

# PACS: Sistemas de Arquivamento e Distribuição de Imagens

## PACS: Picture Archiving and Communication Systems

Paulo Mazzoncini de Azevedo-Marques<sup>1</sup>, Samuel Covas Salomão<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Física Aplicada; Professor-associado do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP) – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Bacharel em Ciências da Computação; Mestrando do Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia (EESC/FMRP/IQSC) da USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

### Resumo

A revolução tecnológica ocorrida nas últimas décadas tem provocado mudanças importantes em várias áreas do conhecimento. Na Radiologia, a utilização em grande escala de sistemas digitais tem gerado um volume de dados cada vez maior. A melhor solução para gerenciar essas imagens digitais está na adoção de um Sistema de Arquivamento e Distribuição de Imagens (PACS, do inglês Picture Archiving and Communication System). Este artigo apresenta uma revisão sobre esse tema, incluindo componentes, arquitetura, padrões de comunicação, dinâmica de processos e uma discussão sobre custo-benefício.

**Palavras-chave:** imagens médicas; informática de imagens médicas; gerenciamento de imagens médicas; sistemas de informação em saúde; DICOM; PACS.

### Abstract

The technological revolution that has occurred in the last decade induced significant changes in different areas of knowledge. In Radiology, the utilization of digital systems in large scale has generated a huge volume of data. The best option to manage these digital images is the adoption of a Picture Archiving and Communication System (PACS). This paper presents a review on PACS, including its components, architecture, communication standards, workflow and a discussion on the cost-benefits commitment.

**Keywords:** medical imaging; medical imaging informatics; medical imaging management; health information systems; DICOM; PACS.

### Introdução

A aplicação de sistemas de informação para gerenciamento de imagens e informações clínicas começou a ser estudada de forma mais efetiva no final da década de 1980, quando os processos de aquisição digital começaram a ser utilizados em maior escala nos hospitais<sup>1</sup>. Até então, cada equipamento era considerado um sistema isolado, estando conectado somente a uma estação de trabalho e a uma determinada impressora. Porém, o desenvolvimento do uso da informação em formato digital criou a necessidade de se estabelecer uma estrutura computacional que possibilitasse a troca de dados de imagens de forma consistente e automática dentro do ambiente hospitalar. Em resposta a essa necessidade, surgiu o conceito de PACS (do inglês, Picture Archiving and Communication System). O PACS é um sistema de arquivamento e comunicação voltado para o diagnóstico por imagem que permite o pronto acesso às imagens médicas em formato digital em qualquer setor

de um hospital<sup>2</sup>. O conceito de PACS foi definido por um consórcio integrado pela American National Association of Electric Machines (NEMA), Radiology Society of North America (RSNA) e um conjunto de empresas e universidades dos Estados Unidos da América.

Segundo definição da NEMA, um PACS deve oferecer visualização de imagens em estações de diagnóstico remotas; armazenamento de dados em meios magnéticos ou ópticos para recuperação em curto ou longo prazo; comunicação utilizando redes locais (Local Area Network, LAN) ou expandidas (Wide Area Network, WAN), ou outros serviços públicos de telecomunicação; sistemas com interfaces por modalidade e conexões para serviços de saúde e informações departamentais que ofereçam uma solução integrada para o usuário final. O PACS, em conjunto com os Sistemas de Informação em Radiologia (Radiology Information System, RIS) e de Informação Hospitalar (Hospital Information System, HIS), forma a base para um serviço de radiologia sem filme (filmless). Radiologia



filmless refere-se a um hospital, com um ambiente de rede amplo e integrado, no qual o filme foi completamente, ou em grande parte, substituído por sistemas eletrônicos que adquirem, arquivam, disponibilizam e exibem imagens<sup>2</sup>.

## Padrões da Radiologia Digital

Um aspecto fundamental dentro do fluxo de trabalho em um ambiente radiológico digital (sem filme) é a garantia da consistência da informação transmitida componente a componente dentro da cadeia de eventos presente na dinâmica de processos. Para que a consistência seja garantida, a distribuição da informação é feita segundo uma estrutura hierárquica baseada em uma distribuição *top-down*, ou seja, as informações são propagadas a partir do sistema de informação mais geral (HIS), passando pelo sistema de informação intermediário (RIS) até alcançar o sistema de informação mais específico (PACS). Para que isso seja possível, dois pré-requisitos são necessários: uma estrutura de rede adequada (redundante e balanceada) e padrões de comunicação bem definidos. Na Radiologia Digital, o padrão de comunicação principal é o DICOM (do Inglês, Digital Imaging and Communications in Medicine).

**Tabela 1.** Classes de objetos de informação DICOM

Normalizado	Composto
Paciente	Radiografia computadorizada
Estudo	Tomografia computadorizada
Resultados	Imagem de filme digitalizado
Fonte de armazenamento	Imagem digital de subtração
Anotações da imagem	Imagem de ressonância magnética
	Imagem de medicina nuclear
	Imagem de ultrassom
	Gráficos
	Curvas

**Tabela 2.** DIMSEs normalizados

Comando	Função
N-EVENT-REPORT	Notificação de evento para um objeto
N-GET	Recuperação do valor de um atributo de um objeto
N-SET	Especificação do valor de um atributo para um objeto
N-ACTION	Especificação de ação para um objeto
N-CREATE	Criação de um objeto
N-DELETE	Exclusão de um objeto

**Tabela 3.** DIMSEs compostos

Comando	Função
C-ECHO	Verificação da conexão
C-STORE	Transmissão da instância de um objeto
C-FIND	Consulta informações da instância de um objeto
C-GET	Transmissão (servidor-cliente) da instância de um objeto para a entidade solicitante
C-MOVE	Transmissão (servidor-cliente) da instância de um objeto. Nem sempre o receptor será a mesma entidade que solicitou a transmissão

O DICOM é o padrão global para transferência de imagens radiológicas e outras informações médicas entre computadores. O DICOM atual, publicado em 1993 e geralmente identificado como 3.0, evoluiu das versões anteriores de um padrão desenvolvido pelo Colégio Americano de Radiologia (American College of Radiology, ACR) em conjunto com a NEMA (ACR-NEMA 1.0, de 1985, e ACR-NEMA 2.0, de 1988). A conectividade prevista pelo padrão é muito importante no que diz respeito à razão custo-benefício para áreas da saúde que fazem uso de imagens médicas. Usuários DICOM podem prover serviços de radiologia entre instalações localizadas em diferentes regiões geográficas, aproveitar recursos de tecnologia da informação já existentes e manter os custos baixos através da compatibilidade e interoperabilidade de novos equipamentos e sistemas<sup>3</sup>. O DICOM é extremamente adaptável, uma característica que levou outras especialidades, tais como a endoscopia e a área da odontologia, a adotarem o padrão. Devido ao seu impacto mundial, o DICOM agora é mantido e atualizado por um comitê multidisciplinar internacional.

### Classes de objetos DICOM

A classe de objetos DICOM é constituída por objetos normalizados e objetos compostos. Classes de objetos de informação normalizados incluem atributos inerentes ao mundo real. Considerando-se as classes de objetos "estudo" e "paciente", por exemplo, a data do estudo e a hora da geração da imagem são atributos da classe "estudo", pois estão presentes sempre que um estudo é realizado. O nome do paciente, por sua vez, pertence à classe "paciente".

O uso de classes de objetos de informação pode identificar de forma mais precisa, e sem ambigüidade, objetos encontrados em sistemas e aplicações de diagnóstico por imagem. Em geral, é feita a combinação de objetos normalizados para formar classes compostas de objetos. Por exemplo, o objeto de informação de uma radiografia computadorizada é considerado composto, pois possui atributos da classe do estudo (data e hora da imagem) e da classe do paciente (nome do paciente), como mostra a Tabela 1.

### Serviços DICOM

Serviços DICOM são utilizados para a comunicação de objetos de informação dentro de um dispositivo e para que dispositivos possam executar serviços para um determinado objeto, como, por exemplo, armazenar ou mostrar esse objeto. Um serviço é geralmente construído sobre uma série de Elementos de Serviços de Mensagem (DICOM Message Services Elements, DIMSEs). Existem dois tipos de DIMSEs: um para objetos normalizados (mais específico) e outro para objetos compostos (mais geral), como mostram as Tabelas 2 e 3. Esses elementos são programas de computador especialmente escritos para executar funções específicas. De modo geral, um dispositivo lança um comando de solicitação estruturado segundo uma sintaxe e uma sequência de transmissão específicas do padrão, e o receptor responde com um comando de aceitação, também estruturado segundo a mesma sintaxe e sequência.



Um serviço também é conhecido como Classe de Serviço por causa da natureza orientada a objetos do seu modelo de informação. Dessa maneira, se um dispositivo oferece um serviço, ele pertence a uma Classe Provedora de Serviços (Service Class Provider, SCP). Caso ele apenas utilize um serviço, é considerado um Usuário de Serviços (Service Class User, SCU). Por exemplo, uma unidade gravadora de DVD em um servidor PACS assume o papel de um SCP para o servidor poder armazenar as imagens. Por outro lado, um aparelho de Tomografia Computadorizada (TC, do Inglês Computed Tomography) assume o papel de um SCU ao solicitar que imagens sejam armazenadas no servidor PACS. Dependendo do caso, um dispositivo pode atuar como SCP, SCU ou ambos (Tabelas 2 e 3).

### Comunicação DICOM

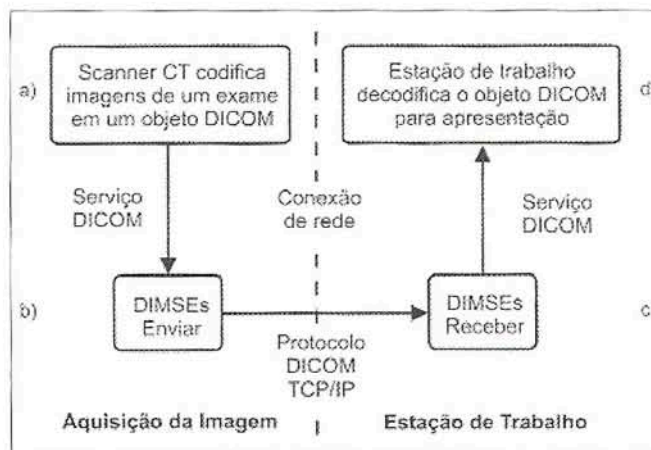
O DICOM utiliza padrões já existentes de comunicação em rede baseados no Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos (Open Systems Interconnection Reference Model, OSI) para transmissão de informações e imagens médicas. O modelo OSI consiste em sete camadas, sendo que a camada mais alta compõe as interfaces de aplicação com o usuário e a camada mais baixa corresponde ao meio físico (fios e cabos) através do qual a informação é enviada e recebida<sup>4</sup>. Quando objetos com informação ou imagens médicas são enviados entre camadas de um mesmo dispositivo, esse processo é chamado de serviço. Por outro lado, quando objetos são enviados entre dois dispositivos diferentes, o processo é considerado um protocolo. Dessa maneira, quando um processo caracteriza um protocolo, diz-se no padrão DICOM que os dois dispositivos estabeleceram uma associação. A Figura 1 ilustra a transmissão de imagens de um aparelho de TC para uma Estação de Trabalho (do Inglês Workstation, WS).

### Utilização de serviços DICOM

Para os usuários finais, as funcionalidades DICOM mais esperadas para a rotina diária são serviços eficientes para enviar, receber, consultar e recuperar imagens. A Figura 2 apresenta o passo-a-passo do envio de múltiplas imagens de um exame de TC para um determinado servidor PACS. Nesse exemplo, cada imagem é transmitida do aparelho para o servidor utilizando o serviço DICOM C-STORE. O aparelho assume o papel de SCU e o servidor, o papel de SCP.

O processo de envio e recebimento por meio do C-STORE é relativamente simples comparado a outros serviços, como o de consulta e recuperação de imagens (Query and Retrieve, Q/R), por exemplo. A Figura 3 ilustra um exemplo no qual uma WS efetua consultas no servidor para recuperar exames. Trata-se de um serviço composto que envolve o trabalho de três DIMSEs: C-FIND, C-MOVE e C-STORE. Nesse caso específico, como a WS tem de consultar e depois armazenar os exames recuperados, ela assume respectivamente os papéis de Q/R SCU e C-STORE SCP. Por outro lado, o servidor assume os papéis de Q/R SCP e C-STORE SCU.

Além do DICOM, outros dois padrões são importantes para garantir a consistência dos dados e o fluxo



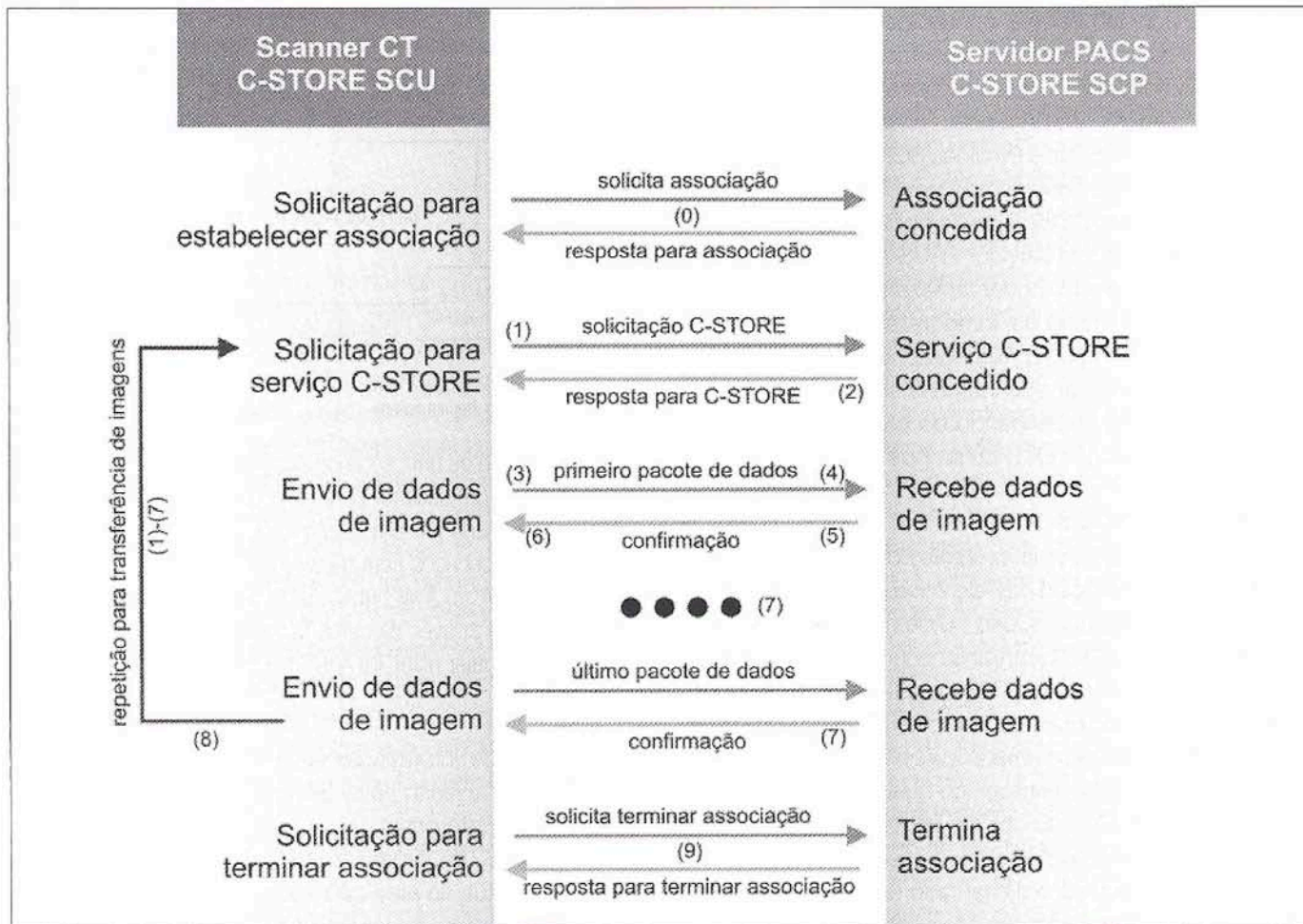
**Figura 1.** Envio de uma série de imagens de tomografia computadorizada de um escâner para uma WS. (a) O escâner codifica todas as imagens em um objeto DICOM. (b) O escâner invoca uma série de serviços para mover o objeto até a camada física do modelo OSI. (c) A WS utiliza uma série de serviços para receber o objeto através da camada física e depois movê-lo para camadas de maior nível. (d) A WS decodifica o objeto DICOM.

automático de informação em um ambiente radiológico digital: o HL7 (Health Level Seven) e o IHE (Integrating the Health Care Enterprise).

O HL7 é um American National Standards Institute (ANSI) que atua na área da saúde. Tem por missão definir padrões para troca, gerenciamento e integração de dados que propiciem o cuidado clínico de pacientes, além do gerenciamento, fornecimento e avaliação de serviços de saúde. Possui foco específico na garantia da interoperabilidade entre sistemas de informação em saúde. Nível Sete (Level Seven) se refere ao nível mais alto do modelo de comunicação OSI, que é o nível de aplicação. Assim como o DICOM, o HL7 organiza a transmissão da informação segundo uma sequência pré-estabelecida de envio de dados que segue uma estrutura padrão baseada em rótulos específicos (Tags).

O IHE é uma iniciativa da RSNA que tem por finalidade promover a integração dos sistemas dentro do ambiente de cuidado da saúde. O objetivo é melhorar a eficácia da prática clínica através da melhoria do fluxo de informação. O foco do IHE é estabelecer formas otimizadas de fluxo de informação no âmbito de instituições de saúde com base em padrões de comunicação, como o DICOM e o HL7. O IHE estabelece um conjunto de arcabouços técnicos (frameworks) que define como os padrões devem ser implementados de forma a satisfazerem as necessidades da prática clínica. Utilizam-se três conceitos básicos: atores, transações e perfis de integração. Atores são as funcionalidades que fazem a comunicação entre os sistemas. Transações são as mensagens trocadas entre os sistemas. Perfis de Integração são agrupamentos de atores e transações que compõem um fluxo específico. Por exemplo, o perfil Patient Information Reconciliation (PIR) estabelece um framework para garantir que as informações referentes a um paciente inicialmente não identificado, atendido em





**Figura 2.** Envio de múltiplas imagens de um SCU para um SCP. (0) Escâner e servidor estabelecem uma associação. (1) Escâner (SCU) solicita um serviço C-STORE ao servidor (SCP). (2) Servidor recebe solicitação do escâner e envia resposta de aceitação à solicitação do serviço. (3) Escâner envia pacote de dados referente à primeira imagem ao servidor. (4) Servidor executa serviço C-STORE solicitado, armazenando o pacote. (5) Quando o serviço é concluído, o servidor envia uma resposta de confirmação para o escâner. (6) Após receber a confirmação da execução do serviço, o escâner envia o próximo pacote de dados da imagem para o servidor. (7) Os passos 4, 5 e 6 se repetem até que todos os pacotes de dados da primeira imagem sejam transmitidos. (8) O escâner solicita um segundo serviço C-STORE ao servidor para transmitir a segunda imagem. Os passos 1 a 7 se repetem até que todas as imagens do estudo sejam transmitidas. (9) O escâner e o servidor invocam comandos DICOM para se desconectarem.

um serviço de emergência, possam ser devidamente atualizadas em todos os sistemas envolvidos no processo no momento de sua posterior identificação.

## Componentes e dinâmica de processos

Em linhas gerais, um PACS é composto por equipamentos e sistemas voltados para aquisição, arquivamento e apresentação de dados e imagens médicas<sup>5</sup>. Cada componente é devidamente integrado por meio de redes de computadores e aplicações computacionais compatíveis com o padrão DICOM.

### Aquisição de imagens

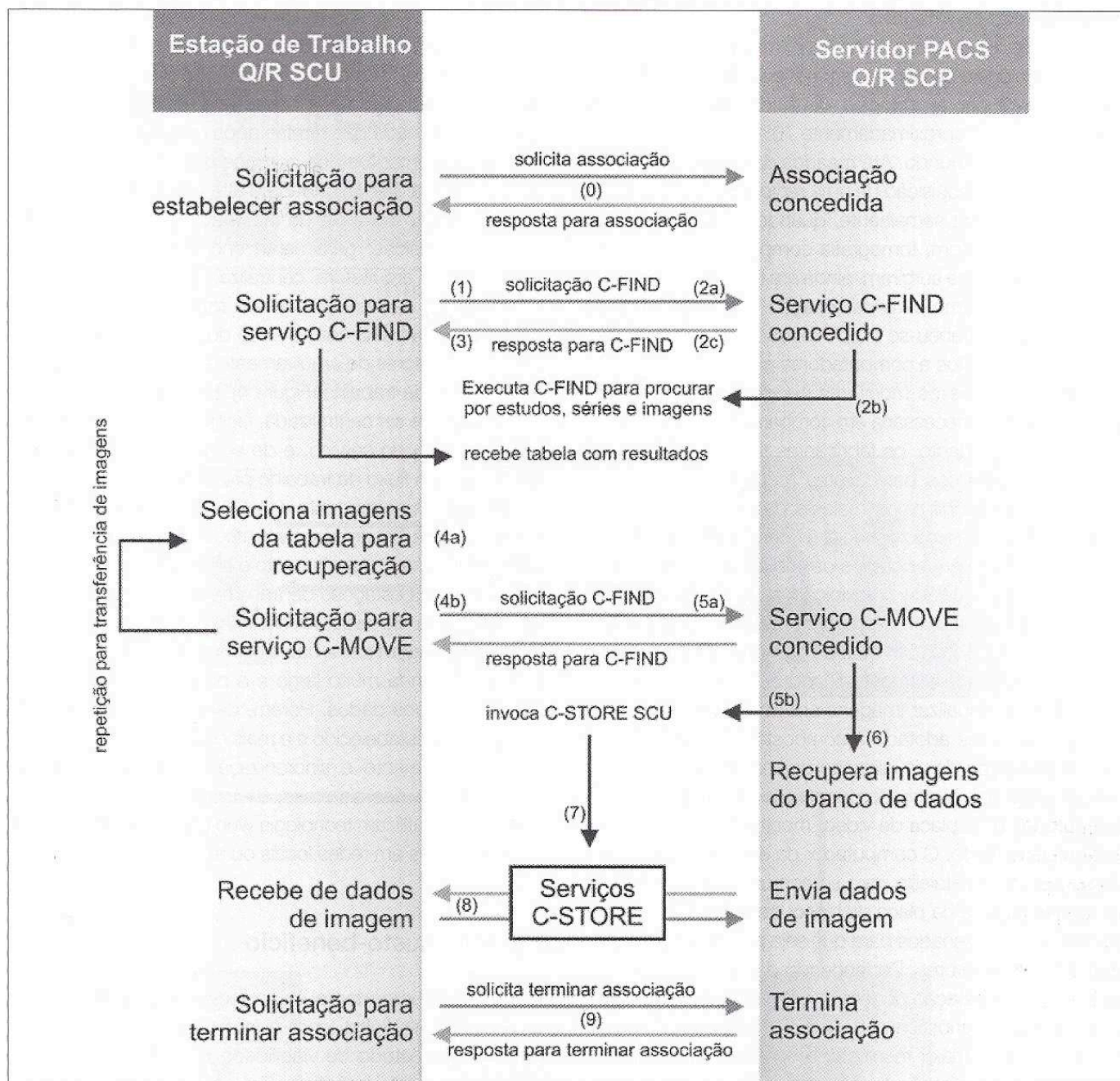
A aquisição de dados e imagens é um componente indispensável para a existência de um PACS. Nos primórdios da tecnologia digital, estabelecer a comunicação entre os equipamentos de aquisição de imagens e os demais componentes do PACS era uma tarefa bastante complexa.

Muitos equipamentos não eram compatíveis com o padrão DICOM, exigindo grande esforço para transformar os dados adquiridos em objetos válidos para o armazenamento no PACS. Entretanto, os dispositivos mais novos já possuem computadores acoplados que, além de armazenarem localmente as imagens adquiridas, funcionam como um canal de comunicação (gateway) com o PACS, executando três tarefas primárias: aquisição da imagem através do equipamento radiológico; conversão dos dados ao padrão DICOM e encaminhamento do estudo que contém as imagens para o servidor PACS ou estações de trabalho.

### Controlador PACS e servidor de arquivamento de imagens

O servidor do PACS é a peça fundamental de sua arquitetura e pode ser dividido em dois componentes principais: o controlador PACS e o servidor de arquivamento de imagens. O primeiro consiste em equipamentos e programas que controlam a comunicação e todo o fluxo de dados no PACS. O segundo é responsável pelo armazenamento, segurança e integridade





**Figura 3.** Operação de consulta e recuperação de imagens. (0) WS e servidor estabelecem uma associação. (1) WS solicita serviço C-FIND ao servidor. (2) Servidor recebe a solicitação da WS (2a); executa o serviço C-FIND (2b) e depois envia os resultados para a WS (2c). (3) WS recebe resposta do servidor com resultados da consulta. (4) Usuário da WS escolhe imagens desejadas para recuperação e solicita serviço C-MOVE ao servidor. (5) Servidor recebe solicitação de serviço C-MOVE (5a) e prepara serviço C-STORE SCU (5b). (6) Serviço C-STORE SCU do servidor recupera imagens do banco de dados. (7) Servidor solicita serviço C-STORE à WS (C-STORE SCP). (8) WS recebe solicitação C-STORE do servidor e inicia processo de armazenamento das imagens. (9) Depois que a WS recebe e armazena os dados da última imagem, as duas entidades terminam a associação.

dos dados das imagens recebidas. Em termos de hardware, o servidor de arquivamento de imagens pode ser considerado um "datacenter" composto por computadores de alto desempenho, dispositivos de armazenamento e conexões de rede ultrarrápidas. Os principais dispositivos para armazenamento em um PACS incluem discos magnéticos (Hard Disk, HD), conjunto de discos independentes (Redundant Array of Inexpensive Disks, RAID), fitas magnéticas (Digital Linear Tape, DLT), além de CDs e DVDs. Devido à grande demanda por velocidade de acesso e confiabilidade, geralmente se utiliza RAID no PACS para armazenamento de dados que não

necessitem estar disponíveis por um período de tempo muito longo. Por outro lado, fitas magnéticas são comuns quando o armazenamento é permanente ou deve ser mantido por muitos anos (cópias de segurança). O software implementado no servidor de arquivamento deve ser compatível com o padrão DICOM, pois é através dele que o servidor recebe exames, grava informações do paciente no banco de dados e armazena as imagens em discos ou fitas magnéticas. O servidor deve suportar também serviços Q/R, assim como serviços independentes para C-Store, C-Find e C-Move para comunicação com diferentes estações de trabalho.



## Apresentação de imagens

Sabe-se que a radiografia plana é a primeira modalidade de exame radiológico de que se tem notícia. Mesmo após décadas de evolução tecnológica, ela ainda permanece ativa respondendo por aproximadamente 70% do volume de estudos em todo o mundo. Até meados da década de 1980, a única forma de aquisição de uma radiografia era por meio de filme. De forma semelhante, quando outras modalidades, como ultrassom, tomografia computadorizada e ressonância magnética surgiram, ainda era necessário imprimir as imagens em filme para visualização. Com o surgimento do PACS, percebeu-se a possibilidade da utilização de monitores acoplados a computadores para visualização de imagens. Os primeiros monitores padrão CRT não forneciam a qualidade necessária em comparação à de um filme radiológico e, portanto, os fabricantes tiveram de produzir monitores específicos para a área médica, com fósforos especiais para atingir níveis maiores de luminância e contraste e menor distorção espacial e latência. Mais tarde, os monitores LCD foram adotados devido ao seu baixo custo, durabilidade e qualidade de exibição, inclusive de imagens coloridas. As primeiras estações de trabalho PACS eram compostas, em geral, por quatro monitores. O número de monitores estava diretamente ligado ao costume dos radiologistas de visualizar imagens em filmes. Atualmente, a configuração mais adotada é composta por dois monitores. Uma estação de visualização de imagens é composta basicamente por quatro componentes de hardware: um computador, uma placa de vídeo, monitores e dispositivos de armazenamento. O computador da estação geralmente possui software instalado para se comunicar com o PACS via rede e, através da placa de vídeo, transforma os dados de imagem armazenados para que seja possível a sua visualização nos monitores. Dependendo da aplicação, as características da estação podem ser diferentes. Por exemplo, uma estação diagnóstica para uso do radiologista precisa de monitores de maior resolução e contraste, além de um programa de visualização com interface amigável e funções básicas de manipulação de imagens (janelamento, medidas de distâncias e ângulos, entre outras). Por outro lado, uma estação voltada para a visualização de imagens e laudos associados fora do ambiente da radiologia pode utilizar componentes mais simples, uma vez que a visualização das imagens, nesse caso, possui caráter mais ilustrativo do que diagnóstico.

**Tabela 4.** Relação entre disponibilidade e tempo não programado de parada de serviço

Disponibilidade (%)	Média por ano (dias)	Média por mês (horas)	Média por semana (horas)	Média por dia (min)
95	18,25	36,5	8,42	72
98	7,3	14,6	3,37	28,8
99	3,65	7,3	1,69	14,4
99,9	0,365	0,73	0,17	1,44
99,99	0,0365	0,073	0,017	0,144
99,999	0,00365	0,0073	0,0017	0,0144

Dois conceitos são muito importantes em relação aos equipamentos: disponibilidade e resiliência. Disponibilidade refere-se ao período de funcionamento dos sistemas sem paradas não programadas (Tabela 4), e resiliência, à capacidade de retomada das tarefas após uma parada imprevista. Os equipamentos que compõem a estrutura do PACS devem ter alta disponibilidade e alta resiliência.

Em relação ao fluxo de informação, existem duas arquiteturas básicas, geralmente encontradas sozinhas ou combinadas: arquitetura centralizada (ou sob demanda) e arquitetura descentralizada (ou roteada). A arquitetura centralizada trabalha com o envio dos exames diretamente para os servidores de arquivamento e, a partir destes, para as estações de trabalho (Figura 4). Essa arquitetura possui a vantagem de ser centralizada, facilitando o gerenciamento e organização do serviço, e de ser mais flexível, sem depender de um fluxo de trabalho pré-determinado. Porém, é extremamente dependente da infra-estrutura de rede e dos equipamentos de armazenamento. A arquitetura descentralizada (Figura 5) trabalha com o envio dos exames diretamente para as estações de trabalho e, a partir delas, para os servidores de arquivamento. As principais vantagens dessa abordagem são a não exigência de infra-estrutura de rede com banda muito larga e a possibilidade de acesso mais rápido aos dados. Porém, depende de um fluxo de trabalho pré-estabelecido e é mais complexa em relação ao seu gerenciamento e sincronização. Independentemente da arquitetura dos sistemas, de modo geral, as soluções encontradas utilizam tecnologia web para possibilitar a consulta de dados em redes locais ou expandidas<sup>6</sup>.

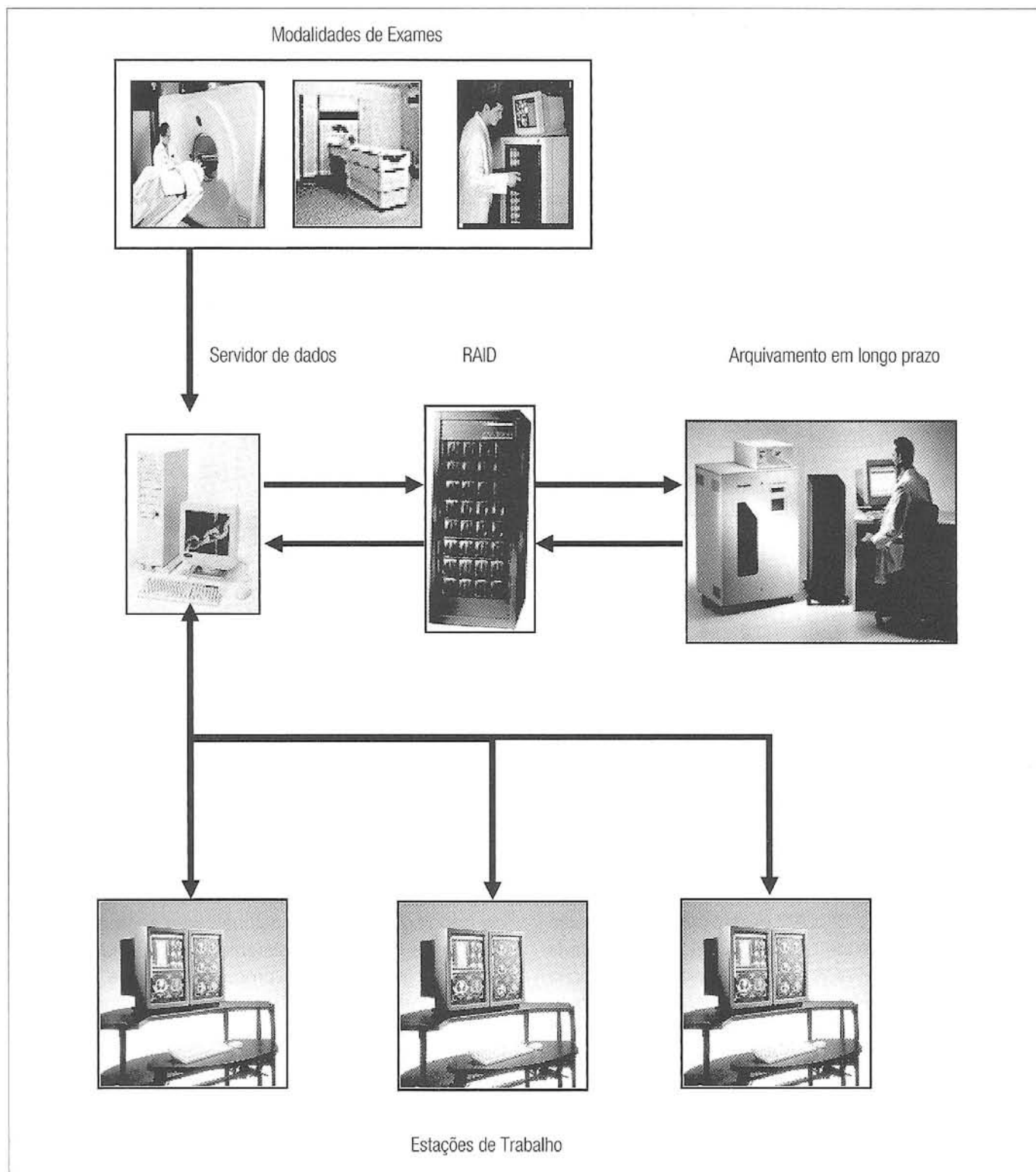
## Binômio custo-benefício

Um aspecto importante no processo de transição para um ambiente digital, com a implantação de um PACS, refere-se ao estudo de viabilidade baseado na avaliação do binômio custo-benefício. Em geral, quando se analisa o impacto da inserção da tecnologia da informação (TI) na área da saúde, observam-se três aspectos básicos: benefícios relacionados ao paciente, benefícios relacionados ao diagnóstico e benefícios relacionados ao serviço.

Do ponto de vista do paciente, os ganhos possíveis estão fundamentalmente relacionados à agilização do atendimento, com uma melhora no fluxo de trabalho, maior segurança nos procedimentos e a possibilidade de humanização do atendimento, com redução de filas e tempo de espera. Os ganhos relacionados ao diagnóstico refletem, principalmente, as melhorias possíveis em relação à atividade dos profissionais envolvidos na cadeia de atenção à saúde e podem ser resumidos como facilidade de acesso a informações diversas e, conseqüentemente, maior suporte à tomada de decisão, e possibilidade de acesso à segunda opinião clínica e formativa, por meio de protocolos de telemedicina e telerradiologia.

Os benefícios relacionados ao serviço (ou à instituição) estão focados principalmente em aspectos financeiros

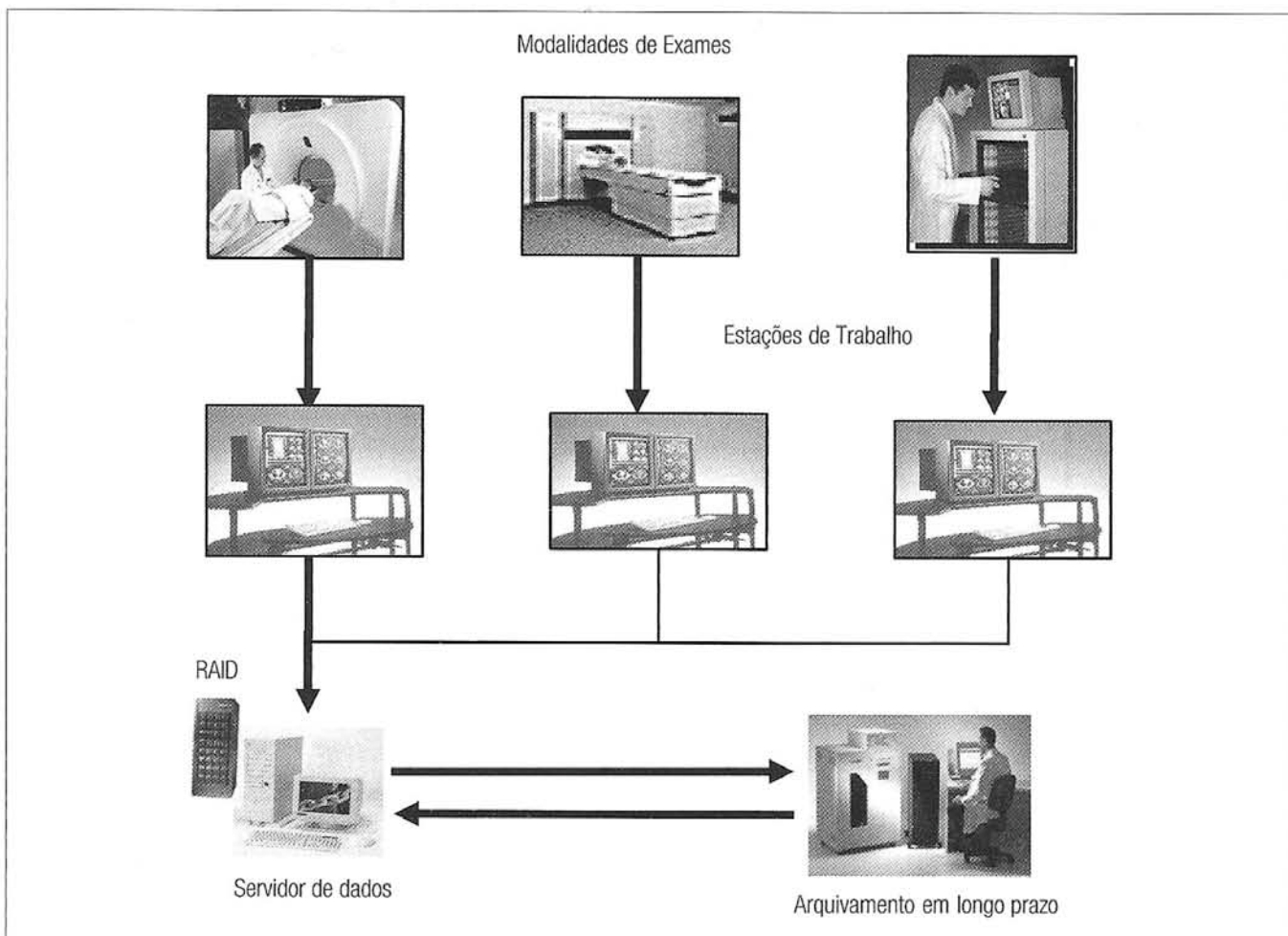




**Figura 4.** Arquitetura centralizada: os exames são enviados dos equipamentos para o servidor e, então, para as estações de trabalho.

(pay-back) e englobam a possibilidade de um maior controle de procedimentos; diminuição de perdas e repetições; diferenciação do serviço prestado; facilidade para auditoria de processos e suporte à tomada de decisão em nível de gestão. Do ponto de vista institucional, embora o investimento inicial em curto prazo possa ser elevado, dependendo da solução adotada, em médio e longo prazo os recursos investidos podem ser recuperados, inclusive com a possibilidade de financiamento de atualizações e melhorias no sistema. Goldszal<sup>7</sup> apresenta

um ganho da ordem de US\$ 16,5 milhões na comparação entre os custos de implantação e manutenção do PACS (mais algum filme residual ainda existente) e o custo estimado caso se mantivesse a solução baseada em filme, ao final de um período de oito anos de funcionamento do Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Universitário da Universidade da Pensilvânia, Filadélfia, EUA. Alternativas possíveis de implantação que exigem menor investimento em curto prazo baseiam-se na utilização de programas livres, como o Conquest e o K-PACS, por exemplo. O



**Figura 5.** Arquitetura descentralizada: os exames são enviados dos equipamentos para as estações de trabalho e, então, para o servidor.

Conquest é um servidor DICOM completo que foi desenvolvido no Netherlands Cancer Institute, por Marcel van Herk e Lambert Zijp, com base em um código de domínio público (UCDMC DICOM) desenvolvido inicialmente no Medical Center of the University of Califórnia at Davis por Mark Oskin. O K-PACS é um visualizador de aplicação geral que fornece ferramentas básicas de manipulação de imagens e que possui também integradas as principais classes de serviços DICOM, como "store", "query/retrieval", "send" e "move". Outra abordagem possível, de menor impacto financeiro em curto prazo, é uma implantação por modalidades, segundo uma filosofia modular baseada no conceito de mini-PACS<sup>9</sup>.

### Tendências futuras e comentários finais

Diagnóstico auxiliado por computador (do Inglês, Computer-Aided Diagnosis, CAD) pode ser definido como um diagnóstico feito por um radiologista que utiliza o resultado de análises quantitativas automatizadas de imagens radiográficas como uma segunda opinião para a tomada de decisões diagnósticas<sup>9</sup>. A finalidade do CAD é melhorar a precisão do diagnóstico, bem como a consistência da interpretação da imagem radiológica, mediante o uso da resposta do computador

como referência<sup>10</sup>. O padrão para a utilização de sistemas especialistas em processamento de imagens médicas como CAD, ainda hoje, é baseado em estação de trabalho isolada (standalone), sem a integração dos resultados obtidos aos sistemas de informação ou ao PACS. A integração de procedimentos de processamento de imagens dentro do fluxo de trabalho do PACS tem sido objeto recente de pesquisas na área de informática de imagens médicas<sup>10-14</sup>.

Outro aspecto interessante no processo de adoção da tecnologia digital no ambiente radiológico hospitalar diz respeito à coordenação do processo de planejamento e implantação dos sistemas. Existe uma controvérsia bastante grande entre a comunidade médica com relação ao posicionamento do grupo de TI responsável pelo PACS dentro do organograma institucional<sup>15</sup>. Do ponto de vista econômico-administrativo, a centralização da gestão do PACS junto ao grupo de TI responsável pelos sistemas de informação parece ser a solução mais adequada. Porém, do ponto de vista da gestão da informação dentro do serviço de radiologia e considerando-se a grande dependência da área em relação à tecnologia, bem como as particularidades envolvidas no gerenciamento de imagens, a organização de um serviço de TI especializado ligado ao serviço de radiologia parece ser uma solução mais eficiente. O que se percebe é que instituições com



foco principal na assistência tendem a privilegiar a organização integrada, baseada em sistemas comerciais e contratos de manutenção por parte de terceiros. Em contrapartida, trabalham com equipes de TI bem reduzidas. Por outro lado, instituições de ensino, como os hospitais universitários, por exemplo, tendem a privilegiar a organização descentralizada e buscar o desenvolvimento e/ou customização local de soluções livres e de código aberto, ou desenvolvidas em parceria com a iniciativa privada. Porém, em geral, necessitam de equipes de TI com maior número de profissionais.

Finalmente, deve-se ressaltar a necessidade de estabelecimento de procedimentos de certificação de sistemas e serviços, buscando-se garantir os aspectos de confidencialidade, interoperabilidade e consistência nos processos de arquivamento e distribuição de Imagens, seja em nível local ou remoto, em conformidade com o preconizado pelo Conselho Federal de Medicina (CFM) em suas resoluções referentes às Normas Técnicas Concernentes à Digitalização e Uso dos Sistemas Informatizados para Guarda e Manuseio dos Documentos dos Prontuários dos Pacientes (CFM-1821/2007) e à Telerradiologia (CFM-1890/2009).

## Referências

1. Wiley G. The prophet motive: How PACS was developed and sold. [Homepage on the internet]. [cited 16 Sep, 2009]. Imaging Economics, May 2005. Available from: [http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05\\_01.asp](http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05_01.asp)
2. Siegel EL, Kolodner RM. Filmless radiology: state of the arte and future trends. In: Siegel EL, Kolodner RM, editors. Filmless radiology. Berlin: Springer-Verlag, 1999. p. 3-20.
3. Horii SC. A nontechnical introduction to DICOM. [Homepage on the internet]. [cited 16 sep, 2009]. Available from: <http://www.rsna.org/Technology/DICOM/intro/index.cfm>.
4. Tanenbaum AS. Redes de computadores. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus; 2003.
5. Huang HK. PACS and imaging informatics: basic principles and applications. Wilmington: Wiley-Liss; 2004.
6. Azevedo-Marques PM. Integração RIS/PACS no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto: uma solução baseada em "web". Radiol Bras. 2005;38(1):37-43.
7. Goldszal AF, Bleshman MH, Bryan RN. Financing a large-scale picture archival and communication system. Acad Radiol. 2004;11(1):96-102.
8. Azevedo-Marques PM. Implantação de um mini-PACS (sistema de arquivamento e distribuição de imagens) em hospital universitário. Radiol Bras. 2001;34(4):221-4.
9. Azevedo-Marques PM. Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia. Radiol Bras. 2001;34(5):285-93.
10. Doi K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: Historical review, current status and future potential. Computerized Medical Imaging and Graphics. 2007;31:198-211.
11. Cotrim DS, Marques da Silva AM, Bezerra EA. Infra-estrutura de informática para sistemas de apoio ao diagnóstico aplicada a servidores PACS. [Apresentado no III Simpósio de Instrumentação e Imagens Médicas – SIIM, São Carlos, 7 a 9 de novembro de 2007].
12. Caritá EC, Seraphim E, Honda MO, Azevedo-Marques PM. Implementação e avaliação de um sistema de gerenciamento de imagens médicas com suporte à recuperação baseada em conteúdo. Radiol Bras. 2008;41(5):331-6.
13. Azevedo-Marques PM, Salomão SC, Traina AJM, da Silva MP, Macedo AA, Pessotti HC. CAD-PACS integration: a framework for pattern recognition of diffuse lung disease in HRCT. Int J CARS. 2009;4(Suppl 1):S180-S181.
14. Le AHT, Liu B, Huang HK. Integration of computer-aided diagnosis/detection (CAD) results in a PACS environment using CAD-PACS toolkit and DICOM SR. Int J CARS. 2009;4:317-29.
15. Channin DS, Bowers G, Nagy P. Should radiology IT be owned by the chief information officer? J Digit Imaging. 2009;22(3):218-21.



A **Revista Brasileira de Física Médica** (RBFM) é uma publicação editada pela Associação Brasileira de Física Médica. Criada em 2005, tem como objetivo publicar trabalhos originais nas áreas de Radioterapia, Medicina Nuclear, Radiologia Diagnóstica, Proteção Radiológica e Dosimetria das Radiações, incluindo modalidades correlatas de diagnóstico e terapia com radiações ionizantes e não-ionizantes, além de Ensino e Instrumentação em Física Médica.

Os conceitos e opiniões emitidos nos artigos são de inteira responsabilidade de seus autores. É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos, desde que mencionada a fonte e mediante permissão expressa da RBFM.



#### Diretoria

Presidente  
Paulo Roberto Costa

Vice-Presidente  
Edmário Antonio Guimarães Costa

Secretária Geral  
Renata Beatriz Ferraz de Camargo

Tesoureiro  
Vilma Aparecida Ferrari

#### Diretorias setoriais

Diretoria da Área de Medicina Nuclear  
Walter Siqueira Paes

Diretoria da Área de Radiologia Diagnóstica  
Tânia Aparecida Correia Furquim

Diretoria da Área de Radioterapia  
Homero Lavieri Martins

#### Secretários regionais

Região Sul  
Marcus Vinicius Bortolotto

Região Centro-Sudeste  
Fernando Mecca

Região Norte-Nordeste  
Daniel Coiro da Silva

#### Endereço

Avenida Professor Luiciano Gualberto, s/n  
Vila Universitária  
Caixa Postal 72002 - CEP 05508-970  
São Paulo (SP), Brasil  
www.abfm.org.br - secretariageral@abfm.org.br

#### Revisão, diagramação e projeto gráfico



Zeppelini Editorial Ltda.  
Tel. (11) 2978-6686  
www.zeppelini.com.br

Tiragem: 1.000 exemplares

#### Corpo editorial

##### Editor Científico

Marcelo Baptista de Freitas – Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

##### Editores Associados

Ana Maria Marques da Silva – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

Denise Yanikian Nersissian – Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP)

Lorena Pozzo – Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

#### Conselho editorial

Adilton de Oliveira Carneiro – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP)

Alberto Saburo Todo – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear de São Paulo (IPEN/CNEN-SP)

Alessandro André Mazzola – Hospital Moinhos de Vento, Porto Alegre (RS)

Alessandro Martins da Costa – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP)

Alexandre Bacelar – Hospital de Clínicas de Porto Alegre (RS)

Caridad Borrás – School of Medicine and Health Sciences, Washington University, USA

Carla Rachel Ono – Centro de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP)

Carlos Eduardo de Almeida – Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

Carlos Malamut – Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, Comissão Nacional de Energia Nuclear de Minas Gerais (CDTN/CNEN-MG)

Cecil Chow Robiotta – Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP)

Cecília Kalil Haddad – Hospital Sirio Libanês, São Paulo (SP)

Cláudio Hissao Sibata – East Carolina University, USA

Cleber Nogueira de Souza – TomoTherapy Incorporated, USA

Dráulio Barros de Araujo – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP)

Edmário A.G. Costa – Radioterapia do Hospital São Rafael, Salvador (BA)

Elisabeth Mateus Yoshimura – Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP)

Emico Okuno – Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP)

Gabriela Hoff – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

Gian-Maria A.A. Sordi – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear de São Paulo (IPEN/CNEN-SP)

Gunther Drexler – Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

Helen Jamil Khoury – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Helvécio Correa Mota – East Carolina University, USA

Homero Lavieri Martins – Hospital A.C. Camargo, São Paulo (SP)

José Carlos da Cruz – Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo (SP)

José de Júlio Rozental – University of Tel Aviv, Israel

José Willegaigon de Amorim de Carvalho – Centro de Medicina Nuclear (HC-FMUSP)

Kayo Okazaki – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear de São Paulo (IPEN/CNEN-SP)

Laura Furnari – Beneficência Portuguesa, São Paulo (SP)

Laura Natal Rodrigues – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear de São Paulo (IPEN/CNEN-SP)

Leonardo Paschino – Centro de Diagnóstico e Análises Clínicas, São Paulo (SP)

Leticia Lucente Campos Rodrigues – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear de São Paulo (IPEN/CNEN-SP)

Linda Viola Ehlin Caldas – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear de São Paulo (IPEN/CNEN-SP)

Luiz Antonio Ribeiro da Rosa – Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear do Rio de Janeiro (IRD/CNEN-RJ)

Maria Inês Calli Cury Guimarães – Centro de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP)

Martha Aurélio Aldred – Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP)

Martin Eduardo Poletti – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP)

Michael Stabin – Vanderbilt University, USA

Oswaldo Baffa Filho – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP)

Paulo Roberto Costa – Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP)

Patrícia Nicolucci – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP)

Regina Bitelli Medeiros – Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

Ricardo Tadeu Lopes – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)

Simone Kodulovich Dias – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Tânia Aparecida Correia Furquim – Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP)

Teógenes Augusto da Silva – Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, Comissão Nacional de Energia Nuclear de Minas Gerais (CDTN/CNEN-MG)

Thomaz Ghilardi Netto – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP/USP)

Walter Siqueira Paes – Serviço de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho da Universidade de São Paulo (USP)



# Comemorando os 40 anos de Fundação da Associação Brasileira de Física Médica

Neste número especial, a Revista Brasileira de Física Médica (RBFM) publica uma série de artigos de revisão. Pesquisadores e profissionais de reconhecida competência na área de Física Médica foram convidados a compartilhar seus conhecimentos sobre temas de interesse geral com toda a comunidade. Os artigos trazem uma abordagem didática sobre diversos temas em questão, possibilitando seu uso como material de consulta permanente e, dessa forma, contribuindo para a formação e atualização de profissionais da Física Médica.

Os temas abordados neste número especial procuram retratar a diversidade e abrangência dessa área do conhecimento. Partindo do estudo da física das radiações, ou mesmo do método Monte Carlo, passando pelo desenvolvimento dos princípios de proteção radiológica e segurança nuclear até, finalmente, chegar aos aspectos fundamentais e técnicos das principais modalidades de atuação profissional do especialista em Física Médica, todo esse conhecimento acaba por traduzir o grande desenvolvimento dessa área no país. O ensino de graduação e a formação profissional, temas também tratados neste número, reforçam a importância da área para a melhoria da qualidade da assistência à saúde no país e firmam definitivamente a Física Médica como área do conhecimento interdisciplinar.

Essa evolução foi alcançada ao longo de muitos anos de esforço e dedicação de vários profissionais e pesquisadores que têm trabalhado arduamente na representação da área junto a organizações oficiais do governo e da sociedade, na estruturação do ensino dessa carreira em universidades e centros de formação, na criação e manutenção de grupos organizados de atuação profissional reconhecida, na realização de pesquisa básica e aplicada, enfim, profissionais que vêm atuando coletivamente para o reconhecimento da Física Médica como área do conhecimento.

Nesse sentido, a Associação Brasileira de Física Médica (ABFM) merece destaque pelo seu pioneirismo na congregação de profissionais e seu histórico de atuação incessante pelo reconhecimento e organização das atividades da área. Esse pioneirismo é traduzido, este ano, pela comemoração do aniversário de 40 anos de sua fundação. E como não poderia deixar de ser, o artigo de abertura deste número especial da RBFM traz um relato detalhado dos acontecimentos que marcaram a fundação e a evolução da ABFM.

Com tiragem de mil exemplares, esse número será distribuído a todos os participantes do XIV Congresso Brasileiro de Física Médica, aos sócios da ABFM e a bibliotecas de Universidades, Institutos e Centros responsáveis pela formação e capacitação de profissionais em Física Médica.

A RBFM brinda a comunidade com este número especial, em comemoração aos 40 anos de fundação da ABFM, uma data histórica para a Física Médica no país.

**Marcelo Baptista de Freitas**

Editor Científico da Revista Brasileira de Física Médica