrito como nome do paciente, número de identificação, sexo, idade, peso, altura e todos os atributos necessários para capturar o contexto clínico do paciente (PIANYKH, 2009). Conforme representado na figura abaixo:

Figura 2 - Exemplo IOD.



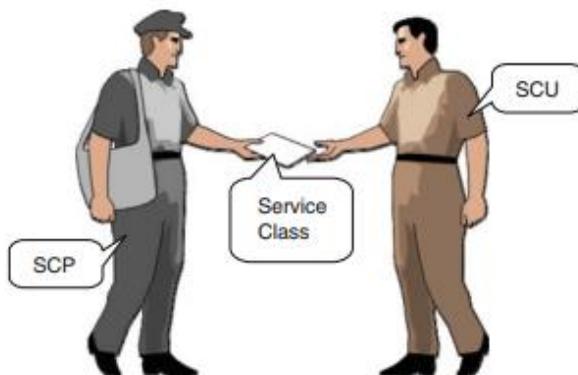
Fonte: Adaptado de Pianykh (2009).

DICOM mantém mais de 2000 atributos, conhecidos como dicionário de dados DICOM, para garantir a consistência na nomenclatura, formato e processamento de cada um. Por exemplo, um conjunto de dados de paciente, como nome, idade e sexo, estão contidos nesse dicionário. Todos os atributos são formatados pelo *Value Representation* (VR) que incluem tipos de dados como data, hora, nomes e identificadores (PIANYKH, 2009).

Uma vez que os dados são capturados como atributos DICOM, eles podem ser processados e transmitidos entre dispositivos que tem compatibilidade com o protocolo, também chamados de *Application*

Entities (AE). Um AE provê serviços para outros AE. Tipicamente, cada serviço envolve alguma transferência de dados entre as aplicações, é comum associar os tipos de serviços com os dados (IODs) que eles processam. No contexto DICOM, essas associações são chamadas de *Service Object Pair* (SOPs), e agrupadas em *SOP Classes*. Por exemplo, ao armazenar imagens de uma TC em um PACS digital, corresponde a uma *TC Storage SOP*. Nesse exemplo específico, o equipamento de tomografia faz uma requisição ao PACS e, segundo o DICOM, quem faz uma requisição é chamado de *Service Class User* (SCUs) e quem provê um serviço de *Service Class Provider* (SCPs). Contudo, a relação entre SCU/SCP é relativa ao contexto, pois conforme o serviço uma entidade pode agir tanto como SCU, quanto como SCP (PIANYKH, 2009).

Figura 3 – SCU e SCP



Fonte: Pianykh (2009).

Cada dado trocado entre um SCU e um SCP é chamado de *Association*. Para tanto, cada associação é iniciada através de um *Association Establishment*, que é basicamente o *handshake* de rede do protocolo DICOM, onde duas entidades trocam informações mutuamente. Essa troca de informações é denominada *Presentation Contexts*. Caso duas aplicações sejam compatíveis com o *Presentation Context* apresentado, então elas podem se conectar e começar a trocar informações através da relação SCU-SCP (PIANYKH, 2009), conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Associação entre SCU e SCP.



Fonte: Adaptado de Pianykh (2009).

No exemplo anterior, o equipamento de tomografia computadorizada abre uma associação com o PACS, para arquivamento das imagens com o *CT Image Store Presentation Context*. O PACS faz a verificação se esse *Presentation Context* é aceito dentre os vários outros que podem existir naquele sistema. Se o armazenamento de imagens de TC está entre eles, então ele aceitará a associação com o equipamento.

Devido ao fato que existem diversos equipamentos e aplicações DICOM produzidos pelos mais variados fabricantes, cada um deles deve vir acompanhado de um documento chamado *Conformance Statement*, ou documento de conformidade. Esse documento tem papel fundamental, pois serve para especificar quais os SOPs (Serviços) que aquele equipamento ou aplicação suporta.

Além disso, define como ele é capaz de se comportar naquele contexto, se é apenas como SCU, somente SCP ou se é apto a trabalhar como ambos. Portanto, atentar-se para o manual de conformidade é crucial para identificar se aquele equipamento ou aplicação atende os requisitos desejados em determinado contexto. Por exemplo, se for feita a aquisição de um equipamento que não suporta *CT Storage SCP*, não será possível armazenar imagens de tomografias nessa aplicação (PIANYKH, 2009).

3 MÉTODO

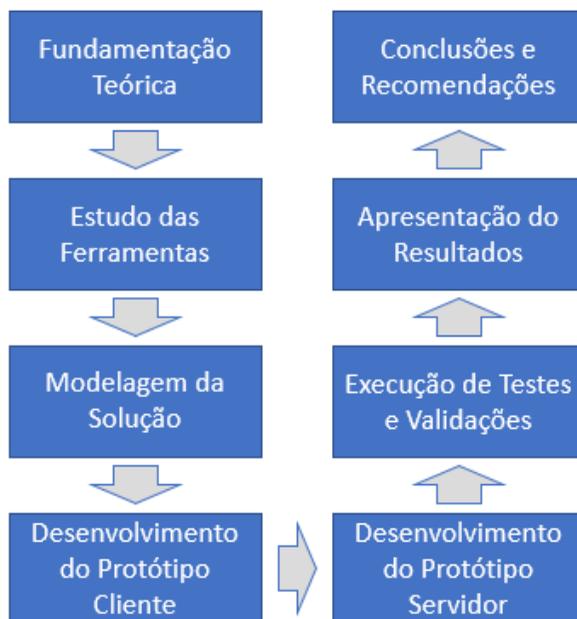
Uma pesquisa tecnológica tem como objetivo a geração de conhecimento através da resolução de problemas concretos. Tem como objetivo efetuar a aplicação de teorias às necessidades humanas, produzindo produtos, processos e patentes (GARCES, 2010).

Nesse sentido, de acordo com os conceitos estudados, a presente pesquisa pode ser classificada uma pesquisa de produção tecnológica, pois tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de informação em saúde para automatizar o processo de coleta de imagens digitais, associá-las aos dados coletados, converter ao padrão DICOM e transmitir a um servidor próprio para processamento das informações.

3.1 ETAPAS

As etapas de realização deste trabalho estão segmentadas conforme fluxograma da Figura 5.

Figura 5 – Etapas de desenvolvimento do projeto.



Fonte: O Autor (2018).

A primeira etapa compreende a fundamentação teórica da pesquisa, apresentando conceitos sobre sistemas de informações em saúde, a teoria do padrão DICOM e modelos de computação ubíqua para o segmento da saúde.

Na segunda etapa, são estudadas as ferramentas de modelagem do robô de conversão de imagens, como linguagens de programação, sistemas de gerenciamento de banco de dados, *frameworks* de desenvolvimento e sistemas operacionais. Também são estudadas soluções *ESB (Enterprise Service Bus)* e *ETL (Extract Transform and Load)*, além de soluções de infraestrutura computacional para suportar os servidores.

A terceira etapa consiste na definição das ferramentas estudadas que serão utilizadas na implementação dos sistemas cliente e servidor. Também se define os requisitos da pesquisa, a modelagem do sistema e suas regras de negócio.

A criação da estrutura do projeto e a implementação das tecnologias escolhidas para o sistema cliente, serão aplicadas na etapa quatro. Na quinta etapa, o servidor é desenvolvido com base nas estruturas de comunicação construídas no sistema cliente.

Os testes integrados entre sistema cliente e servidor são executados na sexta etapa. São construídos os casos de teste e seus resultados são validados.

Na sétima etapa é apresentado o protótipo construído, os resultados obtidos e suas validações. Serão feitos experimentos com utilização de estudos de caso.

Na etapa oito apresentam-se as conclusões da pesquisa e dos resultados obtidos com a arquitetura desenvolvida. São incluídas as observações do autor sobre a presente pesquisa e suas recomendações para trabalhos futuros.

3.2 MODELAGEM

Sistemas de informação são formados por uma combinação de pessoas, dados, processos, interfaces, redes de comunicação e tecnologias. Estes elementos interligados operam com o objetivo de prover suporte aos processos de negócio e as informações que estão inseridas dentro de uma organização empresarial. Também, no que se refere ao ponto de vista estratégico, estes sistemas visam promover vantagens competitivas no mercado atual. Nesse sentido, a construção de sistemas de informação demanda um planejamento inicial. Essa necessidade leva ao conceito de Modelo, que é parte fundamental no

desenvolvimento de sistemas, pois representa uma idealização do projeto que será desenvolvido (BEZERRA, 2007).

O autor define modelagem de software como: “utilização de notações gráficas e textuais com o objetivo de construir modelos que representam as partes essenciais de um sistema, considerando-se várias perspectivas diferentes e complementares”. Várias razões justificam a utilização de modelos no desenvolvimento de sistemas e, para Bezerra (2007), algumas dessas razões que merecem destaque são:

1. **Gerenciamento da complexidade:** um dos principais motivos da adoção de modelos de desenvolvimento de software é devido a limitação do ser humano em lidar com complexidades. No desenvolvimento de um sistema, várias partes diferentes podem ser desenvolvidas, cada uma com um modelo específico e com perspectivas diferentes, de modo que cada modelo descreva apenas as partes interessantes e relevantes para a resolução de cada problema.
2. **Comunicação entre pessoas envolvidas:** a tarefa de desenvolvimento de um sistema pode envolver a execução de uma grande quantidade de atividades, executadas por vários envolvidos. A utilização de modelos fornece suporte à difusão de informações entre os indivíduos envolvidos no processo de desenvolvimento de cada uma das atividades.
3. **Redução de custos no desenvolvimento:** desenvolver um sistema é uma tarefa realizada por seres humanos, por isso, estarão sempre sujeitos a erros, que podem acometer qualquer etapa do desenvolvimento. Contudo, a utilização de modelos ajuda a prever e corrigir estes erros antes que o desenvolvimento da aplicação tenha sido iniciado, tornando o processo de correção muito mais barato, uma vez que a etapa de modelagem é mais barata que a etapa de desenvolvimento.
4. **Previsão de comportamentos futuros:** modelar um sistema ajuda a entender o comportamento de uma aplicação, sendo possível experimentar uma série de

modelagens diferentes para a resolução de um mesmo processo.

3.2.1 Especificação de Requisitos

Nesta seção são definidos os requisitos do sistema: funcionais e não funcionais.

3.2.1.1 Levantamento de Requisitos

O levantamento de requisitos é a etapa que visa o entendimento do problema aplicado ao desenvolvimento de software, em que usuários e desenvolvedores devem ter a mesma visão do problema a ser solucionado (BEZERRA, 2007).

3.2.1.1.1 Requisitos Funcionais

Segundo Bezerra (2007), requisitos funcionais são responsáveis por definir as funcionalidades de um sistema. Os requisitos funcionais levantados para este projeto são apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Requisitos Funcionais

RF01 - O sistema cliente deve permitir a conversão de arquivos de imagem em formato JPG/MPG para formato DICOM
RF02 - O sistema cliente deve permitir a exportação dos arquivos DICOM através de operações de C-STORE
RF03 - O sistema cliente deve controlar arquivos já processados e transmitidos, evitando reprocessamento de dados identicos
RF04 - O sistema servidor deve permitir o armazenamento de imagens em formato DICOM
RF05 - O sistema servidor deve permitir a consulta dos dados através de plataforma web, além de operações de consulta e acesso remoto por visualizadores DICOM

Fonte: O Autor (2018).

3.2.1.1.2 Requisitos Não Funcionais

Segundo Bezerra (2007, pág. 21), requisitos não funcionais são responsáveis por declarar características qualitativas, de acordo com as funcionalidades propostas e que um sistema deve atender. Os requisitos não funcionais levantados neste projeto são apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Requisitos Não Funcionais

RNF01 - O sistema cliente deve ter a capacidade de transmitir 1.000 estudos/dia dadas as configurações de hardware: Intel Core i5+, 6 GB RAM
RNF02 - O sistema cliente deve permitir sua instalação e configuração em ambiente multiplataforma
RNF03 - O sistema cliente deve permitir configurações apenas a usuários autorizados, mediante acesso com login e senha
RNF04 - O sistema servidor deve executar em ambiente dedicado com configurações mínimas de hardware: Intel Core i5+, 6GB RAM, HD 500 GB

Fonte: O Autor (2018).

3.3 ARQUITETURA PROPOSTA

A presente pesquisa propõe um modelo de sistema capaz de consolidar todo o processo de identificação, conversão, transmissão e armazenamento de imagens digitais em formato DICOM, criando um modelo de sistema cliente e servidor DICOM, para suprir a necessidade de captura padronizada de dados de saúde e armazenamento centralizado das informações capturadas, além de viabilizar o processamento de dados em uma única base. Para tanto, a proposta define um sistema cliente, que tem como objetivo viabilizar a captura de imagens digitais, associar com dados relevantes ao contexto da imagem, converter ao padrão DICOM e transmitir para um servidor central, que tem como objetivo se tornar um repositório de dados de estudos médicos, independente da origem da informação.

O modelo de plataforma foi segmentado em duas partes. A primeira, refere-se ao processo de automação de dados, denominado como “robô de conversão”, utilizado para capturar, processar e transmitir as informações relativas aos estudos gerados por sistemas terceiros, de forma automatizada. A segunda, relativa ao servidor de PACS

implantando em ambiente virtualizado, hospedado pela máquina do autor, com configurações compatíveis com os requisitos não funcionais descritos anteriormente, com objetivo de armazenar as informações transmitidas pelo robô, de maneira centralizada, a fim de gerar uma base de estudos padronizada e acessível fundamentada na utilização do protocolo DICOM.

3.3.1 Robô de Conversão

A presente seção estipula os mecanismos de operação do robô de conversão, que consiste no desenvolvimento de uma solução informática, capaz de identificar imagens médicas e arquivos contendo informações dos estudos executados pelo sistema de captura, efetuar validações e gerar arquivos de imagem em conformidade com o padrão de interoperabilidade DICOM.

Para tanto, o sistema utilizado necessita que sejam fornecidos os artefatos de entrada especificados abaixo:

- **Arquivos de Dados:** refere-se aos arquivos digitais estruturados em notação XML, contendo o conjunto de dados relativos ao procedimento de imagem executado. Ou seja, contêm dados demográficos do paciente, instituição e outros dados de execução do estudo.
- **Arquivos de imagens digitais:** referem-se aos arquivos digitais, em formato de imagem JPG ou vídeos em MPG, gerados por *hardware* de captura específico, como câmeras e scanners. Ou seja, consiste na imagem do estudo realizado, contendo os insumos utilizados pelo examinador para realizar as avaliações pertinentes.

O conjunto de dados de entrada permite ao sistema que realize o processo de manipulação, cruzando imagens digitais com dados de identificação do estudo. O processo de manipulação tem como objetivo a geração do arquivo de imagem descrito a seguir:

- **Arquivos de imagem DICOM:** refere-se a arquivos de imagem em formato de acordo com o especificado pela

DICOM em sua versão corrente. As imagens DICOM são geradas no servidor da aplicação e contém as imagens digitais e os dados inseridos pelo usuário de acordo com o estudo executado.

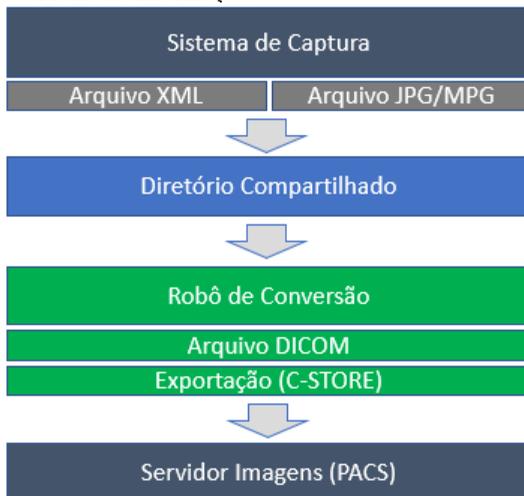
O centro do sistema consiste na geração do arquivo de imagem DICOM, unindo as informações contidas no arquivo XML com os arquivos de imagem relativos ao estudo obtido.

Sequencialmente, após a geração dos arquivos de imagem em formato DICOM, o sistema deve transmitir automaticamente as imagens para o repositório de imagens configurado. Para tanto, deve executar a seguinte operação:

- **Comunicação:** refere-se à capacidade da plataforma de executar operações de DICOM *Storage* (C-STORE), de maneira segura, gerados dos arquivos em formato DICOM para um servidor centralizado proposto e desenvolvido neste trabalho.

No diagrama da Figura 8 é ilustrado o fluxo das informações de entrada e saída do sistema.

Figura 8 – Fluxo de informações



Fonte: O Autor (2018).

Uma vez transmitidas, as imagens DICOM são registradas e não serão mais transmitidas, podendo ser removidas ou não do diretório compartilhado. A partir deste ponto, os estudos se encontram disponíveis no servidor de imagens (PACS) e podem ser acessados por aplicações compatíveis com o protocolo DICOM.

É importante ressaltar que a aplicação executa de maneira transparente ao usuário final, podendo ser considerada como uma ferramenta de complemento aos sistemas já desenvolvidos com o objetivo de capturar imagens/vídeos no contexto médico. Ou seja, uma vez instalada, caso exista algum sistema com capacidade de atender os requisitos estipulados pela aplicação, os dados serão automaticamente transmitidos para o servidor configurado.

3.3.1.1 Tecnologias

Na presente seção são apresentadas as tecnologias utilizadas para suportar o desenvolvimento do robô de captura e conversão de imagens.

MIRTH CONNECT

O robô de identificação, coleta, conversão e transmissão de imagens foi desenvolvido utilizando a ferramenta ESB (Enterprise Service Bus) denominada Mirth Connect, em sua versão 3.6, concebida para permitir processamentos em tempo real de informações relativas ao contexto de saúde.

Dentro da ferramenta, as operações são codificadas utilizando a linguagem de programação JavaScript e Java, e concentram as regras de negócio da aplicação e toda a lógica de processamento dos dados, como autenticação e autorização de usuários, integração das bibliotecas de conversão de imagens para o padrão DICOM, mecanismos de agendamento de tarefas, controle de processamento e comunicação e exportação das imagens ao servidor central.

DCM4CHE

Trata-se de uma coleção de aplicações de código aberto e utilitários para área de saúde desenvolvido utilizando a linguagem de programação Java com suporte a JDK 1.6 ou superior. O projeto do dcm4chee foi desenvolvido seguindo o padrão DICOM e é disponibilizado sob a licença *Mozilla Public License 1.1* (DCM4CHE, 2018)

Nesta pesquisa, a ferramenta foi utilizada para viabilizar o processo de agregação de informações e conversão de imagens ou vídeos digitais, em formato JPG/MPG, utilizando as operações de conversão e c-store.

3.3.1.2 Delimitações

O componente desenvolvido limita-se à localização de arquivos que atendam os mecanismos de entrada especificados anteriormente, sendo alheio ao escopo deste projeto definir a forma com que o sistema de origem, ou seja, aqueles que coletam e geram as imagens digitais, criam esses artefatos.

3.3.2 Servidor de Imagens (PACS)

O mecanismo desenvolvido para atuar como servidor consiste em um servidor de armazenamento e comunicação de imagem com capacidade de executar transações do escopo da especificação DICOM para gerenciar arquivos de imagens geradas por sistemas de terceiros e transmitidas pelo robô de conversão, especificado anteriormente. O servidor foi alocado em ambiente virtual, em rede local, para o desenvolvimento do protótipo, porém pode ser implantado em qualquer infraestrutura que atenda aos requisitos tecnológicos estipulados na presente seção.

O servidor de imagens, para seu funcionamento, deve atender ao requisito de entrada listado abaixo:

- **DICOM C-STORE:** refere-se à capacidade do servidor de prover serviços de DICOM *Store (C-STORE)* para recebimento de imagens em padrão DICOM geradas por equipamentos ou sistemas compatíveis.

Com as informações de entrada o servidor realiza as validações sintáticas e de protocolo. Caso a requisição seja aceita, o servidor gera as ações de saída descritas a seguir:

- **Armazenamento:** as imagens DICOM processadas pelo servidor são armazenadas no sistema de arquivos do sistema operacional da máquina hospedeira, utilizada para comportar a aplicação.

- **Dados Estruturados:** as informações dos estudos recebidos como modalidade, equipamento, descrição, além de informações de paciente e localidade, são armazenadas em sistema de gerenciamento de banco de dados, permitindo que sejam realizadas análises de utilização e de negócio.

Uma vez armazenados, os dados podem ser consultados através da tela de gerenciamento da aplicação, mediante acesso ao endereço web alocado para tal fim. Os estudos também podem ser baixados e verificados através de operações DICOM definidas para este fim, como *Query/Retrieve* de aplicações de visualização de imagens DICOM.

O fluxo das informações de entrada e saída do servidor são apresentados no diagrama da Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma de Interação do Sistema Servidor.



Fonte: O Autor (2018).

O servidor, em sua fase inicial, provê mecanismos de acesso irrestrito e serve como repositório centralizado de arquivos DICOM, tanto para *backup* quanto para geração de métricas de utilização dos sistemas cliente.

3.3.2.1 Tecnologias

Na presente seção são apresentadas as tecnologias propostas para o desenvolvimento do protótipo do servidor web para centralização das imagens e persistência dos dados.

DOCKER

A ferramenta Docker é um *container* capaz de gerenciar de maneira independente imagens de aplicações dentro de uma máquina hospedeira. Sua utilização permitiu que a implantação do servidor ocorresse de maneira ágil e simplificada, sem a necessidade de instalações individuais dos recursos necessários para executar o projeto.

DCM4CHEE

O mecanismo central de recepção das imagens e processamento dos dados foi implementado utilizando o servidor de PACS de código aberto denominado dcm4chee, desenvolvido em linguagem de programação Java EE e JBOSS WildFly como *container* de aplicação web.

Por se tratar de um servidor completo de PACS, o dcm4chee provê mecanismos de recepção de imagens, necessário para atender os requisitos do trabalho. Também conta com mecanismos de gerenciamento das imagens através de uma robusta estrutura utilizada, inclusive, como centro de soluções comerciais.

POSTGRESQL

As informações processadas pelo servidor são armazenadas em um banco de dados relacional, de uso livre, denominado PostgreSQL.

3.3.2.2 Delimitações

O componente desenvolvido limita-se ao gerenciamento das imagens mediante a recepção e armazenamento dos dados, conforme transmitidos pelo sistema de origem, estando fora de escopo deste projeto definir a forma pela qual as informações serão recuperadas pelas aplicações interessadas. Uma vez definido que o protocolo utilizado pelo servidor é o DICOM, fica a critério do utilizador implementar soluções

de automação da recuperação dos dados. Ou utilizar soluções existentes, como visualizadores DICOM para comunicar-se com a plataforma.

4 EXPERIMENTOS

No presente capítulo são apresentados: (I) o ambiente e suas configurações; (II) o conjunto de dados utilizados para realizar as simulações do ambiente experimental; (III) as conclusões obtidas com a execução do experimento.

4.1 AMBIENTE EXPERIMENTAL

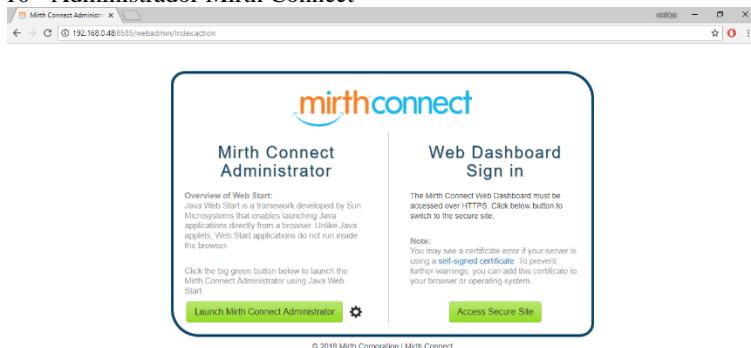
Para realização do experimento, foi utilizado um ambiente local, a fim de garantir maior agilidade na implantação, execução e validação do ambiente do protótipo. Para tanto, foi utilizada uma máquina virtual, alocada com dois núcleos de processamento de Intel i7, 4 GB de memória RAM, 30 GB de Disco Rígido e Sistema Operacional Ubuntu 18.04 LTS.

A máquina alocada para desenvolvimento do protótipo serve para hospedar tanto os serviços destinados a execução do sistema de captura, quanto os recursos do servidor de imagem.

4.1.1 Configurações

Para iniciar a configuração do servidor, é necessário acessar o endereço http://<endereço_virtual:8585/webadmin/Index.action para ter acesso a interface da aplicação que executa o robô de conversão, conforme apresentado na Figura 10.

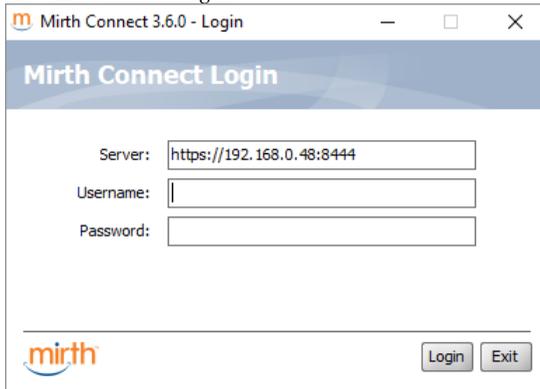
Figura 10 - Administrador Mirth Connect



Fonte: O Autor (2018)

Após *download* da aplicação, é necessário autorizar o acesso na interface de *login* (Figura 11).

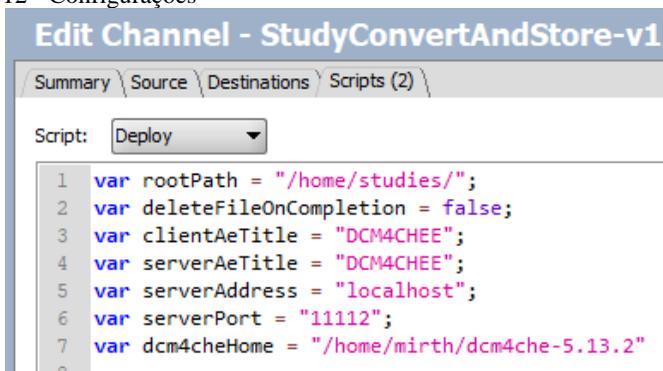
Figura 11 – Interface de *login*



Fonte: O Autor (2018)

Após acessar a interface de administração, é possível acessar o código desenvolvido nesta dissertação clicando em *Channels* e, posteriormente, em *StudyConvertAndStore-v1*. Dentro do código estão configuradas as propriedades que definem os endereços de comunicação com o servidor de imagem, além da pasta que será utilizada para localizar os estudos. As configurações são apresentadas na Figura 12.

Figura 12 - Configurações



Fonte: O Autor (2018)

As configurações devem ser alteradas sempre que houver mudança do sistema operacional ou da pasta utilizada para localizar os estudos.

Caso a máquina virtual configurada nesta dissertação seja a utilizada, nenhuma configuração se faz necessária, pois ambas as soluções estão no mesmo endereço, portanto, sua configuração padrão já é efetiva.

4.2 ESTUDO DE CASO

Para avaliação do protótipo construído, foi definido que seriam utilizados artefatos já coletados para estudos de Pupilometria Dinâmica. Esse cenário foi escolhido como estudo de caso por apresentar, como principal insumo, vídeos de curta duração, coletados por hardware específico, da pupila dos pacientes estudados.

Tendo em vista que o cenário escolhido está inserido no campo da saúde e é capaz de atender os requisitos de entrada do protótipo elaborado nesta dissertação, foram coletadas algumas amostras de dados, incluindo os vídeos obtidos pela ferramenta desenvolvida pelos pesquisadores do tema. Os dados foram fornecidos pelo orientador desta pesquisa, já com os dados de identificação dos pacientes alterados, de modo que não fosse possível fazer sua identificação.

Os detalhes, tanto do tema, quanto das amostras utilizadas, são apresentados em sequência.

4.2.1 Pupilometria

Trata-se de uma técnica que consiste em avaliar o comportamento da pupila, sendo uma das técnicas mais utilizadas para avaliar o Sistema Nervoso Autônomo (SNA), mediante o registro da reação da pupila à luz. A pupila em repouso é indicativa da atividade simpática, já a mudança no tamanho da pupila após estímulos é indicativa de atividade parassimpática. Sendo assim, a variação do tamanho da pupila após estímulos de luz é baseada no equilíbrio funcional entre esses dois componentes distintos do SNA (Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático). A avaliação do tamanho e simetria da pupila, além de sua reação à luz, é essencial para o exame neurológico de um paciente, tendo em vista que reações fracas podem indicar lesões no Sistema Nervoso Central (FERRARI, 2008).

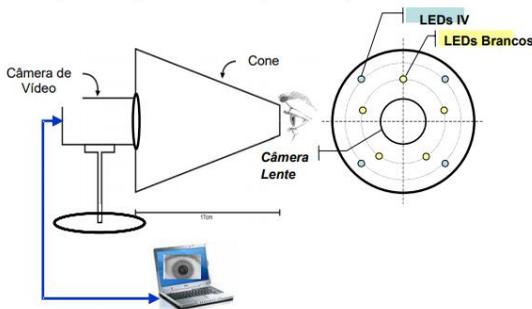
Existem dois tipos de pupilômetros: estático, que mede somente o diâmetro da pupila, sem aplicar estímulos de luz para avaliar sua reação; e dinâmico, que estimula a pupila com *flash* de luz de intensidade e duração fixa. O pupilômetro mostrou servir como padrão qualitativo, capaz de solucionar os problemas de medição encontrados quando comparados ao método manual. Além disso, a pupilometria tem sido uma

ferramenta importante para apoiar pesquisas relacionadas a doenças como depressão, Alzheimer, Diabetes mellitus, alcoolismo e muitas outras (FERRARI, 2008).

4.2.1.1 Pupilômetro

O sistema é composto por uma câmera de vídeo, um tronco de cone de alumínio de 17 cm de altura e diâmetros de 14,5 cm e 5,6 cm, uma placa de circuito impresso, que contém quatro LEDs infravermelhos, com diâmetro de 5 mm, utilizados para iluminação do olho durante o registro da resposta pupilar, além de cinco LEDs brancos, com diâmetro de 8 mm, para produzir os flashes de luz, conforme figura apresentada a seguir (FERRARI, 2008).

Figura 13 - Pupilômetro



Fonte: Ferrari (2008)

Após o registro do experimento, o hardware de captura gera um arquivo de vídeo em formato AVI.

4.2.2 Experimento

Nesta seção é apresentando o experimento realizado. São apresentados os dados utilizados; o fluxo de execução do sistema de conversão; a recepção das informações no servidor de imagens, além dos testes e validações da aplicação.

4.2.2.1 Amostra de Dados

A presente pesquisa utilizou para execução de testes algumas amostras de resultados obtidos com a utilização do pupilômetro descrito

anteriormente. Foram utilizados cinco vídeos referentes a cinco estudos realizados no ano de 2007. Os pacientes dos estudos tiveram seus nomes suprimidos.

Os arquivos de vídeo foram fornecidos em formato AVI conforme estabelecido como formato de saída do equipamento. Contudo, o formato é incompatível com o formato esperado pelo robô de conversão desenvolvido nesta pesquisa, que tem capacidade de converter apenas os formatos JPEG e MPEG. Portanto, foi necessária a compatibilização da amostra para o formato esperado. Neste sentido, foi utilizado um software de conversão gratuito, disponível na *web*, para geração dos arquivos de vídeo em formato MPEG, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Ferramenta de Conversão de Formatos



Fonte: O Autor (2018)

Uma vez convertidos, os vídeos foram processados pela aplicação.

Também foi fornecido um arquivo contendo os dados dos pacientes estudados nos vídeos. O arquivo foi fornecido em formato tabulado, com extensão XLSX, contendo diversas variáveis. Algumas delas foram desprezadas, sendo mantidas, portanto, aquelas mais importantes para identificação do paciente e do estudo:

- Iniciais;
- Número do Estudo;
- Data;
- Idade;

- Gênero;
- Altura;
- Peso.

Da mesma forma, o tipo de arquivo fornecido não pôde ser processado em seu estado original, por estar fora da especificação do robô de conversão. Por isso, para tornar viável o processamento pela aplicação, os dados foram manualmente migrados para o formato XML, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Dados em XML

```

1  <root>
2  <meta>
3  <client>
4  <id>YuK9aoLPB1L2</id>
5  <token>38f594f35ed68ebdca62375141469dec</token>
6  </client>
7  </meta>
8  <data>
9  <patient>
10 <id>1</id>
11 <name>CJC</name>
12 <sex>M</sex>
13 <age>36</age>
14 <weight>71</weight>
15 <height>177</height>
16 <birthdate></birthdate>
17 <address></address>
18 </patient>
19 <institution>
20 <id></id>
21 <name></name>
22 <department></department>
23 <address></address>
24 </institution>
25 <study>
26 <id>CJC22Mar71m</id>
27 <date>20070711</date>
28 <time>000000</time>
29 <description>PUPILOMETRIA</description>
30 <technician>
31 <name>ARS</name>
32 </technician>
33 </study>
34 </data>
35 </root>

```

Fonte: O Autor (2018)

4.2.2.2 Operação

Levando em consideração que as aplicações já estão configuradas e ativas no ambiente teste, o fluxo de execução ficará aguardando o atendimento dos requisitos definidos pelo robô de conversão. Enquanto não houverem estudos disponíveis para coleta, o robô não entrará em execução, e nenhum estudo será armazenado no servidor, que indicará em sua interface que nenhum estudo foi encontrado, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Servidor sem Imagens



Fonte: O Autor (2018)

Para dar início ao fluxo, torna-se necessária a gravação dos dados de entrada diretamente na pasta esperada pelo robô de conversão, conforme configurado anteriormente. Para tanto, os cinco estudos de amostra foram copiados para o endereço estabelecido na máquina virtual, conforme evidenciado pela Figura 17.

Figura 17 - Arquivos de Entrada

```
root@ubuntu:/home/studies# ls -ltr
total 20K
drwxrwxrwx 3 rodrigo rodrigo 4.0K Jul 23 21:36 GJC22Mar71M
drwxrwxrwx 3 rodrigo rodrigo 4.0K Jul 23 21:36 GE16Jan81M
drwxrwxrwx 3 rodrigo rodrigo 4.0K Jul 23 21:36 JMH05Jun84F
drwxrwxrwx 3 rodrigo rodrigo 4.0K Jul 23 21:36 MMG12Jun67F
drwxrwxrwx 3 rodrigo rodrigo 4.0K Jul 23 21:36 NSD20Feb69M
root@ubuntu:/home/studies#
```

Fonte: O Autor (2018)

Uma vez gravados, os arquivos ficam visíveis ao processo de leitura do robô de conversão. Nesse ponto, o processo verifica se os arquivos são novos, ou seja, ainda não foram processados e, caso afirmativo, entram, individualmente, no fluxo de conversão e transmissão.

A Figura 18 demonstra a captura dos dados disponibilizados na pasta especificada. Posteriormente, os dados foram processados e transmitidos ao servidor. Percebe-se que o relatório da aplicação apresenta cinco mensagens com status *Received* e *Sent*, ou seja, cinco estudos foram localizados pelo robô e transmitidos ao servidor de destino. Vale ressaltar que, embora a tela da aplicação esteja apresentada nesse trabalho, a execução da mesma é transparente ao usuário, não sendo necessário manter a janela aberta, sendo essa pertinente apenas ao administrador da aplicação.

Figura 18 - Robô de Conversão

The screenshot shows the Mirth Connect Dashboard interface. On the left, there is a navigation menu with options like Dashboard, Channels, Users, Settings, Alerts, Events, and Extensions. The main area displays a table with the following data:

Status	Name	Received	Sent	Errored	Connection
Started	[Default Group]	5	5	0	--
Started	StudyConvertAndStore-v1	5	5	0	Idle
Started	Source	5	0	0	Idle
Started	Send Message	5	5	0	Idle

Below the table, there is a filter section and a log viewer showing the following log entries:

```

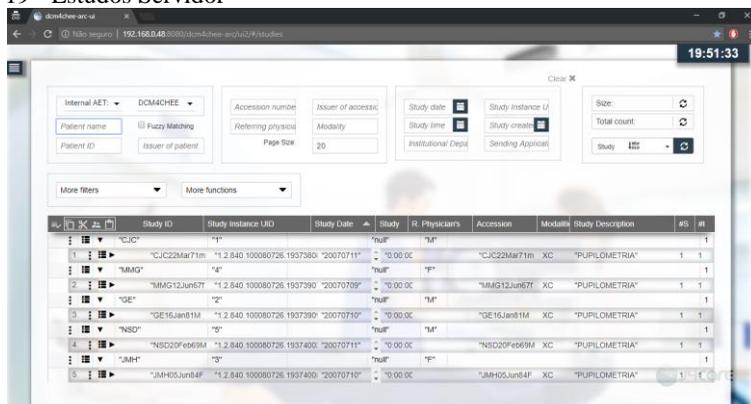
[2018-07-26 07:37:40,811] INFO [s-connector:]: Generated: /home/studies/JM105Jan8-#/IMAGES/JM1.dom
[2018-07-26 07:37:40,539] INFO [s-connector:]: Generated: /home/studies/NSD20Feb69M/IMAGES/NSD.dom
[2018-07-26 07:37:40,264] INFO [s-connector:]: Generated: /home/studies/GE16Jan8/IMAGES/GE.dom
[2018-07-26 07:37:39,962] INFO [s-connector:]: Generated: /home/studies/MMG12Jun67/IMAGES/MMG.dom
[2018-07-26 07:37:39,701] INFO [s-connector:]: Generated: /home/studies/CJC29Mar71un/IMAGES/CJC.dom
  
```

The status bar at the bottom indicates the user is connected to https://192.168.0.48:8444 and the log size is 50.

Fonte: O Autor (2018)

Ato contínuo, as imagens transmitidas são processadas pelo servidor de imagens, ficando disponíveis para consulta mediante acesso a interface da aplicação, conforme demonstrado na Figura 19.

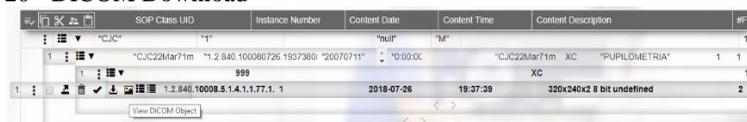
Figura 19 - Estudos Servidor



Fonte: O Autor (2018)

Estando no servidor, os arquivos de imagem podem ser baixados através da interface gráfica da aplicação. A mesma apresentada na Figura 19. No caso do experimento aqui demonstrando, ao clicar no botão “View DICOM Object”, o arquivo de vídeo em formato MPEG é baixado para a máquina local, que dá acesso ao servidor (Figura 20).

Figura 20 - DICOM Download



Fonte: O Autor (2018)

Após o *download*, o vídeo do estudo pode ser visualizado através da utilização de um reprodutor de vídeo compatível com o formato MPEG. Conforme demonstrado pela Figura 21.

Figura 21 - MPEG Servidor



Fonte: O Autor (2018)

As imagens armazenadas também podem ser coletadas do servidor implantado através de operações automatizadas do protocolo DICOM, como C-GET, C-FIND, WADO e QUERY/RETRIEVE.

4.3 CONSIDERAÇÕES

O experimento executado no caso de uso da pupilometria, demonstrou a capacidade da aplicação de transformar as imagens disponibilizadas no sistema de arquivos, conforme definido pela especificação do robô de conversão, bem como o funcionamento adequado da transmissão ao servidor de PACS utilizado neste projeto.

Embora as execuções tenham sido realizadas de maneira pontual e de forma experimental, apenas para validação do protótipo, foi possível observar que com poucos recursos computacionais é possível aplicar um modelo de sistema cliente e servidor, cuja operação tem capacidade de atender aos objetivos propostos e à resolução dos problemas levantados.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esta dissertação de mestrado apresentou uma proposta para criação de um modelo ubíquo de gestão de imagens digitais, de modo que imagens e informações obtidas por sistemas já existentes sejam normalizadas para um padrão, permitindo seu acesso universal através das definições do protocolo DICOM.

Além disso, observou-se que é possível prover a capacidade de comunicação padronizada, utilizando ferramentas *open source* e com baixa utilização de recursos computacionais. Esses pontos são importantes para fortalecer iniciativas de informatização do sistema público de saúde, como o e-SUS. Permitindo que imagens relevantes para o contexto clínico dos pacientes sejam transmitidas para a ferramenta de forma padronizada e segura.

Sendo assim, independentemente da funcionalidade atribuída ao sistema gerador, é possível consolidar os dados dos estudos e associar suas imagens de forma automatizada, mantendo esse processo transparente ao usuário. Posteriormente, as imagens podem ser acessadas mediante a acesso direto ao servidor de imagens ou via intermédio de ferramentas compatíveis com o protocolo DICOM.

Os resultados obtidos com a arquitetura desenvolvida fortalecem a importância deste tipo de ferramenta para universalizar o acesso a imagens e estudos.

Foram identificadas possibilidades para trabalhos futuros, citadas a seguir:

- Aplicação de ferramentas de processamento e análises de sinais em cima das imagens DICOM contidas no servidor de imagens, permitindo análises automatizadas de padrões relevantes;
- Criação de ferramentas de *Business Intelligence* para identificar métricas de utilização da ferramenta, tipos de estudos transmitidos e padrões de dados;
- Implementação de mecanismos de autenticação e autorização para acesso aos componentes do servidor de imagens.

REFERÊNCIAS

Agoulmine N, Deen MJ, Lee JS, Meyyappan M. U-health smart home. **IEEE Nanotechnology Magazine**. Sep;5(3):6-11. 2011.

Barbosa, J.; Hahn, R.; Barbosa, D.N. Learning in small and large ubiquitous computing environments. In *Embedded and Ubiquitous Computing*. EUC'08. **IEEE/IFIP International Conference**. (Vol. 1, pp. 401-407). IEEE. 2008.

Bezerra, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. Rio de Janeiro: Campus, 2^a ed. 2007.

Cardoso L, Marins F, Quintas C, Portela F, Santos M, Abelha A, Machado J. Interoperability in healthcare. **Cloud Computing Applications for Quality Health Care Delivery**. Jun 30:78-101. 2014.

DCM4CHE. **Open Source Clinical Image and Object Management**. Disponível em: <<https://www.dcm4che.org/>>. Acesso em: 28 de jan. 2018.

De Fátima Marin H. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. **Journal of Health Informatics**. Mar 31;2(1). 2010.

DICOM Standard. **Introduction and Overview**. Disponível em: <<http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part01.pdf>>. Acesso em: 11 de jan. 2018.

Ferrari, G.L. **Pupilometria dinâmica: aplicação na detecção e avaliação da neuropatia autonômica diabética e estudo da correlação entre a resposta temporal da pupila ao estímulo visual e a glicemia**. 2008.

Garces, S. B. B. **Classificação e tipos de pesquisas**. 2010.

Han, D.; Lee, M.; Park, S. THE-MUSS: Mobile u-health service system. **Computer methods and programs in biomedicine**. Feb 1;97(2):178-88. 2010.

Istepanian, R.; Laxminarayan, S.; Pattichis, C.S. **M-health**. New York, NY: Springer Science+ Business Media, Incorporated; 2006.

Lee J. Smart health: Concepts and status of ubiquitous health with smartphone. **InICT Convergence (ICTC)**. International Conference. Sep 28 (pp. 388-389). IEEE. 2011.

Liu, Y.; Wang, J. **PACS and digital medicine: essential principles and modern practice**. [S.l.]: CRC Press, 2011.

Moreno, RA. Interoperabilidade de Sistemas de Informação em Saúde. **Journal of Health Informatics**. Aug 22;8(3). 2016.

Pereira A, Rocha A. eHealth--Information Systems and Communication Technologies Applied to Health/eSaude--sistemas e tecnologias de informacao e comunicacao aplicados a saude. **RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao**. Jun 1(13):vii-. 2014.

Pianykh, O. S. **Digital imaging and communications in medicine (DICOM): a practical introduction and survival guide**. [S.l.]:Springer Science & Business Media, 2009.

Perez G, Zwicker R. Fatores determinantes da adoção de sistemas de informação na área de saúde: um estudo sobre o prontuário médico eletrônico. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**. 11(1). 2010.

Rubin D.L, Desser T.S. A data warehouse for integrating radiologic and pathologic data. **Journal of the American College of Radiology**. Mar 1;5(3):210-7, 2008.

Shortliffe, E. H.; Cimino, J. J. **Biomedical informatics: computer applications in health care and biomedicine**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013.