

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Karine Petry

***HL7MIDDLEWARE: UMA CAMADA INTERMEDIÁRIA
PARA ACESSO A BASE DE DADOS DE SISTEMAS
HETEROGÊNEOS DE SAÚDE BASEADA NO PADRÃO HL7***

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência
da Computação

Dr. rer. nat. Aldo von Wangenheim

Florianópolis, agosto 2009

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

P498 Petry, Karine
HL7Middleware [dissertação] : uma camada
intermediária para acesso a base de dados de
sistemas heterogêneos de saúde baseada no padrão HL7
/ Karine Petry ; orientador, Aldo von Wangenheim. -
Florianópolis, SC 2009.
97 f.: il., tabs., grafs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-
Graduação em Ciência da Computação.

Inclui bibliografia

1. Ciência da computação. 2. Interoperabilidade.
3. Middleware. 4. Saúde. 5. HL7. I. Wangenheim, Aldo
v.(Aldo von). II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação.
III. Título.

CDU 681

**HL7MIDDLEWARE: UMA CAMADA INTERMEDIÁRIA PARA
ACESSO A BASE DE DADOS DE SISTEMAS HETEROGÊNEOS
DE SAÚDE BASEADA NO PADRÃO HL7**

Karine Petry

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Banca Examinadora

Prof. Frank Augusto Siqueira, Dr
Coordenador do Curso

Prof. Aldo von Wangenheim, Dr
Orientador

Prof. Marco Antonio Gutierrez, PhD
Membro da Banca

Prof. Eros Comunello, Dr
Membro da Banca

Prof. Renato Fileto, Dr
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Valdir e Nanci pelo carinho, por acreditar na minha capacidade e me encorajar a prosseguir.

Aos meus irmãos Andrea, Giane, Elisabete, Valdir Junior e Daniel pelo constante incentivo nas horas difíceis e por apoiar todas as minhas decisões.

Aos meus amigos Thiago, Cristiane, Antonio, Paula e Eduardo pelo companheirismo em todos os momentos.

Aos meus orientadores Aldo e Andrade pela dedicação em transmitir conhecimentos.

Aos colegas que auxiliaram na concretização deste trabalho: Cloves, Savaris, Lapa, Renato, Wilmar, Douglas, Richard, Tomazella e Takashi.

A todos aqueles que me incentivaram no decorrer desta jornada.

RESUMO

Com a finalidade de reduzir a demanda de trabalho resultante da integração e atualização de sistemas legados de saúde heterogêneos que compartilham uma mesma base de dados propõe-se um modelo em camadas denominado *HL7Middleware*. O *HL7Middleware* utiliza a semântica fornecida pelas mensagens do padrão HL7 para que sistemas de saúde e equipamentos médicos possam acessar um banco de dados de forma homogênea e estruturada.

Para validar o desempenho do modelo em camadas foram realizados testes de performance com e sem o uso do *HL7Middleware*, e com diferentes configurações de largura de banda. O resultado mostrou que o desempenho do *HL7Middleware* é superior, se comparado com o acesso direto ao banco de dados para maiores volumes de dados e quando a largura de banda do usuário é inferior à largura de banda da conexão com o banco de dados.

Para validar o *HL7Middleware* quanto ao esforço de desenvolvimento de sistemas legados foi monitorado o tempo de desenvolvimento de *wrappers*, biblioteca e sistema com HL7 nativo. O custo de desenvolvimento resultante foi considerado baixo e com grau alto de reusabilidade sugerindo redução progressiva do esforço de desenvolvimento para implantação de serviços adicionais.

Palavras-chave: interoperabilidade, middleware, saúde, HL7

ABSTRACT

In order to reduce the demand for labor resulting from the integration and upgrade of healthcare legacy systems that share the same heterogeneous database it is proposed a layer model called *HL7Middleware*. The *HL7Middleware* uses the semantics provided by the HL7 standard messages for health systems and medical equipment to access a database in a homogeneous and structured.

To validate the performance of the layers model benchmark tests were conducted with and without the use of *HL7Middleware* and with different settings of bandwidth. The result showed that the performance of *HL7Middleware* is higher compared to the direct database access for greater volumes of data and when the bandwidth of the user is less than the bandwidth of connection with database.

To validate the *HL7Middleware* about the effort of development of legacy systems was monitored over time the development of wrappers, library and system with HL7. The cost of development result was considered low and with high degree of reusability suggesting progressive reduction of the development effort for deployment of additional services.

Keywords: interoperability, middleware, healthcare, HL7.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mensagem de confirmação usando versão 2.3.1 em modo texto	29
Figura 2. Mensagem de confirmação usando a versão 2.3.1 em XML.....	29
Figura 3. RIM (HL7, 2009).....	32
Figura 4. D-MIM Immunization - POIZ_DM000000UV (HL7, 2009).....	33
Figura 5. R-MIM <i>Immunization Candidate Query</i> - POIZ_RM061140UV (HL7,2009)	34
Figura 6. HMD para busca de informações de imunização (HL7, 2009)	35
Figura 7. Refinamentos dos modelos de informação do HL7.....	36
Figura 8. Interações de mensagens ao solicitar inclusão de paciente.....	41
Figura 9. Interações de mensagens ao solicitar informações de paciente	41
Figura 10. Portal de Telemedicina e sistemas integrantes	48
Figura 11. Visão geral do <i>HL7Middleware</i>	49
Figura 12. Arquitetura do <i>HL7Middleware</i>	53
Figura 13. Integração do SAH e Portal de Telemedicina no HU/UFSC.....	62
Gráfico 1. Tempo de processamento com e sem uso do <i>HL7Middleware</i> por largura de banda e modalidade de exame	69
Gráfico 2. Relação entre o uso do <i>HL7Middleware</i> e acesso direto ao banco de dados por largura de banda	70
Gráfico 3. Diferença de processamento do <i>HL7Middleware</i> por modalidade de exame.....	70
Figura 14. Mensagem para adicionar cadastro de paciente	95
Figura 15. Mensagem para confirmar adição de cadastro de paciente.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modalidade e características dos exames	59
Tabela 2. Métricas de acesso com <i>HL7Middleware</i> em segundos	65
Tabela 3. Métricas do acesso ao banco de dados tradicional em segundos	66
Tabela 4. Tempo médio de processamento em segundos	68
Tabela 5. Esforço de desenvolvimento de sistemas de saúde em homens/hora	72
Tabela 6. Esforço de desenvolvimento de mensagens em homens/hora	73
Tabela 7. Esforço de desenvolvimento do <i>HL7Middleware</i> em homens/hora	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	12
1.3	HIPÓTESE DE TRABALHO	13
1.4	OBJETIVOS	14
1.4.1	<i>Objetivo Geral</i>	14
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	14
1.5	ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	14
1.6	MATERIAIS E MÉTODOS	15
1.7	RESULTADOS ESPERADOS	16
1.8	JUSTIFICATIVA	16
1.9	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS	18
2.1.1	<i>XML</i>	18
2.1.2	<i>Interoperabilidade</i>	19
2.1.3	<i>Middleware</i>	20
2.2	ESTADO DA ARTE	21
2.2.1	<i>Principais padrões para interoperabilidade na saúde</i>	21
2.2.2	<i>O uso de XML e de padrões para interoperabilidade na integração de sistemas</i>	23
3	HL7	28
3.1	ORGANIZAÇÃO HL7	28
3.2	ESPECIFICAÇÃO DA VERSÃO 3	30
3.2.1	<i>Modelos de informação</i>	30
3.2.2	<i>Vocabulário</i>	36

3.2.3	<i>Tipos de dados</i>	37
3.2.4	<i>Domínios</i>	37
3.2.5	<i>Tecnologia de implementação</i>	40
3.3	ESTRUTURA DAS MENSAGENS HL7	40
3.4	FERRAMENTAS	42
3.5	RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO PADRÃO HL7 ...	43
4	MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1	AUSÊNCIA DE INTEROPERABILIDADE.....	46
4.2	CENÁRIO MARCADO PELA AUSÊNCIA DE INTEROPERABILIDADE...	47
4.3	APRESENTAÇÃO DO HL7MIDDLEWARE	48
4.4	ESPECIFICAÇÃO DO HL7MIDDLEWARE	50
4.5	ARQUITETURA DO HL7MIDDLEWARE.....	50
4.5.1	<i>HL7Server</i>	50
4.5.2	<i>Sistemas Clientes</i>	51
4.5.3	<i>Mensagens Template</i>	51
4.5.4	<i>Stored Procedures</i>	52
4.5.5	<i>Banco de Dados</i>	52
4.6	FUNCIONAMENTO	53
4.6.1	<i>Interação Servidor</i>	54
4.6.2	<i>Interação Cliente</i>	56
4.6.3	<i>Comunicação Cliente - Servidor</i>	56
4.7	IMPLEMENTAÇÃO DE MENSAGENS NO HL7MIDDLEWARE	57
4.8	VALIDAÇÃO	58
4.8.1	<i>Configuração dos testes de desempenho</i>	58
4.8.2	<i>Processo de desenvolvimento e implantação no HU/UFSC</i> 61	
4.8.3	<i>Desenvolvimento e utilização de uma biblioteca HL7</i>	64
5	RESULTADOS	65
5.1	ANÁLISE DE PERFORMANCE.....	65
5.2	CUSTOS DE DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO	71
5.2.1	<i>Sistemas de saúde legados</i>	71

5.2.2	<i>Servidor de mensagens e componentes</i>	72
6	DISCUSSÃO	74
7	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	79
	GLOSSÁRIO E ACRÔNIMOS	85
	APÊNDICE A - PADRÕES PARA A INTEROPERABILIDADE NA SAÚDE	86
	ANEXO A - MENSAGENS HL7	93

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A possibilidade de manipular informações de saúde de pacientes eletronicamente resultou no surgimento do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) (PETRY *et al.*, 2008). Um PEP, resumidamente, compreende descrições da condição de saúde do paciente, tratamentos realizados e resultados de exames realizados (CEUSTERS; SMITH, 2006) representados como uma mistura de documentos narrativos, estruturados, codificados e multimídia (KALRA, 2006).

Por outro lado, não basta disponibilizar informações eletronicamente. É esperado que estas informações possam ser usadas por completo e detalhadamente pelo responsável pelo tratamento do paciente e que essas informações possam também ser acessadas por toda equipe que presta atendimento (SMITH, 1996). Além disso, foi constatado que o paciente também deseja ter acesso aos seus próprios registros de saúde (KALRA, 2006).

Dessa forma, torna-se necessário que os sistemas de saúde possam compartilhar informações de saúde de pacientes. Para isto, deve ser estabelecido um padrão para a interoperabilidade de sistemas de saúde. A interoperabilidade pode ser entendida como a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem informações – interoperabilidade sintática e a capacidade de usar estas informações recebidas – interoperabilidade semântica (KOMATSOULIS *et al.*, 2007).

Tendo em vista os problemas provenientes da ausência de interoperabilidade entre sistemas de saúde, a integração de sistemas vem sendo estudada nos últimos vinte anos por grupos de pesquisa em diversos países principalmente nos Estados Unidos, Reino Unido e alguns países da Europa (BEGOYAN, 2007). Estes grupos estão empenhados na busca de um padrão que permita a troca de informações clínicas do paciente, bem como a transmissão de informações geradas por dispositivos médicos. Isto mostra que a interoperabilidade de sistemas de saúde ainda pode ser considerada como um dos maiores desafios a serem enfrentados no domínio da saúde (BICER *et al.*, 2005).

1.2 Definição do Problema

Através de experiências em um projeto de pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina que desenvolve sistemas de

saúde e telemedicina denominado Grupo Cyclops¹, foi sentida a necessidade de se encontrar um modelo de sistema para agilizar o processo de desenvolvimento e manutenção de software e promover a integração de sistemas de saúde, que apesar de serem independentes, compartilham informações de saúde de modo a constituir um prontuário eletrônico de pacientes.

Solucionar este problema tornou-se uma meta ao perceber que a tarefa de reescrever o código de sistemas que estão interligados se repetia várias vezes durante a alteração do esquema da base de dados. Este fato resultava em alocação de várias equipes de desenvolvimento para tornar o código dos sistemas consistente com o banco de dados compartilhado. Outro problema é que as equipes precisavam manter um forte contato, alertando umas as outras a cada alteração, para manter a compatibilidade entre todos os sistemas e o banco de dados.

1.3 Hipótese de Trabalho

Com a finalidade de manter a coesão entre sistemas e banco de dados tornou-se necessário pesquisar por alguma alternativa que facilitasse a tarefa de manutenção de sistemas através do uso da interoperabilidade semântica. Portanto, buscou-se na literatura por padrões para interoperabilidade na saúde que apresentassem uma expressividade suficiente para estender o conceito de interoperabilidade. O padrão escolhido teria que suportar uma nova funcionalidade: realizar todo o acesso a base de dados. Esse acesso inclui serviços a nível local (permitir solicitações de sistemas internos da instituição) e a nível externo (permitir solicitações de sistemas de instituições distintas).

Mediante esta alternativa, é preciso conhecer o *overhead* obtido quando utilizado um padrão para interoperabilidade para realizar toda a comunicação com o banco de dados. Através da realização de testes de desempenho procura-se provar que o aumento da carga de processamento causado pela utilização do modelo em camadas não é impactante na performance de um sistema baseado em web.

Sob outra perspectiva, procura-se provar que o tempo despendido com o desenvolvimento e implantação de um padrão para interoperabilidade para realizar a comunicação com o banco de dados não é um fator de risco proibitivo em sistemas legados.

¹ Grupo Cyclops. Disponível em:< <http://www.cyclops.ufsc.br>> Acesso em: 01 abril 2009.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo Geral*

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo em camadas, um *middleware* que promova a interoperabilidade, possibilitando a integração de sistemas legados em instituições de saúde de forma homogênea e estruturada. Para garantir segurança e consistência de operações, este *middleware* utiliza um padrão para interoperabilidade na saúde para evitar que sistemas distintos tenham acesso direto a uma base de dados compartilhada.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

Este trabalho apresenta três objetivos específicos:

- a) Desenvolver um sistema que atue como uma camada intermediária de tal forma que receba solicitações simultâneas de sistemas de saúde heterogêneos através de um padrão para interoperabilidade; realize o processamento dessas solicitações no banco de dados; e envie uma resposta referente ao processamento executado utilizando um padrão para interoperabilidade;
- b) Realizar testes de performance para avaliar a eficiência do uso de padrões para interoperabilidade como forma exclusiva de acesso a banco de dados compartilhado;
- c) Mensurar o esforço de desenvolvimento e implantação de sistemas de saúde capazes de realizar solicitações e capturar respostas por meio de um padrão para interoperabilidade.

1.5 Escopo e Delimitação do Trabalho

Já que o modelo em camadas proposto neste trabalho tem uma característica experimental, os testes de performance não foram realizados com sistemas em fase de produção. Dessa forma, limitou-se a testar um tipo específico de solicitação de serviços: obter dados referentes a exames de imagens (informações sobre o paciente, laudo e imagem capturada) registradas por usuários do Portal de Telemedicina de Santa Catarina. Não foram capturadas métricas sobre o envio de exames que apresentavam vídeo.

Para permitir que sistemas de saúde legados se comuniquem com o banco de dados através de um padrão para interoperabilidade, foi medido o custo de desenvolvimento e implantação, levando-se em

consideração as informações demográficas encontradas em um prontuário de pacientes que realizaram exames radiológicos. Devido a fatores cronológicos deste trabalho, não foi considerado o tempo gasto com a análise do retorno do processamento (verificar se a solicitação de envio foi bem sucedida ou não) pelo sistema de saúde legado.

Não foi possível realizar testes com equipamentos médicos que enviassem solicitações através de um padrão para interoperabilidade devido à indisponibilidade dos mesmos.

1.6 Materiais e Métodos

Este trabalho apresenta uma pesquisa aplicada em que se propõe o desenvolvimento e a utilização de um *middleware* para realizar a comunicação entre banco de dados e um sistema de saúde qualquer. Solicitações de acesso à base de dados serão descritas semanticamente através de um padrão para interoperabilidade na saúde já projetado.

Assim, após análises comparativas sobre as potencialidades de cada padrão de saúde existentes, optou-se pelo uso do padrão HL7 versão 3 para representar as solicitações/retribuições de acesso à base de dados no modelo em camadas. O padrão HL7 foi selecionado por apresentar maior abrangência de serviços de saúde, implementação em dispositivos médicos e ainda pelo maior grau de aceitação no domínio de saúde.

Escolhido o padrão para interoperabilidade, iniciou-se uma análise da documentação fornecida na versão 3 do padrão HL7 para localizar mensagens que melhor representassem as informações que seriam trocadas pelos sistemas de saúde, no primeiro momento, o Portal de Telemedicina.

Ao mesmo tempo, partiu-se para o desenvolvimento de um servidor de mensagens HL7. O servidor de mensagens é o responsável pela interpretação das solicitações de acesso a base de dados e por enviar uma mensagem com o retorno do processamento do pedido na base de dados.

Para funcionar como um cliente HL7 foi construído um sistema web que emula o comportamento do Portal de Telemedicina para a apresentação de laudos, exames e dados de pacientes. Depois de concebidos os sistemas cliente e servidor, e desenvolvidas as mensagens necessárias projetou-se a realização de testes de performance para conhecer o desempenho do *middleware* proposto.

Com a finalidade de conhecer o esforço de desenvolvimento do processamento de mensagens em um sistema legado de saúde, foi

medido o tempo de implementação no sistema de administração hospitalar utilizado no Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC). Além disso, foi monitorado o tempo de desenvolvimento de uma biblioteca que viabiliza o envio e recebimento de mensagens e o tempo de desenvolvimento do sistema utilizado nos testes de performance.

1.7 Resultados Esperados

Ao final deste trabalho espera-se que o modelo em camadas realmente seja capaz de manter a consistência entre sistemas e banco de dados. É evidente que a utilização do *middleware* irá aumentar o tempo de processamento se comparado com o acesso tradicional ao banco de dados. Porém o benefício obtido pela uniformização de acesso compensa essa redução de performance.

A implementação do modelo em camadas demanda um custo de desenvolvimento inicial maior, já que deverá ser projetado um servidor de mensagens. Porém, a incorporação de novos sistemas e as alterações no banco de dados irão afetar apenas o desenvolvimento de novas mensagens e sua conseqüente configuração no servidor de mensagens do *middleware*, acarretando portanto, um custo de produção bem menor.

Mediante a análise de testes de performance e do esforço de desenvolvimento de sistemas que viabilizem o uso do modelo em camadas, espera-se realizar uma avaliação final sobre as vantagens e desvantagens de se utilizar mensagens conforme um padrão para interoperabilidade como forma exclusiva de acesso ao banco de dados em sistemas de saúde.

1.8 Justificativa

Com a finalidade de integrar sistemas de saúde heterogêneos e acelerar o processo de manutenção e desenvolvimento de sistemas de saúde, buscou-se por uma alternativa de desenvolvimento de software que fosse segura e eficiente.

Essa alternativa consiste na ampliação do uso de padrões para interoperabilidade. Aproveitando que os padrões para interoperabilidade na saúde estão sendo desenvolvidos apropriadamente para o ambiente de saúde, propõem-se seu uso também para realizar toda a comunicação com o banco de dados.

Utilizar a sintaxe e semântica conforme um padrão para interoperabilidade permite manter a consistência entre sistemas e banco

de dados em constante expansão. Isto porque o acesso ao banco de dados é efetuado por um único sistema que atua entre um banco de dados e sistemas de saúde, evitando dessa forma a disponibilização de senhas e conhecimento sobre a arquitetura do banco de dados para requisitar qualquer serviço ao banco de dados. Além de que o uso de um padrão para interoperabilidade irá prover uma forma única e uniforme de descrever instruções para manipulação de dados em um banco de dados.

No entanto, é importante verificar se o custo de desenvolvimento para integrar sistemas de saúde é compensador, e também mensurar se o tempo decorrente com envio, recebimento e processamento de mensagens baseadas em um padrão para interoperabilidade representa um gargalo de comunicação. Para ter conhecimento destes dados é que se justifica o desenvolvimento deste trabalho.

1.9 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo é introdutório e apresenta uma visão geral da pesquisa realizada.

No capítulo 2 é realizada uma breve descrição de conceitos e o estado da arte considerando os objetivos deste trabalho.

O capítulo 3 aborda o HL7, apresentando um breve histórico sobre a organização HL7, principais componentes do padrão HL7 utilizados na versão 3, estrutura das mensagens HL7, ferramentas disponíveis para auxiliar na implementação do padrão HL7 e um conjunto de passos recomendados para implementação do padrão HL7.

O capítulo 4 define o modelo em camadas – o *HL7Middleware*, os fatos que impulsionaram seu desenvolvimento, bem como os benefícios proporcionados com a sua utilização. Além disso, é abordada a arquitetura do *HL7Middleware*, a funcionalidade e o mecanismo de implementação de mensagens. Neste capítulo também é apresentada a configuração dos testes de performance e o processo de implantação do *HL7Middleware* em sistemas legados.

O capítulo 5 relata os resultados provenientes da avaliação do *HL7Middleware* e os custos envolvidos durante o desenvolvimento, testes e implantação do *HL7Middleware* em sistemas legados.

O capítulo 6 apresenta uma discussão referente aos testes de desempenho do *HL7Middleware* e esforço de desenvolvimento por parte de sistemas legados para a integração com o *HL7Middleware*.

No capítulo 7 é apresentada a conclusão final sobre este trabalho de pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Conceitos Fundamentais*

Três conceitos são considerados como fundamentais para a compreensão deste trabalho: XML, interoperabilidade e *middleware*.

2.1.1 XML

O XML (*Extensible Markup Language*) foi projetado para expressar dados no formato texto usando *tags* definidas pelo usuário para delimitar e auxiliar na indicação do significado dos elementos de dados. As *tags* são organizadas hierarquicamente e representam o relacionamento entre “pai” e “filho”. Cada *tag* representa um elemento que pode conter caracteres ou números. Associado a algum elemento podem existir atributos com informações adicionais sobre um elemento e são representadas através de um par nome-valor (WILLIAMS; CONSOLAZIO; HOIT, 2005).

A estrutura hierárquica de um documento XML pode ser definida através de DTD (*Document Type Definition*) ou de *Schema* (*XML Schema Language, o XSD*). Tanto o DTD quanto o *Schema* permitem especificar a estrutura de um documento XML. O XML *schema* fornece meios para definir a estrutura, o conteúdo e a semântica de documentos XML (SPERBERG-MCQUEEN; THOMPSON, 2008). Esta mesma definição é aplicável aos DTDs. Uma diferença marcante entre os dois é que os XML *Schemas* são definidos através da sintaxe baseada em XML, enquanto que os DTDs têm uma linguagem regular específica a SGML DTD (GULBRANSEN, 2001). Outra diferença apontada por Gulbransen (2001) é que os XML *Schemas* possuem maior expressividade para definir o conteúdo de elementos e atributos do que os DTDs.

XPath é uma linguagem de expressão que permite processar valores em documentos XML conforme um modelo de dados definido pelo W3C (World Wide Web Consortium), o *XQuery/XPath Data Model* (XDM). Este modelo de dados fornece uma estrutura em forma de árvore para representação de documentos XML, valores atômicos para inteiros, strings, booleanos e seqüências que podem conter valores atômicos ou nodos de um documento XML. O resultado de uma expressão XPath pode ser uma seleção de nodos, um valor atômico ou ainda qualquer seqüência definida no modelo de dados. Resumidamente, o XPath usa uma notação de caminho para navegar através de estruturas

hierárquicas como é o caso dos documentos XML (BERGLUND *et al.*, 2007).

XQuery é uma linguagem para buscar informação em documentos XML e também em bancos de dados que suportem a linguagem XML. XQuery é derivada de uma linguagem de busca denominada Quilt, que por sua vez, foi inspirada em outras linguagens como XPath 1.0, XQL, XML-QL, SQL e OQL. XQuery Versão 1.0 é uma extensão da XPath Version 2.0. A linguagem de XQuery fornece diversos tipos de expressões que podem ser construídas a partir de palavras-chave, símbolos e operados para buscar dados (BOAG *et al.*, 2007).

2.1.2 Interoperabilidade

Segundo Shabo, Rabinovici-Cohen, Vortman (2006) a interoperabilidade pode ser vista como a capacidade de um sistema manipular dados provenientes de outros sistemas tão facilmente quanto manipula seus próprios dados.

De acordo com Gibbons *et al.* (2007) a interoperabilidade possui três aspectos chave:

- a) Interoperabilidade Técnica: tem como foco a transmissão dos dados e não seu significado. Tem a função de neutralizar os efeitos da distância, tornando o acesso aos dados transparente. Garante a estrutura, sintaxe e comunicação confiável;
- b) Interoperabilidade Semântica: preserva o significado. Exemplificando, um sistema de saúde irá enviar uma informação de forma que possa ser interpretada da mesma forma, tanto pelo emissor quanto pelo destinatário. Desconsiderando detalhes de técnicos referentes à transmissão, uma resposta que contempla interoperabilidade semântica fornece informações estruturadas, seqüenciadas, não ambíguas, que podem ser colocadas em uso pelo sistema receptor;
- c) Interoperabilidade de Processos: é um conceito emergente referente aos requisitos que tornam a implementação da integração de sistemas um sucesso. Necessita das definições da interoperabilidade técnica e semântica para então descrever métodos e estratégias para extrair informações e posteriormente definir processos de workflow. A interoperabilidade de processos aperfeiçoa

não somente a comunicação da informação, mas também realiza isto em tempo, evento e seqüência adequados de forma a coordenar os processos de trabalho.

Apesar de muita discussão e pesquisa no estabelecimento de um padrão a principal forma de se compartilhar informações continua sendo através do envio de um conjunto de mensagens eletronicamente (KALRA, 2006).

A manipulação adequada das informações de saúde em meio eletrônico pode proporcionar uma melhor qualidade de atendimento e de resultados (KUKAFKA *et al.*, 2007). Pode garantir autenticidade e integridade de informações (eliminam-se erros causados pela interpretação equivocada de transcrições manuais). Permite ainda assistência médica em lugares e cenários distintos – uso de telemedicina; redução de custos operacionais; agilidade na localização e coerência de informações; automatização de processos, entre outras (GOLDSCHMIDT, 2005).

Para proporcionar tais benefícios torna-se necessário estabelecer um padrão de interoperabilidade de sistemas de saúde. Os padrões para interoperabilidade permitem que produtos desenvolvidos por fornecedores distintos troquem informações médicas e ainda contribuam para aumentar a compatibilidade e interoperabilidade entre uma variedade de aplicações e sistemas de saúde existentes. (WIRSZ, 2000). Ainda, segundo Wirsz (2000), organizações de saúde que utilizarem produtos padronizados podem iniciar disponibilizando informações de sistemas com poucas entradas, prosseguindo para departamentos simples e gradualmente construir um sistema de larga escala para atingir uma solução de integração a nível organizacional.

2.1.3 *Middleware*

Um *middleware* é um software com a finalidade de permitir que aplicações distintas localizadas em diferentes máquinas cooperem através da rede. É uma camada necessária para estabelecer a comunicação entre clientes e servidores em plataformas heterogêneas. O *middleware* também tem como objetivos: encapsular grande parte da complexidade associada à heterogeneidade de hardware, sistemas operacionais e protocolos de comunicação; encapsular a distribuição de sistemas; fornecer interfaces de alto-nível para desenvolvedores de sistemas; e disponibilizar um conjunto de serviços para facilitar a colaboração entre aplicações (KRAKOWIAK, 2003).

Considerando os sistemas distribuídos tradicionais, o papel principal do *middleware* consiste em ocultar a heterogeneidade e distribuição fornecendo serviços para acessar recursos remotos como se fossem recursos locais (KJÆR, 2007).

2.2 *Estado da Arte*

Para verificar a viabilidade do desenvolvimento do *HL7Middleware* foi realizada uma pesquisa sobre a tendência de desenvolvimento de sistemas que tem o objetivo de promover a interoperabilidade, principalmente no ambiente de saúde. Assim, serão analisados os principais padrões para integração de sistemas de saúde, no âmbito nacional e internacional. Uma breve descrição de cada padrão é apresentada na subseção 2.2.1. Levando em consideração os benefícios decorrentes da utilização do XML para integrar sistemas, foram selecionados trabalhos que apresentam semelhanças e/ou discrepâncias com o *HL7Middleware* e serão relatados na subseção 2.2.2.

2.2.1 *Principais padrões para interoperabilidade na saúde*

Acessar informações de saúde de um indivíduo registradas em organizações distintas e contendo o atendimento realizado durante toda uma vida está aos poucos se tornando uma realidade. Porém, para que estas informações possam ser acessadas pelo profissional de saúde que presta atendimento, torna-se necessário que sistemas de saúde sejam capazes de compartilhar informações.

Uma tarefa que deve ser levada em consideração no desenvolvimento de sistemas de saúde é definir ou adaptar a arquitetura existente para suportar a interoperabilidade. Assim, para solucionar o problema da ausência de integração entre sistemas de saúde são destaques alguns padrões internacionais ainda em desenvolvimento (PETRY; LOPES; von WANGENHEIM, 2006):

- a) HL7 – desenvolve padrões de mensagens e documentos clínicos (CDA) para exibição de prontuários eletrônicos de saúde (HL7, 2009). Detalhes sobre a especificação do padrão HL7 são apresentadas na seção 3.2;
- b) CEN/TC251 – apresenta normas elaboradas pelo Comitê Técnico Europeu para aplicação da informática na saúde. Para a interoperabilidade de sistemas é destaque o padrão EN 13606 (CEN/TC251, 2009);

- c) openEHR – propõe modelos de conteúdo e processos conhecidos como arquétipos para desenvolvimento do prontuário eletrônico de saúde (openEHR, 2009);
- d) UN/EDIFACT – o United Nations/Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport é um padrão que desenvolve mensagens para a comunicação entre sistemas incluindo a área de saúde (UN/EDIFACT, 2009);
- e) ISO/TC 215 – a International Standard Organization, através do Comitê Técnico 215, Grupo de Trabalho 2 (TC 215/WG 2) propõe padrões para troca de informações de saúde (ISO/TC215, 2009).

Apesar disso, ainda não temos um modelo de dados, vocabulários ou conjunto de cenários comuns entre organizações de saúde. No entanto, tem-se preocupação para harmonizar os padrões de interoperabilidade como HL7, CEN e openEHR, de modo que exista compatibilidade entre os mesmos. Existem iniciativas para harmonizar tipos de dados como HL7/CDA e CEN 13606 *Reference Model*; arquétipos CEN/OpenEHR com HL7 *templates*. OpenEHR já utiliza o *Reference Model* do CEN EN 13606, que por sua vez é o mesmo do HL7/CDA (BEGOYAN, 2007).

No Brasil, também foram definidos modelos e comissões de estudos para promover a padronização de informações de saúde como:

- a) PRC – padronização de Registros Clínicos (PRC, 2009) para padronizar informações de registros eletrônicos de saúde;
- b) CNS – Vinculado ao Cartão Nacional de Saúde (CNS, 2009);
- c) TISS – troca de Informações em Saúde Suplementar (TISS, 2009) que é um padrão para troca eletrônica de informações administrativas e financeiras entre operadoras e prestadores de saúde;
- d) ABNT/CEE – a Associação Brasileira de Normas Técnicas possui uma comissão de estudos especiais para informática na saúde a ABNT/CEE-00:001.78 (ABNT, 2009).

Um estudo comparativo sobre as principais vantagens e desvantagens dos padrões HL7, CEN EN 13606, openEHR, PRC, CNS e TISS para interoperabilidade de sistemas de saúde são apresentadas no Apêndice A.

Recentes projetos na área de saúde propõem inclusive o uso de prontuários de saúde pessoais na web como o Google Health² e Microsoft Health Vault³, ambos em fase experimental (versão beta) nos Estados Unidos. Nesta abordagem, o próprio paciente pode eletronicamente registrar seu histórico médico e disponibilizar para o profissional de saúde, ou contatos que desejar. Como esta estratégia é extremamente recente, é impossível prever se realmente será um sucesso. Portanto, a interoperabilidade entre sistemas de saúde ainda deve ser buscada.

2.2.2 *O uso de XML e de padrões para interoperabilidade na integração de sistemas*

Na literatura são encontrados diversos trabalhos que têm o objetivo de pesquisar e integrar dados provenientes de bases de dados heterogêneas através do uso de XML. O uso de XML como forma de integrar bases de dados heterogêneas vem despertando a atenção de diversos pesquisadores devido à possibilidade de usar documentos autodescritivos que são portáteis, ou seja, podem representar a interoperabilidade semântica. A seguir são apresentados alguns exemplos de contribuições nesta área.

Para integrar dados residentes em bases de dados relacionais heterogêneas utilizando dados semi-estruturados como XML, os autores Al-Wasil, Gray e Fiddian (2006) propõem o estabelecimento de uma camada intermediária. Esta camada é composta por um XML *Metadata Knowledge Base* (XMKB) e *Query Processor*. O XMKB é um documento XML que inclui o banco de dados ou o nome do documento XML, tipo e localização da informação e os metadados que contêm o mapeamento entre uma visão global dos dados e os dados locais. Para possibilitar a geração do XMKB os autores desenvolveram uma ferramenta específica. O XMKB produzido é usado para gerar consultas no banco local, porém estas consultas são primeiro convertidas para XQuery para posteriormente serem traduzidas para SQL e executadas no banco de dados. O resultado do processamento no banco de dados é

² Google Health. Disponível em: <<http://www.google.com/health>>. Acesso em: 31 março 2009.

³ Microsoft Health Vault. Disponível em: <<http://www.healthvault.com>> Acesso em: 31 março 2009.

armazenado em um documento XML. A diferença deste trabalho em relação ao *HL7Middleware* é que são geradas consultas através de XQuery para posteriormente serem traduzidas para SQL.

Badard e Richad (2001) utilizaram o XML para permitir interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica e para atualizar bases de dados geográficas em tempo real. A estrutura das mensagens é baseada no pré-padrão europeu para informações geográficas o ENV 12657 - CEN/TC 287 de 1999 e é definida através de XML DTD. Os autores não definem o protocolo utilizado para comunicação apenas citam que a arquitetura do sistema é cliente-servidor. Uma característica em comum com o *HL7Middleware* é o uso de um padrão para a especificação de mensagens.

Collins, Navathe e Mark (2002) propõem um *framework* para acesso a bancos de dados heterogêneas baseado em XML *schemas*. Os XML *schemas* são gerados a partir do esquema do banco de dados relacionais e são usados para representar a estrutura do banco de dados, suas tabelas, campos e tipos. As *queries* solicitadas pelo usuário são validadas e traduzidas para SQL e executadas no banco de dados. O resultado do processamento é enviado em um documento XML. Ao contrário do *HL7Middleware*, somente consultas podem ser realizadas; as consultas são realizadas por usuários através de um *web site*; são criadas *views* de todo banco de dados e armazenadas em XML *schemas*.

Fernández, Tan e Suciú (2000) descrevem o Silkrouit um *middleware* que interage como uma camada intermediária entre um banco de dados relacional e sistemas clientes. No artigo é descrito um *framework* com a finalidade de mapear dados relacionais em documentos XML validados através de DTD. Os autores definiram uma linguagem denominada RXL para criar uma visão em XML do banco de dados. Uma vez gerada essa visão, as aplicações podem enviar suas solicitações via XML QL (XML *Query Language*) que então serão convertidas para RXL e posteriormente para instruções SQL para que possam ser executadas pelo banco de dados. Uma notável diferença entre o *HL7Middleware* é que no Silkrouit está sendo proposta uma nova linguagem para gerar visões do esquema do banco de dados, no *HL7Middleware* são implementadas *stored procedures* para cada uma das possíveis mensagens. O uso de *views* e XML QL possibilitam que novas consultas sejam expressas pelos sistemas clientes sem alterar o banco de dados.

Chan, Dillon e Siu (2002) propõem uma arquitetura que usa mediadores, ou seja, desenvolveram um sistema que utiliza uma camada

intermediária para conectar sistemas heterogêneos distribuídos com uma base de dados. Para exemplificar o potencial do modelo, os autores definiram XML DTD para descrever a sintaxe e a regra dos documentos XML que deverão ser seguidas para compor as mensagens. Assim, o mediador recebe solicitações de acesso à base de dados de um sistema *web* de controle de estoque. A comunicação entre o sistema de estoque e o mediador é realizada através de CORBA. Da mesma forma que no *HL7Middleware*, as mensagens XML recebidas serão traduzidas para instruções SQL. A principal diferença com relação ao *HL7Middleware* é que os DTD são desenvolvidos pelos próprios autores sem influência de padrões já implementados.

Bicer *et al.* (2005) propõem um *framework* intitulado AMEF (*Artemis Message Exchange Framework*) para permitir compatibilidade entre as versões 2 e 3 do HL7. Para isto, os autores criam uma ontologia utilizando os XML *schemas* de acordo com as duas versões. Assim, mensagens são mapeadas um para outra usando uma ferramenta de mapeamento de ontologia desenvolvida para esta finalidade. Segundo os autores, o *framework* é genérico suficiente para permitir mapeamento de outros padrões.

Em outro artigo, o projeto Artemis, agora descrito por Dogac *et al.* (2006), permite que organizações mantenham seus próprios sistemas de saúde, e que também possam disponibilizar serviços usando para tal *web services*. Neste projeto é utilizado um mediador, que é responsável pelo mapeamento de conceitos clínicos. O mediador permite que sejam trocadas informações de sistemas mesmo usando diferentes padrões para interoperabilidade na saúde. Através de um mapeamento de conceitos clínicos, foi gerada uma ontologia capaz de receber solicitações de clientes usando padrões distintos como HL7 CDA, GOM (GEHR *Object Model*)⁴ e CEN TC251 EN 13606. A criação desta meta-ontologia torna-se útil no contexto atual, visto que ainda não existe um consenso no estabelecimento de um único padrão para interoperabilidade, o que não é atingido pelo *HL7Middleware*.

Carey *et al.* (2000) desenvolveram uma camada intermediária denominada XPERANTO para o IBM *Almaden Research Center*. O objetivo deste *middleware* é fornecer uma interface de busca baseada em XML para bancos de dados objeto-relacionais. Com isso, é permitido

⁴ Modelo desenvolvido pelo GEHR (*Good European Health Record*). O GEHR propõe uma arquitetura para registro eletrônico de saúde na Europa. Disponível em: <<http://www.chime.ucl.ac.uk/work-areas/ehrs/GEHR>>. Acesso em: 06 março 2009.

que os usuários pesquisem e reestruturem o conteúdo do banco de dados através de XML (usando a linguagem XQuery para buscas), ignorando assim a linguagem SQL. Internamente, o XPERANTO traduz as solicitações recebidas para instruções SQL e submete ao banco de dados. A resposta do processamento também é traduzida para XML. Utilizar a linguagem de buscas XQuery para representar as solicitações permite maior expressividade, mas para se beneficiar deste recurso os autores não usam um padrão como no caso do *HL7Middleware*.

Cohen *et al.*(2007) criaram um método para armazenar mensagens representadas através de um modelo hierárquico, como são as especificações do HL7, em um banco de dados relacional. Neste trabalho, os autores propõem um método capaz de armazenar dados e associações entre dados considerando mapeamentos que contêm associações recursivas, bem como tipos de dados complexos e elementos com número ilimitado de subelementos. Com a aplicação da metodologia, é produzido um esquema relacional logicamente equivalente ao modelo objeto contido nas mensagens HL7 facilitando operações na base de dados. O método proposto pelos autores permite armazenar em um banco de dados relacional a estrutura das mensagens definidas através dos diversos refinamentos de domínios. Porém, a abordagem apresentada pelos autores torna-se útil apenas para novos projetos de bancos de dados, não se beneficiando, portanto, organizações que já possuem seu banco de dados e buscam pela interoperabilidade de seus sistemas.

Xu *et al.* (2000) apresentam o projeto *SynEx European*, uma plataforma que permite a comunicação entre sistemas de saúde escondendo a heterogeneidade inerente em sistemas distribuídos. O projeto utiliza um serviço de mediador, isto é, possui uma interface de comunicação para especificação de *sockets*, ODBC, XML e arquivos. O sistema usa o envio de mensagens XML baseadas no padrão UN/EDIFACT para realizar integração de sistemas. Para isto conta com o denominado *XML messages generator*. Este componente gera mensagens através das regras presentes em XML DTD e contém o mapeamento entre os conceitos usados em uma representação intermediária (atributo-valor) do sistema destino. O mediador é responsável pelo mapeamento das mensagens em instruções SQL, por executar as instruções, e por compor e enviar o XML resultante do processamento. Diferentemente do *HL7Middleware* as informações de mapeamento de campos do banco de dados e elementos de mensagens são armazenadas no banco de dados. Outra diferença é o uso do padrão

UN/EDIFACT e XML DTD enquanto que o *HL7Middleware* utiliza o padrão HL7. Um ponto em comum, além do emprego do mediador, é o uso de *sockets* para envio de mensagens.

Ko *et al.*(2006) apresentam um framework utilizando SOA (*Service-Oriented Architecture*). Para permitir interoperabilidade entre sistemas, o framework utiliza o padrão HL7 versão 2.5 e *web services* para a comunicação. Na arquitetura proposta pelos autores são utilizados diversos HL7Central que são servidores de mensagem HL7 que se conectam ao banco de dados. O uso de diversos servidores de mensagens é uma das diferenças encontradas entre o modelo destes autores e o *HL7Middleware*. Os autores explicam que não utilizam *sockets* porque em sistemas de grande porte teriam que disponibilizar diversas portas TCP para comunicação, já que seriam necessárias várias instâncias do servidor de mensagens executando simultaneamente.

Orgun e Vu (2006) propõem o uso de uma ontologia desenvolvida de acordo com o modelo de informação de referência do HL7 para representar os diferentes sinônimos para um mesmo conceito que podem existir no banco de dados de organizações que desejam compartilhar informações de saúde. Para representar a equivalência entre elementos de uma mensagem HL7 e esses sinônimos (nomes de campos em um dado banco de dados) os autores utilizam IDs e um conjunto de regras hierárquicas. O framework desenvolvido pelos autores - o eMAGS é um sistema baseado em multiagentes que tem em comum com o *HL7Middleware* o uso de mensagens *templates* HL7 para representar os variados eventos através de formatos de mensagem específicas; e uma lista de mapeamentos entre banco de dados e campos de mensagens HL7. A tarefa de desenvolver regras hierárquicas para representar os campos das mensagens é uma tarefa exaustiva (um especialista em integração levou três semanas para o estabelecimento das regras de apenas duas mensagens), porém mesmo assim o mapeamento resultante atinge seus objetivos e quem sabe em trabalhos futuros possa ser utilizada pelo *HL7Middleware*.

3 HL7

3.1 Organização HL7

A *Health Level Seven* (HL7) é uma organização voluntária, sem fins lucrativos, fundada em 1987, reconhecida internacionalmente em 1994, pelo ANSI-SDO (*American National Standards Institute - Standards Developing Organizations*). Tem como objetivo promover normas para a interoperabilidade de sistemas de saúde de forma a aperfeiçoar o atendimento clínico, otimizar o fluxo de trabalho, reduzir ambigüidade e permitir a transferência de conhecimento entre profissionais de saúde, agências governamentais, indústria e pacientes (ABOUT HL7, 2009).

O estabelecimento das normas é realizado pelos seus membros, que incluem desenvolvedores, vendedores, consultores, instituições governamentais, pesquisadores, usuários, patrocinadores, entre outros que possuem interesse no desenvolvimento e melhoramento de padrões de saúde. Os membros da organização HL7 encontram-se divididos em Grupos de Trabalho, que por sua vez são organizados em vinte e sete Comitês Técnicos e vinte Grupos de Interesses Especiais. Os Comitês Técnicos são diretamente responsáveis pela especificação das normas, enquanto os Grupos de Interesses Especiais servem como campo de teste, reconhecendo novas áreas que deveriam ser incluídas nas especificações do HL7 (ABOUT HL7, 2009).

São realizadas anualmente três votações para refinamento e desenvolvimento do padrão (janeiro, maio e setembro). Assim, os membros da organização devidamente capacitados poderão indicar seu voto para cada uma das mudanças propostas pelos Comitês Técnicos. Após a votação, as normas aprovadas são submetidas à certificação da ANSI - SDO.

O padrão HL7 trabalha com duas versões distintas: família 2.x (2.3, 2.3.1, 2.4, 2.5. e 2.6) e versão 3. A estrutura das mensagens da versão 2.x pode ser representada em dois formatos distintos:

- a) Baseado em caracteres ASCII: reservando caracteres especiais para separar um campo de outro em uma mensagem. A Fig. 1 mostra um exemplo de uma mensagem de confirmação de admissão de pacientes que utiliza a versão 2.3.1 em modo texto:

```
MSH|^~\&|Simple^Laboratory|7675432|ADT|767543|20090
314103005||ACK^|ID1234|P|2.3.1<CR>
MSA|AA|ZZ9380<CR>
```

Figura 1. Mensagem de confirmação usando versão 2.3.1 em modo texto

- b) XML: A partir da versão 2.3.1 é possível utilizar XML para representar as mensagens, porém as tags não apresentam descrições significativas como pode ser observado na mensagem de confirmação de admissão de pacientes representada na Fig. 2:

```
<ACK>
  <MSH>
    <MSH.1>|</MSH.1>
    <MSH.2>^~\&</MSH.2>
    <MSH.3>
      <HD.1>Simple</HD.1>
      <HD.2>Laboratory</HD.2>
    </MSH.3>
    <MSH.4><HD.1>7675432</HD.1></MSH.4>
    <MSH.5><HD.1>ADT</HD.1></MSH.5>
    <MSH.6><HD.1>7675432</HD.1></MSH.6>
    <MSH.7>20090314103005</MSH.7>
    <MSH.9><CM_MSG_TYPE.1>ACK</CM_MSG_TYPE.1>
  </MSH.9>
    <MSH.10>ID1234</MSH.10>
    <MSH.11><PT.1>P</PT.1></MSH.11>
    <MSH.12><VID.1>2.3.1</VID.1></MSH.12>
  </MSH>
  <MSA>
    <MSA.1>AA</MSA.1>
    <MSA.2>ZZ9380</MSA.2>
  </MSA>
</ACK>
```

Figura 2. Mensagem de confirmação usando a versão 2.3.1 em XML

A versão 3, que vem sendo desenvolvida gradativamente a partir de 1997, proporciona uma nova abordagem: modelagem orientada a objetos incorporando princípios da UML. Além disso, foi constatado que para que o padrão HL7 tenha uma implementação mais legível e reutilizável do que nas versões anteriores, é necessário o emprego de outras tecnologias como, por exemplo, XML.

As especificações do padrão HL7 são realizadas através do projeto HDF (*HL7 Development Framework*). Este projeto inclui especificação de modelos de informação, tipos de dados, vocabulário, mensagens, documentos clínicos, normas para administração de contexto, tecnologia para implementação e especificações de conformidade. O resultado deste tipo de processo de desenvolvimento é uma especificação funcional de um serviço de saúde independente de plataforma computacional (KAWAMOTO; LOBAK, 2007).

3.2 Especificação da versão 3

A especificação da versão 3 do padrão HL7 é organizada em diversos documentos, os principais componentes desta versão são os modelos de informação, vocabulário, tipos de dados, domínios e tecnologia de implementação.

3.2.1 Modelos de informação

Um modelo de informação é uma especificação estruturada de informações de um domínio. Define as classes de informação incluindo atributos, relacionamentos, restrições e estados. A versão 3 do HL7 define três tipos de modelos de informação para representar contextos de interesse diferentes:

a) RIM (Reference Model Information)

O Modelo de Referência de Informação é definido como um coerente modelo de informação compartilhado, que é a fonte para o conteúdo dos dados apresentados nas mensagens HL7. O RIM é mantido por meio de um processo colaborativo denominado de modelo de harmonização, que envolve Comitês Técnicos e Grupos de Interesse Especiais. O estilo abstrato do RIM e a possibilidade de extensão através de especificação do vocabulário fazem com que o RIM seja aplicável a qualquer sistema de informação em saúde.

O RIM inclui diagramas de classe e de estado, além de modelos de caso de uso, de interação, de tipos de dados, de terminologias entre

outros necessários para obter uma visão completa dos requisitos do padrão HL7. O RIM apresenta seis classes base:

- *Act*: representa as ações que são executadas e precisam ser documentadas à medida que o atendimento de saúde é gerenciado e fornecido. Sendo assim, esta classe contém subclasses relacionadas à dieta, observações, transações financeiras, administração de medicamentos, entre outras.
- *Participation*: expressa o contexto para uma ação em termos de quem a realizou para quem foi realizada, onde foi realizada, etc.;
- *Entity*: representa seres e bens materiais que fazem parte no atendimento de saúde. Por exemplo, têm-se subclasses que representam entidades de pessoa, organização, materiais e equipamentos.
- *Role*: estabelece os papéis que entidades assumem quando participam de ações. Podem ser citadas subclasses como paciente, funcionário, entidade licenciada (pessoas ou equipamentos que apresentem algum certificado).
- *ActRelationship*: representa a ligação entre uma ação e outra, como o relacionamento entre uma ordem de observação e o evento de observação ocorrido;
- *RoleLink* : representa relacionamentos entre papéis individuais.

A Fig. 3 apresenta as classes que são consideradas como a base do RIM. Essas classes são organizadas em quatro subáreas identificadas através de cores: *Act* (rosa), *Entity* (verde), *Role* (amarelo) e *CommunicationInfrastructure* (azul). As classes que compõem a área de Infraestrutura de Comunicação foram projetadas para especificar a estrutura necessária para o transporte de mensagens, elaboração de consultas e estruturas de documentos.

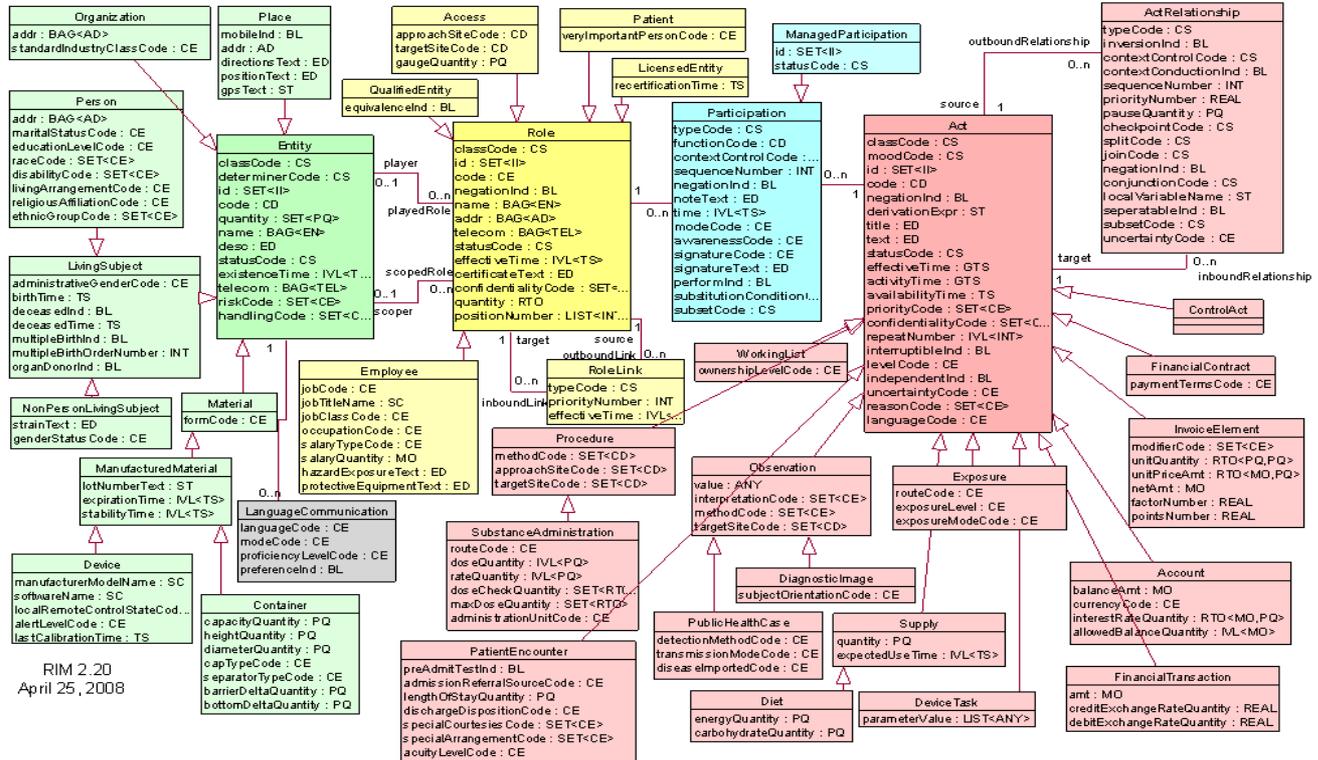


Figura 3. RIM (HL7, 2009)

c) R-MIM (Refined Message Information Model)

O R-MIM é um subconjunto de um D-MIM que é usado para definir o conteúdo das informações contidas em uma mensagem ou conjunto de mensagens, com comentários e refinamentos que são específicos para a mesma.

Devido a sua expressividade, o R-MIM pode representar um modelo hierárquico composto de associações recursivas, tipos de dados complexos variáveis, elementos com ilimitado número de subelementos. Por isso, produzir um R-MIM é a principal tarefa de autores e modeladores das especificações do HL7. Esta tarefa requer experiência no domínio em questão e excessivas revisões para que todos os casos de uso relevantes sejam representados (COHEN *et al.*, 2007).

A Fig. 5 apresenta o R-MIM para busca de informações sobre imunizações, com todos os seus relacionamentos, classes e atributos.

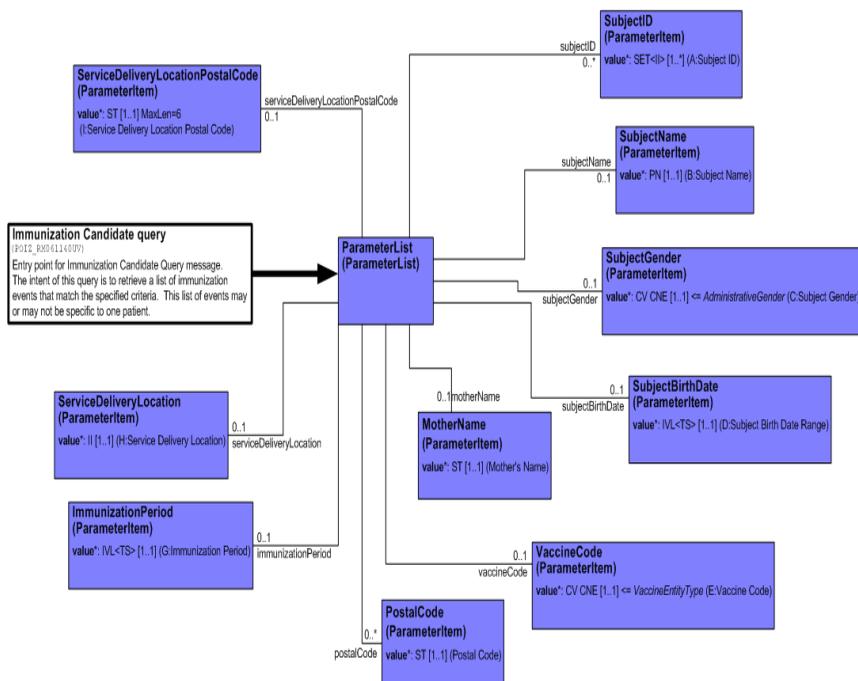


Figura 5. R-MIM Immunization Candidate Query - POIZ_RM061140UV (HL7,2009)

O R-MIM representa o conteúdo das informações para uma ou mais estruturas abstratas de mensagens – o denominado HMD (*Hierarchical Message Description*). O HMD especifica os campos de uma mensagem, seus agrupamentos, seqüência, opcionalidade e cardinalidade. A Fig. 6 mostra um fragmento do HMD para representar busca de informações sobre imunização.

No	Element Name (Link to tabular view)	Card	Mand	Conf	Rim Source	of Message Element Type	Src
	Immunization Candidate query	Common message for POIZ_HD06 1140UV					
1	Immunization Candidate query	..			<u>ParameterList</u>	ParameterList	N
2	immunizationPeriod	0..1			<u>ParameterItem</u>	ImmunizationPeriod	N
3	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>IVL<TS></u>	D
4	postalCode	0..*			<u>ParameterItem</u>	SET<PostalCode>	N
5	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>ST</u>	D
6	serviceDeliveryLocation	0..1			<u>ParameterItem</u>	ServiceDeliveryLocation	N
7	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>II</u>	D
8	serviceDeliveryLocationPostalCode	0..1			<u>ParameterItem</u>	ServiceDeliveryLocationPostalCode	N
9	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>ST</u>	D
10	subjectBirthDate	0..1			<u>ParameterItem</u>	SubjectBirthDate	N
11	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>IVL<TS></u>	D
12	subjectGender	0..1			<u>ParameterItem</u>	SubjectGender	N
13	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>CV</u>	D
14	subjectID	0..*			<u>ParameterItem</u>	SET<SubjectID>	N
15	value	1..*	M	R	<u>ParameterItem</u>	SET< <u>II</u> >	D
16	subjectName	0..1			<u>ParameterItem</u>	SubjectName	N
17	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>PN</u>	D
18	vaccineCode	0..1			<u>ParameterItem</u>	VaccineCode	N
19	value	1..1	M	R	<u>ParameterItem</u>	<u>CV</u>	D

Figura 6. HMD para busca de informações de imunização (HL7, 2009)

A partir da definição de um HMD é criado um XML *schema* que corresponde a um tipo de mensagem específica. O XML *schema* contém todas as regras para gerar um documento XML que representa uma mensagem HL7. A Fig. 7 resume o processo de refinamento dos modelos de informação até atingir o desenvolvimento dos XML *schemas* que originam as mensagens HL7.

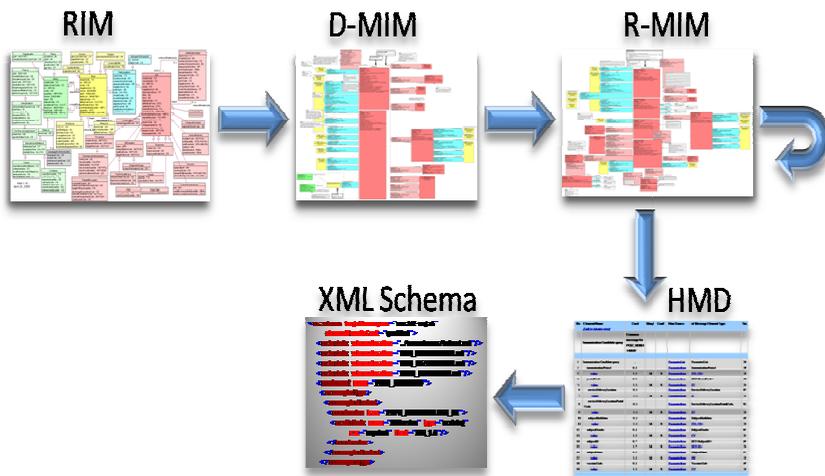


Figura 7. Refinamentos dos modelos de informação do HL7

3.2.2 Vocabulário

No HL7, um vocabulário é definido como o conjunto de todos os conceitos que podem ser considerados como valores válidos para um atributo de uma instância. O uso de vocabulários garante uma interpretação sem ambigüidade dos dados representados. Assim, o HL7 define um conjunto de tabelas para codificar atributos comuns. Exemplo: para o atributo sexo, os possíveis valores são: M (masculino), F (feminino) e O (outro). Quanto ao uso de vocabulários externos, o HL7 é flexível, sugere-se a utilização do LOINC (*Logical Observation Identifiers Names and Codes*), SNOMED CT (*Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms*), ICD-9CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*) e ICD-10 (*International Classification of Diseases, Tenth Revision*), porém não há impedimento para que seja adotado outro.

3.2.3 Tipos de dados

Os tipos de dados são blocos de atributos que relacionam os valores que um determinado atributo pode assumir. Tipos de dados podem ser simples ou compostos. Por exemplo, um elemento do tipo string (st) ou valor numérico (int) é um tipo simples. Um tipo de dado composto tem dois ou mais atributos, que por sua vez podem ser simples ou compostos. Podemos citar como exemplos de tipo composto os atributos AD, CS e II:

- a) AD (*Postal Address*) – representa um endereço postal que possui outros atributos como *street*, *city*, *postal code*, *country*, entre outros;
- b) CS (*Coded Simple Value*) – usado para representar atributos de uma instância que tem um único valor. Contêm os atributos: *code* (identificação), *codeSystemName* (nome comum de um código do sistema), *codeSystem* (OID que identifica globalmente a codificação usada), *codeSystemVersion* (descreve versão do código), *displayName* (nome ou título para o código), *OriginalText* (texto ou frase usada como base da codificação), *Translation* (um conjunto de outros conceitos que traduzem o conceito em questão em outros códigos do sistema), *Qualifier* (um conjunto de códigos que especifica uma subcategoria), *LiteralForm* (forma literal de representação do código);
- c) II (*Instance Identifier*) – identifica uma instância. Possui os atributos *root* (OID da instância – representação global única), *extension* (identificação - código da instância), *assigningAuthorityName* (nome represente a instância), *displayable* (indica se o nome que representa a instância deve ser exibido).

3.2.4 Domínios

O padrão HL7 utiliza o termo domínio para representar serviços de saúde. Vale ressaltar que a versão 3 ainda não foi completamente aprovada pela ANSI, sendo assim, existem domínios que foram submetidos à ANSI (*Normative*); domínios que estão sujeitos a avaliação pelos membros HL7 (DSTU- *Draft For Trial Use*); domínios que são considerados rascunho (*Draft*); e domínios que contêm informações de suporte e que não são submetidos a ANSI (*Informative*).

Os domínios definidos pelos Comitês Técnicos do HL7 da versão 3 edição de janeiro de 2009 (HL7 BALLOT, 2009) são:

- a) *Account and Billing (Normative)* – relacionado com a criação e gerenciamento da conta de pacientes e transações financeiras;
- b) *Blood, Tissue and Organ (Normative)* – relacionado ao processo de doação de sangue, órgãos e tecidos;
- c) *Care Provision (DSTU)* – registra a responsabilidade de provedores de planos de saúde;
- d) *Clinical Genomics (Normative)* – a ênfase deste domínio está na personalização dos dados genéticos servindo como um link para a chamada “medicina personalizada”;
- e) *Claims and Reimbursement (Normative)* – referente ao faturamento e pagamento de serviços de saúde;
- f) *Clinical Decision Support (Normative)* – permite enviar mensagens específicas que podem auxiliar na tomada de decisão;
- g) *Clinical Document Architecture (Normative)* – é um documento padrão que especifica a estrutura e semântica de documentos clínicos;
- h) *Common Message Element Types (Normative)* – consiste de fragmentos de um tipo de mensagem que é utilizado por outros tipos de mensagens;
- i) *Imaging Integration (Informative)* – compreende modelos, guias de implementação, exemplos de documentos e imagens que são necessários para representar a transformação de DICOM para CDA;
- j) *Immunization (DSTU)* – refere-se à administração de vacinas para prevenção de doenças infecciosas;
- k) *Laboratory (Normative)* – contempla serviços prestados por laboratórios localizados no próprio estabelecimento de saúde ou externamente a estes;
- l) *Medication (Normative)* – este domínio foi desenvolvido para permitir envio de mensagens sobre a medicação solicitada para um paciente.
- m) *Materials Management (Draft)* – define modelos para gerenciamento de inventário;
- n) *Medical Records (DSTU)* – suporta a administração de documentos clínicos bem como a pesquisa de documentos;

- o) *Observations (Normative)* – contêm modelos, mensagens, e outros artefatos para representar o resultado do serviço básico de diagnóstico de saúde;
- p) *Orders (Normative)* – apresenta modelos, mensagens e outros artefatos para representar uma solicitação básica de serviços de saúde;
- q) *Patient Administration (DSTU)* – suporta as principais funções da relacionadas à admissão, saída e transferência de pacientes;
- r) *Personnel Management (Normative)* – representa informações clínicas-administrativas associadas a organizações, indivíduos, animais e equipamentos envolvidos no tratamento e suporte do serviço de saúde;
- s) *Pharmacy (Normative)* – define mensagens relacionadas com a prescrição, fornecimento e administração de medicação de um paciente;
- t) *Public Health (Normative)* – inclui mensagens para encaminhar relatórios e investigações que envolvem o contexto da saúde pública;
- u) *Registries (DSTU)* – estabelece modelos para registros administrativos como pessoas (colaboradores), pacientes, fornecedores, equipamentos e locais de atendimento de saúde;
- v) *Regulated Products (Normative)* – consiste em facilitar o processamento e submissão de produtos sujeitos a avaliação;
- w) *Regulated Studies (Normative)* – inclui modelos para troca de informações sobre a condução de estudos regulados e troca de dados coletados durante essas análises;
- x) *Scheduling (Normative)* – compreende interações para agendamento de serviços oferecidos no sistema de saúde;
- y) *Shared Messages (Normative)* – é um tipo de mensagem reutilizada em interações com qualquer outro domínio que compõe o padrão HL7;
- z) *Specimen (Normative)* – este domínio foi projetado para envio de mensagens sobre análise de espécimes coletadas;
- aa) *Therapeutic Devices (Normative)* – compreende modelos, mensagens e outros artefatos sobre informações obtidas através de dispositivos terapêuticos.

Para exemplificar o uso de um domínio, como a admissão de pacientes, o HL7 definiu o domínio *Patient Administration*, e em um tópico intitulado *Patient*, a mensagem *Patient Registry Add Request*.

3.2.5 Tecnologia de implementação

Define como representar objetos do RIM para a transmissão de mensagens HL7. O XML *schema* foi selecionado para especificar o que é aceitável em um documento XML, através da definição de restrições e regras. Assim, por intermédio de ferramentas apropriadas, pode-se verificar se uma mensagem HL7 é um documento XML válido de acordo com a definição de seu *schema* XML.

Para cada um dos domínios citados anteriormente, foram projetados vários XML *schemas* que podem ser utilizados para a construção de mensagens HL7. Estes XML *schemas* são desenvolvidos baseados no tipo de evento que está ocorrendo no momento, ou seja, para cada interação, é definido um *schema* e um documento XML diferente.

3.3 Estrutura das mensagens HL7

Já que o HL7 utiliza o conceito de mensagem para promover integração entre sistemas, existem algumas particularidades que devem ser esclarecidas referentes à associação entre mensagens.

Para cada mensagem de requisição de informação haverá uma ou duas mensagens associadas, dependendo do resultado obtido durante o processamento da ação requisitada. Sendo assim, se for enviada uma mensagem que requisiõe uma inclusão, exclusão ou alteração, deverá ser recebida uma mensagem de retorno confirmando a operação, ou uma mensagem de negação da operação indicando que a ação não foi executada. A Fig. 8 representa o fluxo de mensagens que podem ocorrer durante uma requisição de registro de paciente. A mensagem *Patient Registry Add Request* é enviada para solicitar cadastramento de um paciente; a mensagem *Patient Registry Add Request Accepted* é enviada se o cadastramento foi confirmado e a mensagem *Patient Registry Add Request Rejected* é enviada se o cadastramento foi rejeitado devido a inconsistências.

Para as mensagens que solicitam a recuperação de informação haverá uma única mensagem de retorno. Na própria mensagem de retorno são informados os valores quando encontrados ou é indicado que não foi possível recuperar nenhuma informação. A Fig. 9 representa o fluxo de mensagens durante um pedido de solicitação de informações demográficas de paciente. A mensagem *Patient Registry Get Demographics Query* é

enviada para solicitar informações demográficas de pacientes e a mensagem *Patient Registry Query Response* é enviada com o resultado da busca das informações.

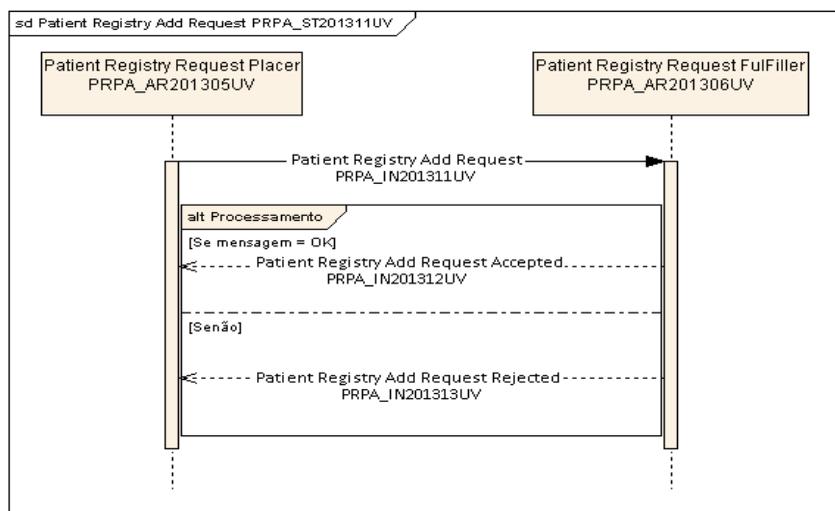


Figura 8. Interações de mensagens ao solicitar inclusão de paciente

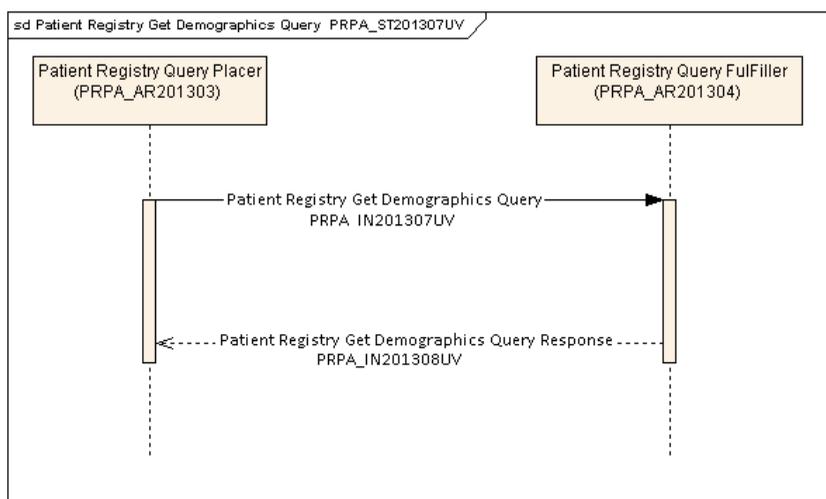


Figura 9. Interações de mensagens ao solicitar informações de paciente

3.4 Ferramentas

Pesquisou-se por ferramentas que auxiliem no desenvolvimento de sistemas utilizando HL7, na especificação de mensagens HL7 e na conversão de mensagens entre diferentes versões do padrão HL7. Alguns exemplos destas ferramentas são:

- a) EasyHL7 – propõe um conjunto de ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de sistemas. Disponível para sistemas implementados em C++ e .NET. Apresenta especificações para a versão 2.3 do HL7;⁵
- b) 7Edit – oferece ferramentas como editor, visualizador, validador e simulador de mensagens conforme o padrão HL7 versão 2.x;⁶
- c) 7Scan – é uma ferramenta para desenvolver, testar e manter interfaces HL7 já desenvolvidas ou pode funcionar como um editor, exibindo mensagens e transmitindo para outros sistemas;⁷
- d) XML Converters - DataDirect – disponibiliza um conversor de mensagens 2.x para 3, isto é realizado através de mapeamentos entre as versões;⁸
- e) HTC Eclipse Tooling – oferece ferramentas para desenvolvimento de interfaces HL7 para linguagem Java, usa as fontes do HL7 para gerar instâncias. Licença: *Free*;⁹
- f) NHapi – permite que desenvolvedores de .NET utilizem um modelo de objetos fornecido para as versões 2.x. Licença: *Free*;¹⁰

2009. ⁵ Disponível em: [<http://www.hermetechzn.com/EasyHL7>]. Acesso em: 28 março

2009. ⁶ Disponível em: [<http://www.7edit.com/home/index.php>]. Acesso em: 28 março

⁷ Disponível em: <http://www.7scan.com/>. Acesso em: 28 março 2008.

⁸ Disponível em: [<http://www.xmlconverters.com/tutorials/map-hl7-v2-to-v3.html>]. Acesso em: 28 março 2009.

⁹ Disponível em: [http://hl7projects.hl7.nscce.edu/frs/?group_id=45&release_id=129]. Acesso em: 28 março 2009.

2009. ¹⁰ Disponível em: [<http://nhapi.sourceforge.net/home.php>]. Acesso em: 28 março

- g) HL7 Java SIG – Fornece classes Java para desenvolvimento de especificações do HL7 v3;¹¹
- h) Mirth – plataforma *free* e de código aberto para envio de mensagens HL7 versão 2.x. Fornece mecanismos de conexão como MLLP sobre TCP/IP, *web services* ou mesmo HTTP.¹²

3.5 **Recomendações para a implementação do padrão HL7**

Segundo Venturello (2005), os passos necessários para implementação de mensagens HL7 versão 3 são os seguintes:

- a) Compreender os requisitos de interoperabilidade de acordo com a situação específica: identificar quem são os envolvidos no processo, identificar quais informações devem ser trocadas, em que situações devem ser trocadas, o conteúdo dos dados que devem ser trocados e quais respostas devem ser esperadas;
- b) Definir as mensagens que devem ser usadas: a documentação do HL7 contém mensagens para diversos domínios de saúde, por isso é importante identificar quais mensagens de fato serão utilizadas;
- c) Definir o vocabulário a ser utilizado: o padrão HL7 permite o uso de vocabulários definidos pelo próprio HL7 ou vocabulários externos, mas ainda é possível utilizar um vocabulário próprio, por isso torna-se necessário identificar em quais mensagens está sendo empregado cada vocabulário;
- d) Especificar o meio de comunicação: definir como serão transportadas as mensagens pelos sistemas. Considerar características como segurança dos dados, garantia de envio das mensagens, autenticação de usuários (aplicações), entre outras;
- e) Representar através de diagramas, o fluxo dos dados desde a arquitetura interna até as mensagens escolhidas. Venturello (2005) considera esta etapa como a mais complexa, custosa e

¹¹ Disponível em: [<http://aurora.regenstrief.org/javasig>]. Acesso em: 28 março 2009.

¹² Disponível em: [<http://www.mirthproject.org/>]. Acesso em: 28 março 2009.

com possibilidades de erro, uma vez que o mapeamento de dados é uma tarefa extensa;

- f) Construir a interface: é importante selecionar boas ferramentas de edição de XML; dispor de uma equipe com conhecimento avançado de XML; pesquisar ferramentas que auxiliem no desenvolvimento de mensagens HL7. Apesar do HL7 não fixar nenhuma plataforma, a linguagem Java é a linguagem mais utilizada para desenvolvimento de aplicações baseadas no padrão HL7.
- g) Documentar a implementação e sua conformidade, registrando o que está efetivamente sendo usado do HL7 e como está sendo realizada a sua implementação:
 - RIM: registrar quais as partes do modelo de informação de referência que não estão sendo utilizadas;
 - Associações e atributos opcionais: deve ser registrado quais as decisões tomadas sobre atributos opcionais e associações, se e, em quais circunstâncias foram eliminados ou mantidos;
 - Vocabulário: documentar se foram utilizados vocabulários próprios, externos ou fornecidos pelo padrão HL7;
 - OID (*Object Identifier*): registrar quais os identificadores de objeto que foram utilizados;
 - Simplificadores dos tipos de dados: é importante registrar para quais tipos de dados compostos foram removidos atributos desnecessários;
 - Estruturas agregadas ao modelo oficial: para atender aos requisitos de um domínio específico, pode ser necessário incluir estruturas não previstas pelo padrão HL7;
 - Segurança e transporte: documentar as resoluções tomadas a respeito da segurança dos dados e a forma de comunicação adotada para transmissão de mensagens;
 - Mapeamento de dados: registrar o mapeamento realizado entre campos internos e atributos das mensagens;

- Processamento de mensagens: manter um registro das ferramentas usadas, métodos para captura e processamento de mensagens;
- Metodologia: Venturello (2005) também sugere a adoção de uma metodologia e utilização da mesma durante todo o processo de desenvolvimento e manutenção.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Ausência de Interoperabilidade

O problema da ausência de interoperabilidade de sistemas surgiu com o avanço da tecnologia e conseqüente redução dos custos de hardware e software. Sem a preocupação com o processo de informatização, tornou-se comum o uso de sistemas heterogêneos isolados dentro de uma mesma organização.

Em algumas organizações o uso de sistemas independentes não é um problema, devido à natureza do negócio, já em outras, como as instituições de saúde, registrar informações em sistemas isolados dificulta o processo de manipulação da informação. Apesar disso, não é raro encontrar instituições de saúde que possuem um sistema de informação principal convivendo com um conjunto de sistemas isolados (PETRY *et al.*, 2009). Como é necessário o uso de dispositivos médicos em ambientes de saúde, também é comum verificar o uso de equipamentos que utilizam sistemas proprietários e que não se comunicam com o sistema de saúde da instituição.

Segundo Maldonado, Robles e Cano (2001) as principais razões para a heterogeneidade de sistemas existentes em uma mesma instituição de saúde devem-se a:

- a) diversidade das instituições quanto ao aspecto estrutural, político, econômico, cultural envolvendo inclusive preferências de grupos de profissionais de saúde, tornando difícil fornecer um único sistema de saúde que sirva a instituição como um todo;
- b) fragmentação do mercado de tecnologia de informação, onde existe uma variedade de sistemas especializados, tornando a interconexão entre sistemas difícil de atingir. Quando há sistemas projetados para cobrir toda a funcionalidade de um sistema de informação hospitalar, nem sempre contemplam funcionalidades específicas como o desejado.

Desenvolver um sistema inteiro em uma instituição seria a melhor solução para resolver o problema da falta de comunicação entre sistemas, mas nem sempre é praticável devido aos altos custos de desenvolvimento, treinamento, existência de equipamentos médicos, e ainda a relutância dos próprios usuários. Nestes casos, promover um meio para a integração de sistemas é uma alternativa para o processo de re-desenvolvimento de um sistema por completo.

A integração de sistemas heterogêneos proporciona ao usuário final o acesso a informação de forma transparente independentemente da sua

natureza ou localização. Com isto, eliminam-se os custos com treinamentos, uma vez que o mesmo é desnecessário; eliminam-se os problemas com inconsistência de informações provenientes de erros de digitação; reduzem-se os custos com armazenamento resultante da redundância de informações; proporcionam melhor agilidade, já que se reduz o tempo com duplicação de atividades, como inserção dos mesmos dados em sistemas distintos; facilitam o controle da informação, pois não é necessário manter manualmente as informações atualizadas em ambos os sistemas, entre outros benefícios.

4.2 *Cenário marcado pela ausência de interoperabilidade*

Um sistema web denominado Portal de Telemedicina que tem o objetivo principal de registrar o laudo de exames de imagens, compartilha uma base de dados com sistemas desktop. O Portal de Telemedicina é utilizado pela Rede Catarinense de Telemedicina (RCTM) atendendo o setor público de saúde de Santa Catarina em um total de 85 municípios (dados obtidos em julho de 2009).

O Portal de Telemedicina também é utilizado pelo Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago da Universidade Federal de Santa Catarina (HU/UFSC) no setor de radiologia simultaneamente com outros sistemas legados da instituição. A ausência de interoperabilidade entre estes sistemas exige a repetição de informações como, por exemplo, cadastro de pacientes e laudos. Isso porque os exames são agendados no sistema principal do HU/UFSC o Sistema de Administração Hospital, e os exames são realizados e laudados por intermédio do Portal de Telemedicina. Este problema faz com que os laudos tenham que ser inseridos manualmente nos dois sistemas, além de ter que criar um novo registro de paciente no Portal de Telemedicina.

Como é prevista a expansão do Portal de Telemedicina, incluindo também sistemas fornecidos por terceiros, não é seguro fornecer senhas de acesso ao banco de dados compartilhado. Além disso, uma alteração na arquitetura da base de dados pode implicar na reescrita do código de todos os sistemas integrantes. Isto se torna preocupante já que existem sistemas desktop instalados em diversas instituições de saúde espalhadas no estado de Santa Catarina. A Fig. 10 mostra o Portal de Telemedicina e dois sistemas integrantes: Dicomizer (sistema desktop responsável pela captura e processamento de imagens de equipamentos médicos) e Nutrição Parenteral (sistema desktop responsável pelo cálculo de componentes de uma nutrição parenteral) que compartilham uma mesma base de dados.

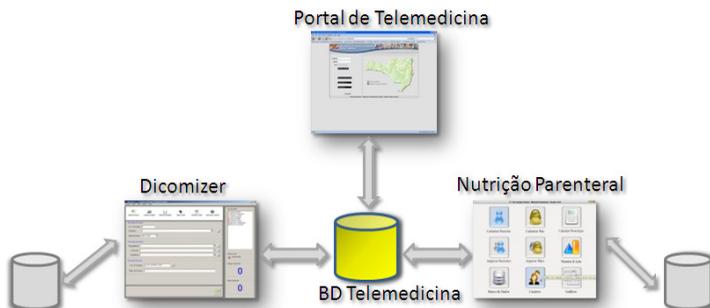


Figura 10. Portal de Telemedicina e sistemas integrantes

Apesar do que foi exposto acima tratar-se de um problema particular, a ausência de interoperabilidade entre sistemas ainda é um problema comum no ambiente de saúde. Uma das maiores dificuldades para se integrar sistemas heterogêneos é utilizar um vocabulário de termos comum. Uma possível solução para resolver este problema é criar um protocolo próprio que sirva para comunicar sistemas heterogêneos locais. Esta solução é eficiente uma vez que o protocolo será personalizado, porém dificulta uma integração em nível global. Por isso, o uso de padrões internacionais se torna uma alternativa conveniente quando se necessita de uma comunicação interorganizacional.

4.3 Apresentação do HL7Middleware

O emprego de um padrão para interoperabilidade permite que qualquer sistema interprete seus dados locais usando conceitos e terminologias universais (ONABAJÓ; BILYKH; JAHNKE, 2003). Baseado neste conceito decidiu-se utilizar um padrão para interoperabilidade na saúde para integrar sistemas distintos e usar estes mesmos conceitos e terminologias padronizados para acessar dados internamente, ou seja, para acessar o próprio banco de dados. A representação de solicitações através do envio de mensagens conforme sintaxe e semântica estabelecidas por um padrão de saúde tornam possível manter a compatibilidade e a consistência entre sistemas e banco de dados (PETRY et al, 2009).

Esta nova forma de acesso à base dados tem como finalidade agilizar o desenvolvimento de sistemas de informação de saúde que continuam em fase de expansão, pois mudanças nos requisitos ou adição de novas funcionalidades no sistema (por exemplo, inclusão de tabelas de

relacionamento, alteração de campos) não implicam na reescrita do código de todos os sistemas que utilizavam as antigas funcionalidades. Conseqüentemente, os riscos de desenvolvimento tendem a ser reduzidos. Além disso, o uso da interoperabilidade semântica pode contribuir para deixar o código do sistema mais legível, já que instruções SQL não farão parte do código dos sistemas.

O *HL7Middleware* permite que sistemas desenvolvidos em linguagens, banco de dados e/ou, plataformas distintas compartilhem qualquer tipo de informação de saúde. Além disso, o modelo permite que sistemas web, desktop e até mesmo equipamentos troquem informações de pacientes da mesma forma: enviando e recebendo mensagens HL7 por intermédio de um servidor de mensagens.

Com o modelo em camadas, é possível compartilhar qualquer tipo de informação sobre pacientes e seu processo de atendimento tais como: resultados de exames (imagens, vídeos e laudos), consultas efetuadas, medicação ministrada, enfim qualquer informação de saúde comum em um registro eletrônico de saúde.

A homogeneidade de acesso – envio de mensagens HL7 – proporcionada pelo *HL7Middleware* torna possível a integração de setores, clínicas, hospitais, prestadoras de saúde, ou seja, que sistemas com diferentes origens e atribuições (devidamente autorizados), possam acessar informações de saúde de pacientes intra e interorganização.

A Fig. 11 contempla a visão geral do *HL7Middleware*. Uma organização deve utilizar um ou mais servidor (es) de mensagens (representado na figura como *HL7Server*) para trocar informações saúde entre sistemas pertencentes a própria organização ou com outras organizações.

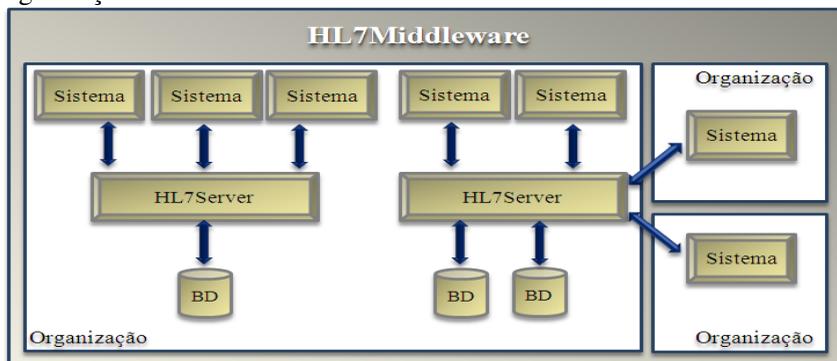


Figura 11. Visão geral do *HL7Middleware*

4.4 Especificação do *HL7Middleware*

O padrão HL7 versão 3 foi escolhido para representar o conteúdo semântico das mensagens no *HL7Middleware* por utilizar XML, apresentar uma maior abrangência de serviços de saúde, implementação em dispositivos médicos e ainda pela sua aceitação no domínio de saúde. Além disso, a versão 3 está sendo projetada para promover a interoperabilidade semântica entre sistemas, e cumpre os requisitos de desenvolvimento, propósito e recomendações da web semântica (RYAN, 2006).

Vale ressaltar que a preocupação da organização HL7 é fornecer modelos de informação para representar os mais variados serviços de saúde. Portanto, questões referentes ao processo de desenvolvimento do padrão em sistemas de informação não são estabelecidos pela organização.

Para promover a interoperabilidade de sistemas de saúde no *HL7Middleware*, a mesma semântica encontrada nas mensagens do padrão HL7 é utilizada para realizar toda a comunicação com um banco de dados.

4.5 Arquitetura do *HL7Middleware*

O *HL7Middleware* é um modelo em camadas que contempla a interoperabilidade técnica e semântica discutidas na subseção 2.1.2. Consiste de um servidor de mensagens HL7, um conjunto de mensagens *template*, um conjunto de *stored procedures*, um ou mais bancos de dados e sistemas clientes.

4.5.1 *HL7Server*

A estrutura central deste modelo é um servidor de mensagens, um sistema denominado *HL7Server*. Este servidor atua como intermediário entre um sistema cliente e um banco de dados. O *HL7Server* tem como atribuições:

- a) Estabelecer conexão: atender a pedidos de conexão de sistemas clientes;
- b) Receber mensagens: receber mensagens HL7 com solicitações de acesso ao banco de dados que indiquem e que contenham os dados que devem ser incluídos, alterados, consultados ou excluídos;
- c) Efetuar operações: processar instruções SQL no banco de dados utilizando os parâmetros recebidos nas mensagens dos sistemas clientes solicitantes;

- d) Compor e enviar mensagens de retorno: compor uma mensagem HL7 com a resposta do processamento obtido do banco de dados e enviá-la para o sistema cliente solicitante.

4.5.2 *Sistemas Clientes*

Um sistema cliente, no *HL7Middleware*, compreende sistemas de saúde desenvolvidos em qualquer linguagem de programação e que podem ser pertencentes à instituição ou não. Equipamentos médicos que enviam mensagens baseadas no padrão HL7 versão 3 também são considerados sistemas clientes. São atribuições de um sistema cliente:

- a) Criar mensagem: ao constatar a necessidade de realizar uma operação no banco de dados, preencher corretamente uma mensagem HL7 que represente esta solicitação;
- b) Solicitar conexão: estabelecer conexão com o *HL7Server*;
- c) Enviar a mensagem: enviar a mensagem HL7 corretamente preenchida para o *HL7Server* através da conexão estabelecida;
- d) Receber e Extrair informações: mediante o recebimento de uma mensagem de resposta do *HL7Server*, extrair as informações e seguir seu processamento.

A implementação da manipulação de mensagens HL7 nos sistemas clientes que não possuem HL7 nativo, pode ser realizada de duas formas: diretamente no código dos sistemas legados; ou desenvolvendo um sistema em linguagens que não possuem suporte para XML e/ou *sockets* para funcionar como um *wrapper* de mensagens HL7 (criação, envio, recepção de mensagens e avaliação do retorno).

4.5.3 *Mensagens Template*

Em virtude da complexidade envolvida na concepção de mensagens definidas pelo HL7, e considerando que será necessário adaptar ou criar novas mensagens HL7, percebeu-se que seria prudente propor uma solução para facilitar essa tarefa. Assim, foram projetadas as mensagens *template*.

Uma mensagem *template* é um documento XML que indica através de comentários, quais as informações que devem ser preenchidas em cada elemento e/ou atributo de uma mensagem HL7.

Para contornar o problema de compreender a estrutura das mensagens HL7 (ordem, formato, cardinalidade e valores possíveis para elementos e atributos) foi gerada uma mensagem *template* para cada uma das mensagens atendidas pelo *HL7Server*.

Dessa forma, o conteúdo das mensagens *templates* pode ser substituído por valores apropriados em tempo real. Com isso, torna-se desnecessário entender o significado de cada um dos elementos ou se preocupar com detalhes da montagem de uma mensagem HL7 na sua totalidade.

Portanto, os sistemas clientes devem somente localizar a mensagem adequada para cada evento de acesso ao banco de dados e preencher os campos indicados na mensagem *template* antes de enviar a mensagem para o *HL7Server*.

O *HL7Server* procede da mesma forma que os sistemas clientes, mediante identificação do tipo de mensagem recebida, localiza e substitui os valores indicados na mensagem *template* de retorno por valores adequados para posteriormente enviar para o sistema cliente.

4.5.4 *Stored Procedures*

Como o *HL7Server* é o componente principal do modelo em camadas, é importante que o servidor trabalhe dinamicamente, isto é, que possam ser inseridas, excluídas ou alteradas mensagens sem que haja necessidade de ter suas atribuições interrompidas.

Com esse objetivo, instruções SQL não foram escritas diretamente no código fonte do *HL7Server*. Portanto, é necessário criar *stored procedures* ou funções no banco de dados para cada mensagem suportada.

É possível que os tipos de dados utilizados no esquema do banco de dados sejam diferentes dos tipos estabelecidos pelo HL7 para representar os mesmos dados. Nestes casos, será necessário que as *stored procedures* realizem a conversão entre os tipos incompatíveis, como por exemplo, na manipulação de datas.

4.5.5 *Banco de Dados*

Dependendo do ambiente operacional em que o *HL7Middleware* executar pode ser necessário realizar a conexão com mais de um banco de dados, uma vez que está sendo proposta a integração com sistemas heterogêneos. Assim, mensagens recebidas pelo *HL7Server* podem ser direcionadas a banco de dados distintos.

A arquitetura utilizada pelo *HL7Middleware* evita que sistemas clientes conheçam senhas e configurações de acesso ao banco de dados. Esta medida aumenta o nível de segurança, principalmente quando se concede acesso a informações de saúde para sistemas externos. Dessa forma, somente os sistemas internos ou externos, previamente identificados

e autorizados (vide subseção 4.5.3) que enviarem mensagens HL7 bem-formadas poderão recuperar e/ou armazenar informações no banco de dados.

A Fig. 12 representa esquematicamente a heterogeneidade de sistemas suportada pelo *HL7Middleware*: sistemas legados (*desktop*, *web*, equipamentos médicos) que implementam o padrão HL7 internamente ou que podem ser adaptados para empregar *HL7Wrappers* para acessar o *HL7Server* (conseqüentemente o banco de dados), e que podem ser pertencentes à própria instituição de saúde ou componentes de sistemas externos.

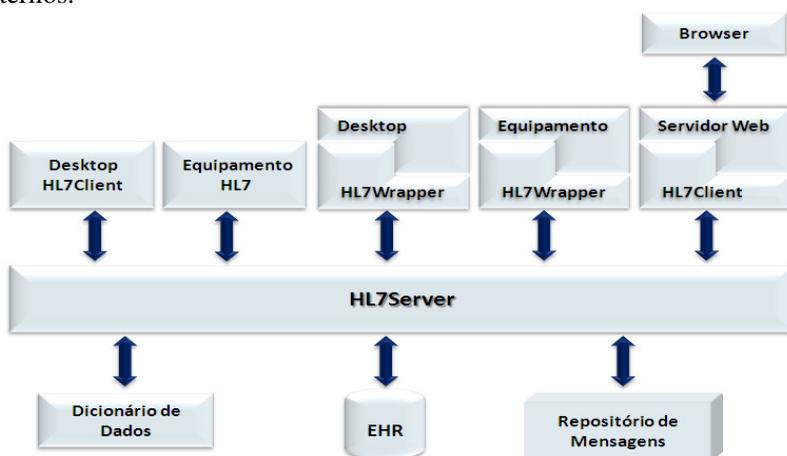


Figura 12. Arquitetura do *HL7Middleware*

4.6 Funcionamento

O *HL7Server* tem a função de receber uma mensagem HL7 de um sistema cliente com uma solicitação de uma interação (um tipo de ação e com seus dados correspondentes) para que possam ser processados em um banco de dados. Essa solicitação pode ser proveniente de sistemas pertencentes à própria instituição de saúde, bem como sistemas de instituições diversas que estejam interessadas em adquirir informações sobre o prontuário eletrônico de um paciente. Além disso, é prevista a recuperação de informações de dispositivos médicos que enviem mensagens no formato HL7 versão 3.

O processamento realizado pelo servidor HL7 ao receber uma mensagem e pelos sistemas clientes ao enviar uma mensagem HL7 ao

HL7Server, e a forma de comunicação entre o *HL7Server* e sistemas clientes são apresentados a seguir.

4.6.1 Interação Servidor

Para iniciar o processamento de uma solicitação, o *HL7Server* realiza uma análise léxica e sintática da mensagem recebida para verificar se a mesma está correta. Para mensagens inválidas, o *HL7Server* envia uma mensagem de erro para o sistema cliente indicando que a mensagem está incorreta e não pode ser processada.

De posse de uma mensagem válida, o *HL7Server* identifica o tipo de mensagem que está sendo recebida. As mensagens HL7 possuem um elemento para informar qual a interação que está sendo requerida. Mediante esta identificação, é possível distinguir qual *stored procedure* deve ser executada, quais campos devem ser capturados da mensagem recebida e que serão usados como parâmetros na chamada da *stored procedure*. Para isto, torna-se necessário construir um mapeamento de mensagens – o Dicionário de Dados – onde para cada mensagem suportada pelo *HL7Server* haverá um mapeamento correspondente.

Para realizar este mapeamento o *HL7Server* utiliza um documento XML que contém informações referentes aos elementos de uma mensagem HL7 e sua correspondência no banco de dados. Foi determinado utilizar um documento XML para evitar a dependência do *HL7Middleware* com um banco de dados. Considerando que as mensagens são associadas a eventos diferentes, para cada tipo de mensagem haverá um mapeamento diferente. A seguir serão listados os elementos necessários para mapear cada uma das mensagens:

- a) Busca – uma mensagem de busca contém os elementos: identificação da mensagem, descrição, evento, nome da *stored procedure*, identificação da mensagem de retorno, nome da mensagem *template* de retorno, número de cursores e uma lista do XPath do elemento e um nome amigável para o elemento.
- b) Retorno – uma mensagem de retorno de busca apresenta os elementos: identificação da mensagem, descrição, evento, XPath do elemento que pode ser repetido para mensagens que retornam mais de uma tupla, XPath do elemento que deve ser removido para mensagens que não retornam valores, e uma lista do XPath do elemento e nome do campo correspondente no banco de dados.

- c) Inserção, exclusão e alteração apresentam os elementos: identificação da mensagem, descrição, evento, nome da *stored procedure*, identificação da mensagem de confirmação, nome da mensagem *template* de confirmação, identificação da mensagem de negação, nome da mensagem *template* de negação, e uma lista do XPath do elemento e um nome amigável para o elemento.
- d) Confirmação e negação contêm os elementos: identificação da mensagem, descrição, evento, e uma lista do XPath do elemento e nome do campo correspondente no banco de dados que serão retornados na mensagem.

As informações de mapeamento são lidas uma única vez e carregadas para a memória do servidor. Assim que for necessário inserir uma nova mensagem no Dicionário de Dados, uma mensagem especial é enviada para o *HL7Server* iniciar uma nova leitura do documento XML que contém informações sobre mapeamentos de mensagens.

De acordo com o mapeamento obtido, o *HL7Server* inicia o processo para capturar as informações da mensagem recebida e preencher os parâmetros da *stored procedure* associada para posteriormente executar a operação no banco de dados.

Para mensagens de inclusão, exclusão ou alteração, e dependendo da resposta obtida após o processamento da *stored procedure* pelo banco de dados, o *HL7Server* irá localizar a mensagem de resposta correspondente: mensagem de confirmação ou mensagem de negação no Repositório de Mensagens.

Para mensagens de busca existe apenas uma mensagem correspondente também armazenada no Repositório de Mensagens, porém dependendo da quantidade de tuplas retornadas pelo banco de dados pode ser necessário inserir novos elementos ou ainda excluir elementos na mensagem *template* de retorno da busca. Esse procedimento é realizado antes de iniciar a composição da mensagem de retorno.

Com a obtenção da mensagem *template* para resposta apropriada, o *HL7Server* inicia o processo de substituição dos valores dos elementos indicados no Dicionário de Dados por valores recuperados do banco de dados. Depois de preenchidos todos os elementos de uma mensagem de resposta como cabeçalho, informações adicionais e valores provenientes do banco de dados, o *HL7Server* encaminha a mensagem resultante para o sistema cliente solicitante.

O Anexo A apresenta como exemplo, duas mensagens HL7: uma mensagem para solicitar o cadastramento de um paciente e uma mensagem para confirmar o cadastramento deste paciente.

4.6.2 *Interação Cliente*

Sempre que for necessário realizar uma operação que envolva acesso ao banco de dados, o sistema cliente deve localizar a mensagem *template* que represente esta ação e inserir valores adequados conforme instruções encontradas na mensagem *template*.

Com a mensagem HL7 corretamente preenchida, o sistema cliente deve obter as configurações para se conectar ao *HL7Server*. Depois de estabelecida a conexão o sistema cliente pode enviar a mensagem e aguardar uma resposta do *HL7Server*.

Conforme mencionado anteriormente, o servidor de mensagens enviará uma mensagem de resposta também no formato HL7, portanto, é responsabilidade do sistema cliente, extrair as informações da mensagem recebida.

4.6.3 *Comunicação Cliente - Servidor*

O padrão HL7 não especifica o meio de transmissão das mensagens HL7. Sugere apenas implementação do padrão usando ebXML (framework para comércio eletrônico baseado em XML e SOAP, utiliza protocolo HTTP), *WebService* (baseado em XML, SOAP, WSDL e UDDI, utiliza protocolo HTTP) ou MLLP (protocolo de baixo nível que utiliza *sockets* TCP/IP).

Portanto, a escolha dos protocolos usados nas camadas de transporte e de rede é de responsabilidade do implementador. Depois de realizar uma comparação sobre os principais protocolos, decidiu-se que a forma de comunicação entre os sistemas clientes e o *HL7Server* será realizada através de *sockets* TCP/IP devido a sua leveza.

A arquitetura suportada pelo *HL7Server* permite que a conexão seja estabelecida por meio de *sockets* tradicionais (sem criptografia) ou por *sockets* seguros (com criptografia). O uso de *sockets* seguros é recomendado, uma vez que os dados de pacientes contêm informações sigilosas que não devem ser capturadas por usuários não autorizados, exigindo assim uma medida de segurança ao trafegar dados pela rede.

Outra medida de segurança para evitar que informações de saúde possam ser acessadas por usuários não autorizados foi implementar um protocolo de comunicação. Este protocolo tem o objetivo de validar o

usuário ou sistema solicitante para que somente sejam acessadas informações liberadas para determinado perfil. Dessa forma, o sistema solicitante, primeiramente envia uma mensagem via sockets para o *HL7Server* com sua identificação e informações gerais da mensagem HL7, para que em seguida, (se reconhecido e autorizado pelo *HL7Server*) possa enviar a mensagem HL7 propriamente dita.

4.7 Implementação de Mensagens no *HL7Middleware*

Depois de assimilar o mecanismo de composição das mensagens HL7, iniciou-se o processo de desenvolvimento das mensagens que atendessem as especificações dos sistemas do Grupo Cyclops. Para o desenvolvimento das mensagens suportadas pelo *HL7Server*, foram seguidas muitas das recomendações enunciadas na seção 3.5. Mediante a definição do sistema alvo, iniciou-se a análise dos requisitos para posteriormente desenvolver as mensagens apropriadas.

O sistema escolhido inicialmente para compartilhar informações de saúde foi o Portal de Telemedicina devido ao elevado número de acessos e à quantidade de informações de saúde disponibilizadas. Assim, tornou-se necessário conhecer as mensagens HL7 que apresentam definições para o compartilhamento do diagnóstico de imagens de pacientes.

Para manipular informações referentes ao diagnóstico de imagens, a organização HL7 possui um Grupo de Interesse denominado *Image Integration* que é responsável pelo desenvolvimento de estratégias de integração dos padrões DICOM e HL7. No *ballot* de janeiro de 2007 (HL7 BALLOT, 2007) era encontrado o domínio *Diagnostic Imaging* que apesar de ser uma versão considerada como rascunho, já apresentava um conjunto de mensagens disponíveis. No entanto, não houve continuidade no aprimoramento do domínio e o mesmo foi retirado em maio de 2007. Um novo domínio para integração de imagens está sendo projetado desde o *ballot* de setembro de 2007, porém ainda não há nenhum documento formalmente disponível.

Implementar um padrão que ainda se encontra em processo de desenvolvimento é um risco, pois através de uma observação superficial é possível constatar que ocorrem modificações de uma votação para outra. Portanto, deve ser considerado que novos campos podem ser incluídos nas mensagens, outros substituídos, e até mensagens podem ser substituídas por novas mensagens.

Embora o padrão HL7 não esteja completamente aprovado, é possível utilizá-lo, uma vez que o cerne dos esquemas de mensagens já está

definido. Assim, para o modelo em camadas proposto aqui, foram utilizadas as definições presentes no *ballot* de janeiro de 2007 (HL7 BALLOT, 2007), data em que se iniciou o desenvolvimento do servidor de mensagens.

Como o *HL7Middleware* amplia as funções de um padrão para interoperabilidade na saúde, durante a análise das mensagens previamente definidas pelo HL7, verificou-se que nem sempre existem mensagens totalmente compatíveis com os campos de um banco de dados de um sistema de informação de saúde. Nestes casos, torna-se necessário adaptar algumas mensagens predefinidas pelo HL7 incluindo novos campos. Em outras situações, devido à particularidade de algum sistema hospitalar, pode ser preciso desenvolver novas mensagens. No entanto, as mensagens novas e/ou adaptadas devem ser desenvolvidas seguindo a mesma estrutura usada pelo HL7 na definição de suas mensagens. Portanto, devem ser utilizados os modelos de informação e os tipos de dados estabelecidos pelo HL7 de modo a manter uma espécie de compatibilidade com o padrão HL7.

4.8 Validação

Com a finalidade de testar a viabilidade, abrangência e performance do *HL7Middleware*, foram realizados testes de desempenho com dados provenientes de exames de imagem registrados no Portal de Telemedicina da RCTM.

Com o objetivo de avaliar a viabilidade do *HL7Middleware* em relação ao esforço de desenvolvimento por parte de sistemas legados, foi monitorado o custo de implementação, implantação e testes de um *wrapper* para a integração do Sistema de Administração Hospitalar ao Portal de Telemedicina no HU/UFSC. Foi monitorado o custo de desenvolvimento de um novo sistema utilizando o envio de mensagens como forma de se comunicar com o banco de dados. Além disso, também foi mensurado o tempo de desenvolvimento de um componente HL7, ou seja, uma biblioteca que permite o envio e recebimento de mensagens HL7.

4.8.1 Configuração dos testes de desempenho

Para mensurar o desempenho da arquitetura proposta pelo *HL7Middleware* foram construídos dois sistemas web que simulam o comportamento do Portal de Telemedicina para a apresentação de laudos, imagens e dados de pacientes.

O primeiro sistema é uma versão simplificada do Portal de Telemedicina, onde as solicitações de informações sobre exames são enviadas diretamente para o banco de dados. A implementação deste

sistema foi necessária para isolar qualquer outro processamento paralelo que o Portal de Telemedicina normalmente realiza (validação de usuário, renderizações de imagens, entre outros). As operações realizadas durante este processo foram computadas para posteriormente comparar com a utilização do *HL7Middleware*.

Em contrapartida, o segundo sistema utiliza a arquitetura do *HL7Middleware*. Para receber as informações referentes aos exames, foram enviadas mensagens HL7 contendo a identificação do exame a ser buscado para o *HL7Server*. Após o recebimento da resposta pelo sistema cliente, foi medido o *overhead* produzido pelo uso do *HL7Middleware*.

Para mensurar o tempo de latência decorrido na transmissão das mensagens HL7 e na comunicação tradicional entre banco de dados e sistemas, foram enviadas 100 solicitações de informações sobre exames de imagem com uso do *HL7Middleware* e 100 solicitações destes mesmos exames foram enviadas diretamente ao banco de dados. Nos dois casos, as solicitações foram realizadas durante horário comercial, existindo, portanto, acesso concorrente ao banco de dados e a rede.

Para verificar o comportamento do *HL7Middleware* selecionou-se quatro modalidades de exames de imagens: tomografia computadorizada, medicina nuclear, eletrocardiograma e endoscopia. Para cada modalidade, foram escolhidos exames que apresentavam o mesmo número de imagens, porém o tamanho das imagens pode diferir. A Tabela 1 mostra as características dos exames utilizados nos testes de performance.

Tabela 1. Modalidade e características dos exames

Modalidade	Número de exames	Número de imagens	Tamanho médio das imagens em kB
Tomografia Computadorizada	25	48	7 a 100
Medicina Nuclear	25	6	50 a 100
Eletrocardiograma	25	2	400 a 700
Endoscopia	25	2	36

Para mensurar o tempo gasto durante o envio e recuperação de mensagens HL7 com o uso do *HL7Middleware* foi computado o tempo decorrido em seis etapas:

- a) Criar *socket* – criação e configuração de objetos utilizados para a conexão com o *HL7Server*;
- b) Conectar *HL7Server* – mensurado o tempo para estabelecer conexão com o *HL7Server*;
- c) Enviar mensagem – incluso o tempo para compor a mensagem com as informações de qual exame será buscado e posterior envio da mensagem;
- d) Receber mensagem – tempo decorrido até o recebimento da mensagem de resposta;
- e) Processar XML – compreende o tempo para realizar a extração das informações da mensagem recebida;
- f) Download de imagens – quando o *HL7Server* recupera do banco de dados um campo do tipo base64, ele decodifica o valor obtido para o formato binário e cria um arquivo em uma pasta acessível pelos sistemas clientes. Em seguida, acrescenta na mensagem de retorno a localização do arquivo binário gerado. Assim, foi mensurado o tempo para que o sistema cliente crie arquivos localmente, após realizar o download do arquivo gerado pelo *HL7Server*.

Para comparar o tempo de processamento sem uso do *HL7Middleware*, foi calculado o tempo médio em quatro etapas distintas:

- a) Conectar banco de dados – tempo de criação de uma conexão com o banco de dados;
- b) Executar *Query* – decorrente do tempo de processamento da consulta SQL no banco de dados que retorna os dados sobre os exames de imagens;
- c) Decodificar Imagem – como as imagens dos exames são armazenadas no banco de dados no formato base64, para que possam ser exibidas no Portal de Telemedicina é necessário recodificá-las para o formato binário, portanto o tempo decorrido neste processamento foi mensurado;
- d) Download Imagem – tempo para a criação de um arquivo local para cada imagem a partir da decodificação da imagem obtida do banco de dados.

Os testes de performance também foram realizados levando em consideração possíveis velocidades de conexão de sistemas clientes, ainda mais que o *HL7Middleware* poderá ser acessado por clientes web distribuídos na Rede Catarinense de Telemedicina em municípios com larguras de banda distintas.

Para verificar a influência da latência de rede, decidiu-se simular quatro possíveis velocidades de conexão de sistemas clientes: 128 kbps, 400 kbps, 1 Mbps (1.024 kbps) e 1 Gbps (1.048.576 kbps). Para isto, instalou-se um sistema que atua como um limitador da largura de banda nos computadores que irão enviar solicitações de informações de pacientes, tanto com uso do *HL7Middleware* quanto com o acesso direto ao banco de dados.

Para simular o ambiente real, o *HL7Server* foi instalado no computador que contém o servidor web do Portal de Telemedicina, com isto os tempos de acesso ao banco de dados serão equivalentes. As métricas referentes ao uso do *HL7Middleware* com largura de banda de 128 kbps, 400 kbps e 1 Mbps foram capturadas de um mesmo computador. Já para medir o tempo de acesso ao banco de dados sem o *HL7Middleware*, cada modalidade de exame foi processada em um computador diferente. Para calcular a carga de processamento do *HL7Middleware* as solicitações de informações de exames de imagem (com e sem o *HL7Middleware*) foram enviadas de um mesmo computador sem limitação da largura de banda, ou seja, 1 Gbps.

4.8.2 *Processo de desenvolvimento e implantação no HU/UFSC*

Para demonstrar que o *HL7Middleware* permite a integração de sistemas heterogêneos, a arquitetura do *HL7Middleware* está sendo utilizada para integrar dois sistemas utilizados no HU/UFSC: o Sistema de Administração Hospitalar (SAH) e o Portal de Telemedicina. O SAH é o sistema do HU/UFSC que contempla o maior número de serviços de saúde, e é desenvolvido em uma linguagem de programação cujo suporte foi descontinuado. O Portal de Telemedicina é o sistema utilizado pelo setor de radiologia para realização de exames de imagem.

Em um primeiro momento, o SAH enviará somente os dados demográficos dos pacientes que agendaram exames radiológicos. Através do envio de mensagens do *HL7Middleware*, os dados desses pacientes serão armazenados no banco de dados do Portal de Telemedicina. Com isso, evita-se que o cadastro de pacientes tenha que ser inserido manualmente no sistema Portal de Telemedicina do HU/UFSC.

Para implementar a transmissão e recebimento de mensagens no SAH foi necessário desenvolver um *wrapper* para permitir a conexão com o *HL7Server*, pois a linguagem Centura, utilizada no desenvolvimento do SAH não oferece suporte a *sockets*. A Fig. 13 mostra a arquitetura utilizada para a integração entre o SAH e o Portal de Telemedicina no HU/UFSC

através do *HL7Middleware*.

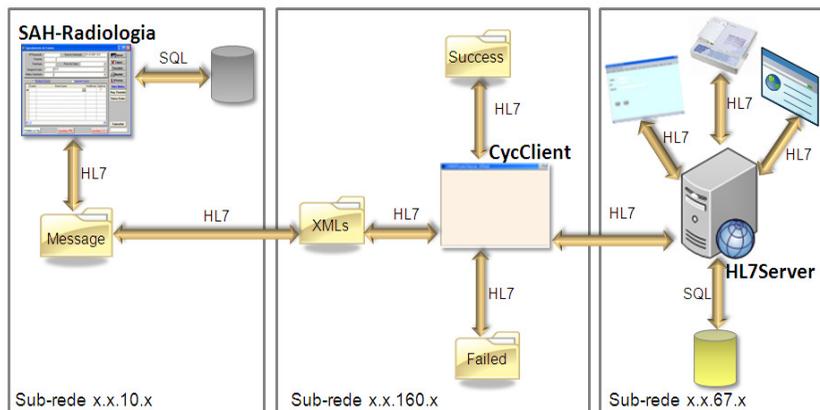


Figura 13. Integração do SAH e Portal de Telemedicina no HU/UFSC

O processo de implantação do envio e recuperação de mensagens através do uso do *HL7Middleware* envolveu oito etapas:

- Compor mensagem – a linguagem Centura também apresenta outra deficiência: não tem suporte a manipulação de documentos XML como XPath. Sendo assim, foram utilizadas funções comuns de manipulação de arquivo para buscar e repassar caracteres de uma mensagem HL7 *template* com os valores apropriados (dados demográficos de pacientes, identificação única da mensagem, data de criação da mensagem, entre outros) em tempo de execução;
- Codificar mensagem – a mensagem *template* utilizada para o teste de integração entre SAH e Portal de Telemedicina, é uma mensagem para solicitar inclusão de dados de pacientes já armazenados no banco de dados do SAH. Durante o processo de substituição de caracteres da mensagem *template*, verificou-se incompatibilidade entre a codificação do banco de dados utilizado pelo sistema SAH e a codificação padrão das mensagens HL7. O banco de dados do SAH utiliza a codificação CP-850 para armazenar informações, enquanto que as mensagens HL7 utilizam UTF-8. Por isso, é necessário que o SAH substitua os valores da mensagem *template* com os valores recuperados do banco de dados, para em seguida, executar um sistema externo responsável pela conversão dos

- caracteres da mensagem gerada para UTF-8;
- c) Salvar mensagens – como a linguagem Centura não possui API para manipulação de *sockets*, tornou-se necessário criar uma pasta acessível na rede interna do HU/UFSC para armazenar temporariamente as mensagens geradas pelo SAH.
 - d) Transferir mensagens – para a implantação do *HL7Middleware* foi necessário tomar algumas medidas para enviar as mensagens para o *HL7Server* tendo em vista a segurança das informações trafegando em redes distintas. Foi criado um script para mover as mensagens entre as redes internas do HU/UFSC, ou seja, as mensagens são criadas pelo SAH na pasta “Message” da rede x.x.10.x e em um determinado intervalo de tempo (configurado para 10 minutos) são transferidas para a rede x.x.160.x na pasta “XMLs”;
 - e) Recuperar mensagem – devido às deficiências apresentadas pela linguagem Centura, foi desenvolvido um sistema cliente - o *CycClient* – que tem como uma de suas atribuições atuar como um *wrapper*, ou seja, para recuperar mensagens de um repositório, transmiti-las para o *HL7Server* e receber mensagens de resposta do processamento. Este sistema foi instalado em um servidor localizado na rede interna do HU/UFSC (x.x.160.x) e que tem permissão de acessar a rede de telemedicina (x.x.67.x) onde está localizado o *HL7Server*;
 - f) Transmitir mensagem – o sistema *CycClient* monitora constantemente uma pasta (“XMLs”) que recebe as mensagens geradas pelo SAH. Quando for constatada a presença de uma mensagem nesta pasta, o *CycClient* realiza uma análise sintática da mensagem para verificar sua consistência, estabelece uma conexão via *sockets* com o *HL7Server* e então envia a mensagem;
 - g) Avaliar mensagem recebida – assim que receber uma mensagem HL7 de resposta do *HL7Server* via *sockets*, o *CycClient* verifica o tipo de mensagem recebida. Dependendo do conteúdo da mensagem retornada pelo *HL7Server*, a mensagem pode ser armazenada em pastas diferentes: as mensagens que foram processadas corretamente pelo *HL7Server* são armazenadas na pasta “Success”, enquanto que as mensagens que retornaram erro são armazenadas na pasta

"Failed";

- h) Capturar informações da mensagem recebida – como a implantação do *HL7Middleware* no HU/UFSC é um projeto piloto, com o objetivo inicial de enviar apenas mensagens que inserem informações no sentido SAH - Portal de Telemedicina, as mensagens de retorno enviadas pelo *HL7Server* ainda não estão sendo analisadas pelo SAH.

4.8.3 *Desenvolvimento e utilização de uma biblioteca HL7*

Com o objetivo de agilizar o desenvolvimento e integração de sistemas de saúde legados, implementou-se um componente HL7 - uma biblioteca responsável pelo envio e recebimento de mensagens HL7. Dessa forma, um sistema de saúde deve localizar e substituir elementos indicados em uma mensagem *template*, e então usar as funções disponibilizadas pela biblioteca para se comunicar com o *HL7Server*. Para testar as funcionalidades da biblioteca desenvolveu-se um sistema que simula o comportamento do Dicomizer para inserir um exame de imagem no banco de dados do Portal de Telemedicina. Para avaliar o custo de implantação, foi medido o tempo de desenvolvimento de uma biblioteca HL7, o tempo necessário para que um sistema legado utilize suas funcionalidades e o tempo para que um sistema legado componha e recupere informações de uma mensagem HL7.

5 RESULTADOS

5.1 Análise de Performance

As métricas de desempenho foram obtidas computando-se o tempo médio em segundos com o uso e sem o uso do *HL7Middleware* para recuperar informações de cem exames de imagens, divididos em quatro modalidades de exames: tomografia computadorizada, medicina nuclear, eletrocardiograma e endoscopia. Além disso, para cada modalidade de exame foi simulado velocidades de conexão diferentes limitando-se a largura de banda em 128 kbps, 400 kbps, 1 Mbps e 1 Gbps.

A Tabela 2 mostra o resultado obtido em segundos com o uso do *HL7Middleware* desde a criação de *sockets* até a recuperação das imagens dos exames, levando em consideração a modalidade de exame e largura de banda.

Tabela 2. Métricas de acesso com *HL7Middleware* em segundos

Modalidade	Etapa	Largura de Banda			
		128 kbps	400 kbps	1 Mbps	1 Gbps
Tomografia Computadorizada	Criar <i>socket</i>	0,000002	0,000529	0,000002	0,000133
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,002963	0,002370	0,004282	0,000079
	Enviar mensagem	0,000007	0,000007	0,000007	0,000007
	Receber mensagem	3,294565	3,186885	3,186657	0,306276
	Processar XML	0,000211	0,000201	0,000197	0,000280
	<i>Download</i> imagem	16,366319	5,192431	2,112600	0,198679
	Total	19,664067	8,382423	5,303745	0,505454
Desvio Padrão		6,832393	2,386326	1,498265	1,345972
Medicina Nuclear	Criar <i>socket</i>	0,000002	0,000002	0,000258	0,000131
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,003994	0,002916	0,003629	0,000079
	Enviar mensagem	0,000007	0,000009	0,000007	0,000008
	Receber mensagem	1,910650	1,795920	1,752211	0,175814
	Processar XML	0,000198	0,000095	0,000094	0,000160
	<i>Download</i> imagem	6,685612	2,122201	0,852183	0,025943
	Total	8,600463	3,921143	2,608382	0,202135
Desvio Padrão		3,558281	1,281106	0,812367	0,997524

Eletrocardiograma	Criar <i>socket</i>	0,000003	0,000003	0,000003	0,000132
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,002423	0,002928	0,002906	0,000087
	Enviar mensagem	0,000007	0,000007	0,000007	0,000007
	Receber mensagem	1,903798	1,750485	1,821937	0,173924
	Processar XML	0,000087	0,000090	0,000088	0,000148
	<i>Download</i> imagem	8,106846	2,590228	1,034500	0,008458
	Total	10,013164	4,343741	2,859441	0,182756
Desvio Padrão		3,124182	1,154883	0,816186	0,738578
Endoscopia	Criar <i>socket</i>	0,000002	0,000002	0,000003	0,000133
	Conectar <i>HL7Server</i>	0,003692	0,003859	0,003160	0,000079
	Enviar mensagem	0,000007	0,000007	0,000007	0,000007
	Receber mensagem	0,931539	0,655357	0,618036	0,116185
	Processar XML	0,000082	0,000082	0,000084	0,000148
	<i>Download</i> imagem	0,422735	0,126052	0,052662	0,008518
	Total	1,358057	0,785359	0,673952	0,125070
Desvio Padrão		0,404314	0,271811	0,261880	0,260889

Para comparar o tempo de processamento sem do *HL7Middleware*, foi calculado o tempo médio em segundos para conectar o banco de dados, processar uma consulta SQL no banco de dados, decodificar o campo que contém as imagens e gerar imagens. A Tabela 3 mostra as métricas obtidas durante estas etapas variando-se a modalidade de exame e largura de banda.

Tabela 3. Métricas do acesso ao banco de dados tradicional em segundos

Modalidade	Etapa	Largura de Banda			
		128 kbps	400 kbps	1 Mbps	1 Gbps
Tomografia Computadorizada	Conectar BD	0,001249	0,002032	0,001824	0,001312
	Executar <i>Query</i>	47,066350	15,273940	6,632303	0,077883
	Decodificar imagem	0,007748	0,007654	0,007651	0,002690
	<i>Download</i> imagem	0,074767	0,046525	0,029199	0,009371

	Total	47,150114	15,330151	6,670977	0,091256
	Desvio Padrão	23,472090	7,596742	3,308738	0,032092
Medicina Nuclear	Conectar BD	0,002133	0,002339	0,002377	0,001172
	Executar <i>Query</i>	18,926183	6,020272	2,415422	0,041390
	Decodificar imagem	0,002922	0,002887	0,002869	0,001114
	<i>Download</i> imagem	0,001202	0,001183	0,001209	0,001496
	Total	18,932440	6,026681	2,421877	0,045172
	Desvio Padrão	12,125097	3,886243	1,577222	0,022834
Eletrocardiograma	Conectar BD	0,001981	0,001948	0,001982	0,001356
	Executar <i>Query</i>	23,065105	7,326917	2,958817	0,044270
	Decodificar imagem	0,005700	0,005697	0,005709	0,001344
	<i>Download</i> imagem	0,001111	0,001155	0,001138	0,000879
	Total	23,073897	7,335717	2,967646	0,047849
	Desvio Padrão	10,510703	3,336869	1,349116	0,016712
Endoscopia	Conectar BD	0,001463	0,001198	0,001243	0,001576
	Executar <i>Query</i>	1,003125	0,280023	0,075404	0,003831
	Decodificar imagem	0,000064	0,000063	0,000063	0,000063
	<i>Download</i> imagem	0,000301	0,000295	0,000300	0,000327
	Total	1,004953	0,281579	0,077010	0,005797
	Desvio Padrão	0,593625	0,167753	0,048993	0,002047

A Tabela 4 mostra a comparação final entre o uso do *HL7Middleware* e o acesso tradicional ao banco de dados (sem *HL7Middleware*) organizado por modalidade de exame e variação da largura de banda.

Tabela 4. Tempo médio de processamento em segundos

Modalidade	Largura de Banda	Com <i>HL7Middleware</i>	Sem <i>HL7Middleware</i>	Diferença	Razão
Tomografia Computadorizada	128 kbps	19,66	47,15	-27,49	0,42
	400 kbps	8,38	15,33	-6,95	0,55
	1 Mbps	5,30	6,67	-1,37	0,80
	1 Gbps	0,51	0,09	0,41	5,54
Medicina Nuclear	128 kbps	8,60	18,93	-10,33	0,45
	400 kbps	3,92	6,03	-2,11	0,65
	1 Mbps	2,61	2,42	0,19	1,08
	1 Gbps	0,20	0,05	0,16	4,47
Eletrocardiograma	128 kbps	10,01	23,07	-13,06	0,43
	400 kbps	4,34	7,34	-2,99	0,59
	1 Mbps	2,86	2,97	-0,11	0,96
	1 Gbps	0,18	0,05	0,13	3,82
Endoscopia	128 kbps	1,36	1,00	0,35	1,35
	400 kbps	0,79	0,28	0,50	2,79
	1 Mbps	0,67	0,08	0,60	8,75
	1 Gbps	0,13	0,01	0,12	21,57

O Gráfico 1 mostra o desempenho do uso *HL7Middleware* e do sistema que simula o comportamento de um sistema real para acessar o banco de dados (sem *HL7Middleware*) para recuperar informações de exames. Nos dois casos, são apresentados os tempos médios obtidos em segundos para processar 25 exames de imagem de cada modalidade de exame, variando-se a configuração da largura de banda para 128 kbps, 400 kbps e 1 Mbps.

O Gráfico 2 mostra o tempo médio em segundos para processar cem exames de imagens com *HL7Middleware* e os mesmos cem exames de imagens sem o uso do *HL7Middleware* de acordo com variações na largura de banda. Este gráfico também apresenta a razão entre uso do *HL7Middleware* e o acesso direto ao banco de dados (sem *HL7Middleware*).

O tempo médio gasto com o processamento de mensagens HL7 em cada modalidade de exame e com o acesso direto ao banco de dados pode ser observado no Gráfico 3. Para medir este tempo, a largura de banda não foi limitada, portanto, foi utilizada a mesma velocidade alcançada entre a conexão do *HL7Server* e o banco de dados que é de 1 Gbps.

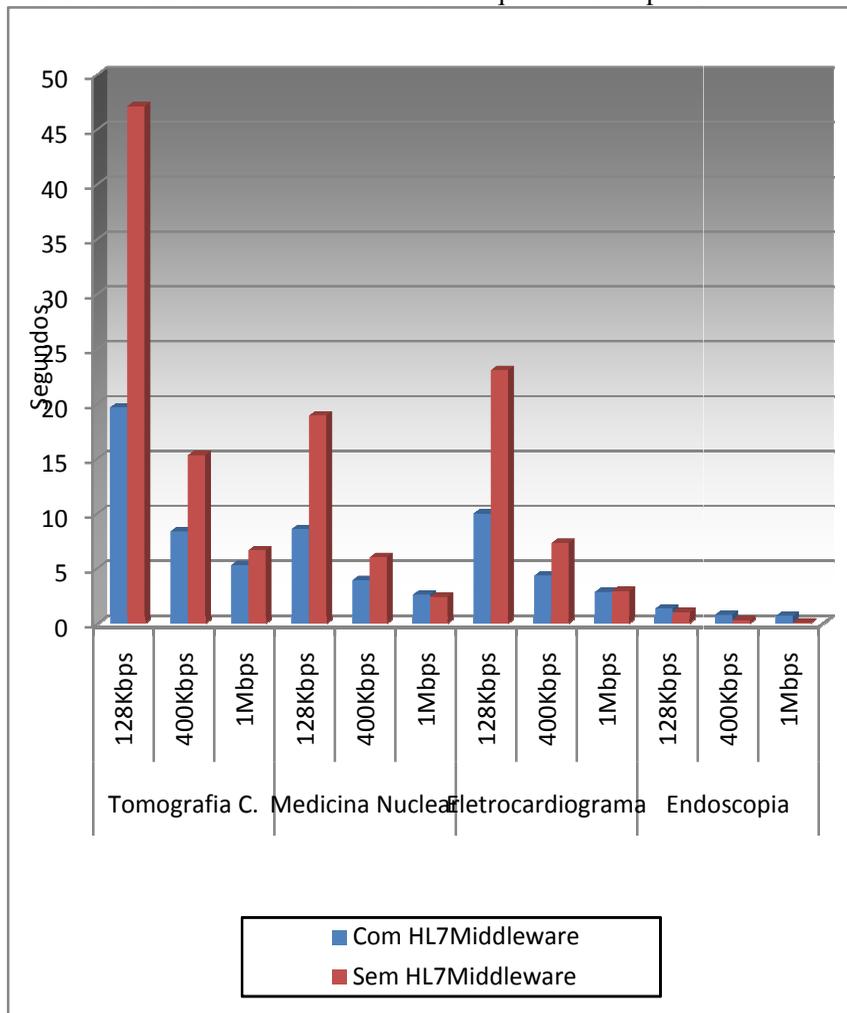


Gráfico 1. Tempo de processamento com e sem uso do *HL7Middleware* por largura de banda e modalidade de exame

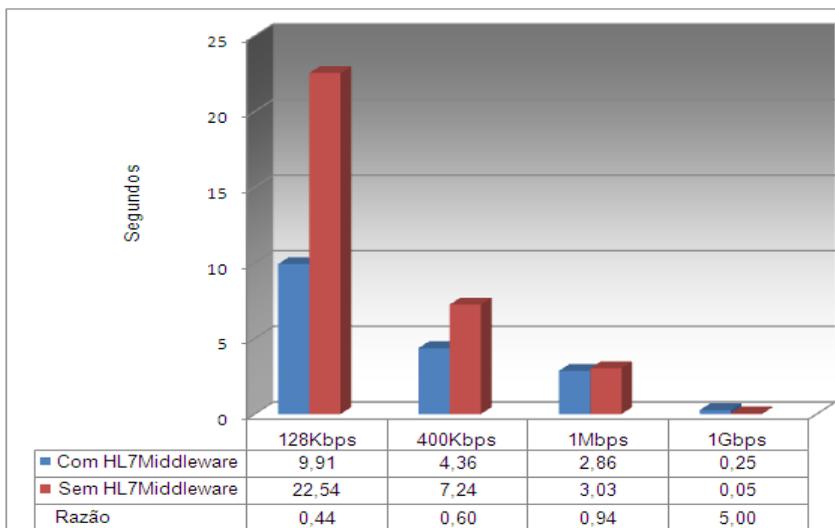


Gráfico 2. Relação entre o uso do *HL7Middleware* e acesso direto ao banco de dados por largura de banda

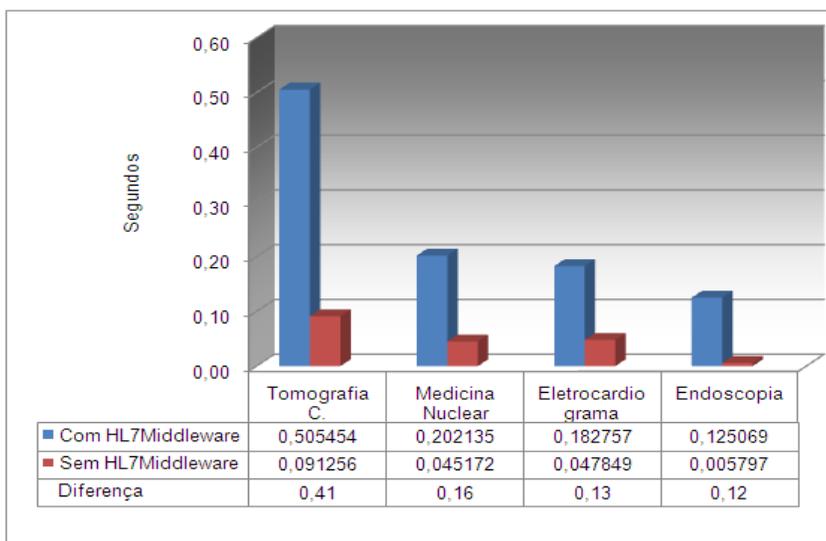


Gráfico 3. Diferença de processamento do *HL7Middleware* por modalidade de exame

5.2 Custos de Desenvolvimento e Implantação

Monitorou-se o esforço de desenvolvimento e implantação tanto de sistemas legados para a utilização do *HL7Middleware*, quanto o custo envolvido na concepção do próprio *HL7Middleware* do ponto de vista do servidor de mensagens e seus componentes.

5.2.1 Sistemas de saúde legados

Com o objetivo de conhecer o esforço de desenvolvimento necessário para que um sistema de saúde utilize a abordagem proposta pelo *HL7Middleware*, toda a atividade resultante do processo de desenvolvimento de sistemas de saúde foi monitorada através de técnicas-padrão de medição de *software*.

Conforme mencionado, para integração do SAH ao Portal de Telemedicina utilizados no HU/UFSC foi necessário a composição de mensagens na linguagem de programação Centura e o desenvolvimento de um *wrapper* (implementado na linguagem de programação C++) para que o SAH pudesse enviar mensagens HL7. Sendo assim, o tempo total de desenvolvimento desta integração foi de 186 homens/horas incluindo as fases de análise de requisitos, projeto, implementação, testes, implantação e para a composição de mensagens.

Para o desenvolvimento do sistema utilizado nos testes de performance, um sistema web em PHP que implementa o envio de mensagens no próprio código, isto é, implementa as principais funcionalidades exigidas pelo uso do *HL7Middleware* como a composição, envio e recebimento de mensagens via sockets, além do processamento do XML retornado pelo *HL7Server*, foi gasto 30 homens/horas.

O tempo total de desenvolvimento de uma biblioteca em C++ que implementa a comunicação com o *HL7Server* e da composição de mensagens específicas para serem utilizadas em uma versão futura do sistema Dicomizer foi de 46 homens/horas.

A Tabela 5 apresenta o esforço de desenvolvimento considerando o sistema, tipo de integração, custo envolvido em cada etapa e esforço total em homens/hora.

Tabela 5. Esforço de desenvolvimento de sistemas de saúde em homens/hora

Sistema	Tipo	Detalhes	Total
SAH	Sistema legado e <i>HL7Wrapper</i>	<ul style="list-style-type: none"> – 4 h/h análise de requisitos e projeto de integração SAH e Portal – 150 h/h projeto, implementação e testes do CycClient – 20 h/h composição de mensagens (solicitar adição de pacientes) – 12 h/h implantação e testes de integração entre SAH e Portal 	186 h/h
Portal	Sistema <i>HL7Client</i>	<ul style="list-style-type: none"> – 20 h/h projeto, implementação e testes do Portal usado nos testes de performance – 10 h/h composição de mensagens (buscar exames de imagens de pacientes) 	30 h/h
Dicomizer	Sistema legado e biblioteca	<ul style="list-style-type: none"> – 28 h/h análise de requisitos, projeto, implementação e testes da biblioteca – 2 h/h uso da biblioteca – 16 h/h composição mensagens (solicitar adição de exames de imagem de pacientes) 	46 h/h

5.2.2 Servidor de mensagens e componentes

O projeto de desenvolvimento do *HL7Middleware* envolvendo os componentes *HL7Server*, Dicionário de Dados, Repositório de Mensagens e *Stored Procedures* no banco de dados também foi computado.

Para especificar as mensagens suportadas pelo *HL7Server*, mediu-se o tempo necessário para localizar as mensagens na documentação do padrão HL7 de acordo com objetivos de cada sistema de saúde, definir mensagens *template* que são armazenadas no Repositório de Mensagens, definir *stored procedures*, registrar no Dicionário de Dados o mapeamento dos elementos de cada mensagem com os correspondentes campos do banco de dados e realizar testes de envio e recebimento das mensagens utilizadas.

A Tabela 6 mostra o custo envolvido durante o desenvolvimento de

mensagens HL7 para permitir a comunicação entre o sistema SAH e Portal de Telemedicina no HU/UFSC, Portal utilizado nos testes de performance e para o Dicomizer em homens/hora.

Tabela 6. Esforço de desenvolvimento de mensagens em homens/hora

Etapa	SAH	Portal	Dicomizer
Identificação de mensagens HL7	2 h/h	6 h/h	6 h/h
Preenchimento de mensagens <i>template</i>	16 h/h	22 h/h	12 h/h
Definição de <i>stored procedures</i> no banco de dados	6 h/h	30 h/h	8 h/h
Mapeamento de elementos e campos	12 h/h	12 h/h	10 h/h
Testes de envio e recebimento de mensagens	10 h/h	6 h/h	8 h/h
Total	56 h/h	76 h/h	44 h/h

O esforço total de desenvolvimento do *HL7Middleware* considerando a estratégia do servidor de mensagens é mostrado na Tabela 7. O ciclo de desenvolvimento do *HL7Middleware* é iterativo incremental. Foram realizadas quatro iterações até a apresentação deste trabalho, totalizando 2.174h/h de custo de desenvolvimento. O *HL7Server* foi desenvolvido em C++ e para a realização de testes tornou-se necessário desenvolver um cliente HL7 (em C++) gradativamente de modo acompanhar as modificações do *HL7Server*.

Tabela 7. Esforço de desenvolvimento do *HL7Middleware* em homens/hora

Etapas	Custo
Análise de requisitos do <i>HL7Middleware</i>	91 h/h
Projeto de desenvolvimento do <i>HL7Middleware</i>	106 h/h
Implementação do <i>HL7Server</i>	1.322 h/h
Testes <i>HL7Server</i>	193 h/h
Implementação do <i>HL7Client</i> usado para testar o <i>HL7Server</i>	286 h/h
Definição de mensagens para SAH, Portal e Dicomizer	176 h/h
Total	2.174 h/h

6 DISCUSSÃO

O resultado dos testes de performance do *HL7Middleware* indica que quando o usuário (sistema cliente) possui largura de banda inferior a 1Gbps (maior largura de banda usada para a conexão direta com o banco de dados), o tempo de recebimento de respostas é menor utilizando o *HL7Middleware* do que com o acesso direto ao banco de dados. Por exemplo, para tomografias computadorizadas usando largura de banda de 128 kbps, o acesso direto ao banco de dados é 27,49 segundos mais lento do que usando o *HL7Middleware*. A primeira vista, este fato mostrou-se surpreendente, mas pode ser explicado porque no acesso direto ao banco de dados, o volume de informações retornado pelo banco de dados é maior do que no envio de mensagens, e neste caso, sofrerá influência da largura de banda.

As mensagens HL7 de retorno enviadas pelo *HL7Server* possuem tamanhos distintos: as mensagens com informações de tomografia apresentam em média 26,6 kB, as de medicina nuclear 9,1 kB, as de eletrocardiograma 7,8 kB e as que contêm informações de exames de endoscopia 8,1 kB. Por isso, o tempo de recebimento de tomografias é maior. As endoscopias apesar de apresentarem praticamente o mesmo tamanho das mensagens de eletrocardiograma e medicina nuclear, tiveram menor tempo de recebimento devido ao menor tamanho das imagens manipuladas pelo *HL7Server*.

Para cada imagem recuperada da base de dados, o *HL7Server* converte o valor obtido (base64 para binário), gera um arquivo em um repositório acessível pelos sistemas clientes, e em seguida, acrescenta na mensagem de retorno um link para a imagem criada. Portanto, cabe ao sistema cliente acessar o link indicado na mensagem retornada pelo *HL7Server* e copiar as imagens localmente. Nestes casos, verifica-se que existe influência da largura de banda para se obter os arquivos criados pelo *HL7Server* em cada modalidade de exame. Quanto ao acesso ao banco de dados tradicional a decodificação e criação dos arquivos levam um tempo muito menor porque este processo é realizado localmente.

Os valores obtidos durante o recebimento da mensagem, evidenciados na Tabela 2, indicam que mesmo variando-se a largura de banda¹³, o tempo de recebimento das mensagens mostra-se praticamente

¹³ Os testes de performance para largura de banda de 1Gbps (com e sem *HL7Middleware*) foram realizados após uma otimização do banco de dados executada pelo DBA, portanto, os valores são discrepantes.

constante dentro de cada modalidade de exame. Desta análise, constatou-se que o tempo médio gasto com o processamento de mensagens no *HL7Server* é uniforme, portanto, possivelmente os sistemas clientes obtêm uma resposta em um intervalo de tempo similar independente da largura de banda.

Da Tabela 2, pode-se verificar que as etapas que envolvem uso da rede como a criação do *socket*, conexão com o *HL7Server* e recebimento de mensagem, apresentam variações devido a um conjunto de fatores (tráfego de rede, concorrência de acesso ao banco, entre outros) que podem influenciar no acesso a internet em um ambiente em produção (não ocioso). Este fato é comprovado, por exemplo, ao observar que o tempo de recebimento de uma mensagem de medicina nuclear foi maior, mesmo usando largura de banda maior.

É importante ressaltar que foram medidos os tempos gastos no envio de mensagens com imagens, que exceto os vídeos são os maiores dados contidos tipicamente em bases de dados de sistemas de saúde. Dessa forma, pode-se considerar que o tempo médio para recuperar informações textuais de saúde, no melhor caso leva 0,62 segundos e no pior caso 3,29 segundos (tempo medido da criação de *sockets* até o processamento do XML).

Como o *HL7Server* está conectado a rede local e possui acesso ao banco de dados à 1 Gbps, o tempo de recebimento de uma resposta é menor mesmo com o processamento extra gerado pelo envio de mensagens HL7 se comparado com o acesso direto ao banco de dados para usuários que possuem as larguras de bandas testadas (128 kbps, 400 kbps e 1 Mbps). Em termos de proporção (vide Gráfico 2), o tempo de processamento dos cem exames usando o *HL7Middleware* com largura de banda de 128 kbps é 0,44 segundos mais veloz que o acesso tradicional ao banco de dados, com 400 kbps é 0,6 segundos e com 1 Mbps é 0,94 segundos mais rápido que sem o uso do *HL7Middleware*. Por outro lado, ao submeter os mesmos exames de imagem configurando a largura de banda para 1 Gbps, constatou-se que é 5 vezes mais lento recuperar informações solicitadas através do *HL7Middleware*. Uma observação preliminar indica que o overhead do *HL7Middleware* é alto, mas em termos de segundos, o tempo de processamento extra gerado durante o envio e recebimento de mensagens HL7 variou de 0,12 segundos nas endoscopias até 0,41 segundos nas tomografias, sendo tempos praticamente imperceptíveis ao usuário.

Em relação ao esforço de desenvolvimento, a atividade de implementação no SAH apresentou um custo de 150 homens/horas porque foi construído um *wrapper* genérico – o *CycClient* - que captura arquivos

(HL7 e DICOM) criados por sistemas legados e realiza a comunicação com o servidor apropriado (*HL7Server* ou *DCMServer*). Portanto, o custo de implantação de serviços adicionais será de 32 homens/hora por serviço, um custo relativamente baixo considerando os benefícios da que a interoperabilidade proporciona.

O sistema para realizar testes de performance é um sistema web simples, porém contém todas as funcionalidades que um sistema deve implementar para utilizar o *HL7Middleware*, e mostrou que o custo total por serviço é de 30 homens/hora usando a linguagem PHP.

A utilização de uma biblioteca que apresenta funcionalidades para envio e recuperação de mensagens HL7 também facilita a incorporação de novos serviços, pois somente é necessário incluir novas mensagens e testá-las com o uso da biblioteca já desenvolvida. Reduzindo-se o esforço de desenvolvimento para 18 homens/hora.

O esforço total de desenvolvimento do *HL7Server* excluindo a composição de mensagens (específica de cada sistema cliente) foi de 1.998 homens/hora. Este custo apresentou-se alto devido aos requisitos operacionais do próprio *HL7Server*, como por exemplo, eliminar instruções SQL do código fonte, permitir inclusão de novas mensagens sem interromper seu funcionamento. Por outro lado, conforme demonstrado nos testes de performance, o desempenho do *HL7Server*, indica que este custo teve um resultado compensador. Após a finalização do desenvolvimento do *HL7Server*, a inclusão de novas mensagens, criação de *stored procedures* no banco de dados e mapeamentos levou em média 58 homens/hora. Este custo pode ser reduzido, com o aumento do nível de experiência do implementador e automatização do processo.

7 CONCLUSÃO

Definir um prontuário de pacientes único que possa ser acessado entre instituições não é uma tarefa trivial. Ainda mais em instituições de saúde que passaram por um processo de informatização desordenado, onde existem sistemas paralelos forçando redundância de informações.

Os padrões para interoperabilidade na saúde surgem com a promessa de oferecer uma maneira estruturada e parametrizada de compartilhar informações referentes ao processo de atendimento de pacientes dentro de um mesmo ambiente de saúde ou entre instituições de saúde.

Para este trabalho buscou-se uma abordagem simples, de baixo custo e que ao mesmo tempo fosse segura para reduzir o tempo gasto durante o processo de desenvolvimento e manutenção de sistemas de saúde e que permitisse ao mesmo tempo a interoperabilidade de sistemas de saúde.

Considerando que o melhor caminho para compartilhar informações é o uso de padrões para interoperabilidade, resolveu-se ir além, e usar estas mesmas descrições de dados de maneira a criar uma forma única e centralizada de requisitar informações de saúde. Para isto, projetou-se o *HL7Middleware* que utiliza a versão 3 do padrão HL7 para que sistemas de saúde solicitem e enviem informações para um banco de dados.

O *HL7Middleware* proporciona acesso transparente ao banco de dados. O desenvolvedor de sistemas não necessita conhecer a arquitetura do banco de dados, configurações de acesso, nem escrever instruções para manipular informações do banco de dados. Somente precisa ser capaz de solicitar um serviço através do envio de mensagens HL7, recuperar e capturar informações de uma mensagem HL7 enviada com a resposta do processamento no banco de dados.

A partir dos resultados obtidos nos testes de desempenho com o uso do *HL7Middleware* conclui-se que o envio de mensagens de acordo com a semântica de um padrão para interoperabilidade é uma estratégia eficiente inclusive para acessar o próprio banco de dados. Esta estratégia mostrou-se vantajosa principalmente para processar volumes de dados maiores, e ainda para usuários que possuem largura de banda inferior à velocidade de conexão entre o *HL7Server* (componente do *HL7Middleware*) e o banco de dados.

Durante a implantação do *HL7Middleware* em um ambiente real é que foram constatados problemas como incompatibilidades de codificação, presença de *firewalls* e deficiências de linguagens de programação. Por isso, o custo de desenvolvimento de uma única mensagem a princípio mostrou-se alto (186 homens/hora). No entanto, deve-se considerar que a

estrutura base foi concluída e será reutilizada assim que forem incluídos novos serviços de saúde reduzindo o custo para menos de seis vezes, ou seja, 32 homens/hora por mensagem. De modo geral, pode-se considerar que o esforço de desenvolvimento necessário para que um sistema de saúde utilize o envio e recebimento de mensagens HL7 para recuperar informações de saúde é baixo devido aos benefícios obtidos com a interoperabilidade.

O *HL7Middleware* apresenta como vantagens a independência de linguagem de programação, banco de dados e sistema operacional. Propõe a interoperabilidade de sistemas de saúde heterogêneos, permitindo disponibilizar informações de saúde de forma consistente, reduzindo erros resultantes da inclusão manual das mesmas informações em sistemas distintos, e sem a substituição dos sistemas de saúde existentes, e conseqüentemente sem o acréscimo de custos com treinamento de usuários finais; além de permitir a integração com equipamentos médicos que utilizam o padrão HL7 na versão 3. Em suma, o *HL7Middleware* permite a integração com qualquer instituição, prestadora e agência governamental de saúde que desejar compartilhar informações de pacientes, tornando assim, o prontuário eletrônico do paciente realmente completo e acessível para o profissional que presta atendimento de saúde.

REFERÊNCIAS

About HL7. Disponível em: <<http://www.hl7.org/about/>>. Acesso em: 30 março 2009.

ABNT. Disponível em:
<http://www.abnt.org.br/imagens/comites_tecnicos/Relação de CEE.pdf>.
Acesso em: 07 abril 2009.

AL-WASIL, F.M.; GRAY, W.A.; FIDDIAN, N.J. Establishing an XML metadata knowledge base to assist integration of structured and semi-structured databases. In: AUSTRALASIAN DATABASE CONFERENCE, 17, 2006, Hobart. **Proceedings...** Australian Computer Society, Inc, jan. 2006, v.49, p.69-78.

BADARD, T; RICHARD, D. Using XML for the exchange of updating information between geographical information systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, n.25, p. 17-31, 2001.

BEGOYAN, A. An overview of interoperability standards for electronic health records. In: WORLD CONFERENCE ON INTEGRATED DESIGN AND PROCESS TECHNOLOGY, 10, 2007, Antalya. **Proceedings...** United States of America: Society for Design and Process Science, jun. 2007.

BERGLUND, A. et al. **XML Path Language (XPath) 2.0:** W3C Recommendation 23 January 2007. Jan. 2007. Disponível em:
<<http://www.w3.org/TR/xpath20>>. Acesso em: 09 março 2009.

BICER, V. et al. Artemis Message Exchange Framework: Semantic Interoperability of Exchanged Messages in the Healthcare Domain. **ACM Sigmod Record**, New York: v. 34, n. 3, p.71-76, sep. 2005.

BOAG, S. et al. **XQuery 1.0: An XML Query Language:** W3C Recommendation 23 January 2007. Jan. 2007. Disponível em:
<<http://www.w3.org/TR/xquery>>. Acesso em: 09 março 2009.

CAREY, M. et al. Xperanto: publishing object-relational data as XML. In: **THIRD INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE WEB AND DATABASES**, 3, 2000. **Informal Proceedings...** Dallas, may 2000, p. 105–110.

CEN/TC 251. Disponível em: <<http://www.cen.eu>>. Acesso em: 07 abril 2009.

CEUSTERS, S W.; SMITH, B. Strategies for referent tracking in electronic health records. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 39, n. 3, p. 362-378, Jun. 2006.

CHAN, S.; DILLON T.; SIU, A. Applying a mediator architecture employing XML to retailing inventory control. **The Journal of Systems and Software**. New York: v. 60, n.3, p. 239-248, feb. 2002.

CNS. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/cartao/padroes/padroes_utilizados.asp>. Acesso em: 07 abril 2009.

COHEN, et al. Conversion of hierarchically-structured HL7 specifications to relational databases. **United States Patent Application Publication**: n. US2007/0016610 A1, jan. 2007.

COLLINS, S.R.; NAVATHE, S.; MARK, L. XML schema mappings for heterogeneous database access. **Information Software Technology**, v.44, n.4, p. 251–257, mar. 2002.

DOGAC, A. et al. Artemis: Deploying semantically enriched Web services in the healthcare domain. **Information Systems**, v.31, n. 4-5, p. 321-339, jun./jul. 2006.

FERNÁNDEZ, M.; TAN, W.-C.; SUCIU, D. SilkRoute: trading between relations and XML, **Computer Network**, v. 33, n. 1-6, p. 723-745, jun. 2000.

GOLDSCHMIDT, P.G. HIT and MIS: Evaluating the potential advantages and considering the risks associated with electronic health care records. **Communications of the ACM**. The digital society, Special Issue, v. 48, n. 10, p. 68-74, oct. 2005.

GIBBONS, P. et al. **Coming to terms: Scoping Interoperability for Health Care.** Health Level Seven. EHR Interoperability Work Group. Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.hln.com/assets/pdf/Coming-to-Terms-February-2007.pdf>>. Acesso em: 10 março 2008.

GULBRANSEN, D. Converting a DTD into a Schema. **Special edition using XML schema.** United States of America: Que, 1. ed., 2001, p. 46-52.

ISO/TC 215. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=54960>. Acesso em: 07 abril 2009.

HL7. Disponível em: <<http://www.hl7.org>>. Acesso em: 07 abril 2009.
HL7 BALLOT. **HL7 version 3.0 January 2007 Ballot Site.** Jan. 2007. Disponível em: <<http://www.hl7.org/v3ballot2007jan/html/welcome/introduction/index.htm>>. Acesso em: 01 abril 2009.

HL7 BALLOT. **HL7 version 3.0 January 2009 Ballot Site.** Jan. 2009. Disponível em: <<http://www.hl7.org/v3ballot2009jan/html/welcome/introduction/index.htm>>. Acesso em: 01 abril 2009.

KALRA, D. Electronic health record standards. IMIA Yearbook of Medical Informatics 2006. **International Medical Informatics Association and Schattauer.** Germany, p. 136-144, 2006.

KAWAMOTO, K; LOBACK, D. F. Proposal for fulfilling strategic objectives of the U.S. roadmap for national action on decision support through a service-oriented architecture leveraging HL7 services. **American Medical Informatics Association**, n.14, p. 146-155, jan. 2007.

KJÆR, K.E. A survey of context-aware middleware. In: IASTED International Multi-Conference: Software Engineering, 25, 2007, Innsbruck. **Proceedings...**feb. 2007, Anaheim, p.148-155.

KO, L-F. et al. HL7 middleware framework for healthcare information system. In: e-Health Networking, Applications and Services, 8, 2006. **Proceedings...** HEALTHCOM 2006, 8th International Conference. aug. 2006, New Delhi, p. 152- 156.

KOMATSOULIS, G. A. et al. caCORE version 3: Implementation of a model driven, service-oriented architecture for semantic interoperability. **Journal of Biomedical Informatics**, v.41, n.1, p. 106-123, feb. 2008.

KRAKOWIAK, S. **What is Middleware**. 2003. Disponível em: <<http://middleware.objectweb.org>>. Acesso em: 05 fevereiro 2009.

KUKAFKA, R. et al. Redesigning electronic health record systems to support public health. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 40, n. 4, p. 398-409, ago. 2007.

MALDONADO, J.A. ROBLES, M. CANO, C. Integration of distributed healthcare information systems: application of CEN/TC251 ENV13606. In: Engineering in Medicine and Biology Society, 2001. **Proceedings...** 23rd Annual International Conference of the IEEE, oct. 2001, v.4, p. 3731- 3734.

ONABAJO, A.; BILYKH, I.; JAHNKE, J. Wrapping legacy medical systems for integrated health network. In: WORKSHOP AT THE CONFERENCE NETOBJECTDAYS. **Proceedings...** Migration and Evolvability of Long-life Software Systems. Erfurt, sep. 2003.

OpenEHR. Disponível em: <<http://www.openehr.org>>. Acesso em: 07 abril 2009.

ORGUN, B.; VU, J. HL7 ontology and mobile agents for interoperability in heterogeneous medical information systems. **Computers in Biology and Medicine**, v. 36, n. 7-8, p. 817-836, jul-aug. 2006.

PETRY, K., LOPES, P.M.A., von WANGENHEIM, A. Padrões para a interoperabilidade na saúde. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 10, 2006, Florianópolis. **Anais...** Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2006, p. 1035-1039.

PETRY, K. et al. Utilização do Padrão HL7 para Interoperabilidade em Sistemas Legados na Área de Saúde. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 11, 2008, Campos do Jordão. **Anais...** Sociedade Brasileira de Informática, 2008.

PETRY, K. et al. Utilização de um Middleware Baseado Padrão HL7 para Promover a Interoperabilidade com Sistemas Legados na Área de Saúde. (No Prelo) **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, Campinas. v.25, n.1, p?, abril, 2009.

PRC. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/prc>>. Acesso em: 07 abril 2009.

RYAN, A. Towards semantic interoperability in healthcare: ontology mapping from SNOMED-CT to HL7 version 3. In: SECOND AUSTRALASIAN WORKSHOP ON ADVANCES IN ONTOLOGIES, 2, 2006, Hobart. **Proceedings...CRPIT**, 72. Orgun, M.A. and Meyer, T., Eds.Australian Computer Society, 2006, p. 69-74.

SHABO, A.; RABINOVICI-COHEN, S.; VORTMAN, P. Revolutionary impact of XML on biomedical information interoperability. **IBM Systems Journal**, v. 45, n. 2, p. 361-372, jan. 2006.

SMITH, R. What clinical information do doctors need? **British Medical Journal**, v. 313, n.7064, p. 1062-1068, oct. 1996.

SPERBERG-McQUEEN, C.M.; THOMPSON, H. **XML Schema**. Jan. 2008. Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/Schema>>. Acesso em: 09 março 2008.

TISS. Disponível em: <<http://www.ans.gov.br/portalv4/site/home/default.asp>>. Acesso em: 07 abril 2009.

UN/EDIFACT. Disponível em: <<http://www.unece.org/trade/untid/welcome.htm>>. Acesso em: 07 abril 2009.

VENTURELLO, J. M. *Taller de interoperabilidad HL7 v3/CDA: Dia 2.* Spain, 2005. Disponível em:

<http://vico.org/aRecursosPrivats/HL7/HL7spain/TallerInteroperabilidad/MDR2005/Dia2/4_MensajeriaHL7v3.pdf>. Acesso em: fevereiro 2008.

WILLIAMS, M.E.; CONSOLAZIO, G.R.; HOIT, M.I. Data storage and extraction in engineering software using XML. **Advances in Engineering Software**, v. 36, n. 11-12, p. 709–719, nov.-dec. 2005.

WIRSZ, N. Overview of IT-standards in healthcare. **Electromedica**, v. 68, n.1, p.21-24, 2000.

XU, Y. et al. Integration of medical applications: the ‘mediator service’ of the SynEx platform. **International Journal of Medical Informatics**, v. 58, p. 157-166, sep. 2000.

GLOSSÁRIO E ACRÔNIMOS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANSI** – *American National Standards Institute*
- API** – *Application Programming Interface*
- CEN** – *European Committee for Standardization*
- CNS** – Cartão Nacional de Saúde
- DICOM** – *Digital Imaging and Communications in Medicine*
- D-MIM** – *Domain Message Information Model*
- HL7** – *Health Level Seven*
- HL7Middleware** – Modelo em camadas que utiliza o padrão HL7 para integrar sistemas de saúde. É composto por HL7Server, sistemas clientes, banco de dados, *stored procedures* e mensagens *templates*
- HL7Server** – Sistema integrante do HL7Middleware e responsável pelo recebimento, processamento e envio de mensagens HL7
- HMD** – *Hierarchical Message Description*
- HU/UFSC** – Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina
- ISO** – *International Organization for Standardization*
- Mensagem Template** – Mensagens HL7 que indicam através de comentários como a mensagem deve ser preenchida pelos sistemas clientes
- Portal de Telemedicina** – Sistema web para registro de laudos de exames
- PRC** – Padronização de Registros Clínicos
- RIM** – *Reference Information Model*
- R-MIM** – *Refined Message Information Model*
- SAH** – *Sistema de Administração Hospitalar utilizado no HU/UFSC*
- Sistemas Clientes** – Sistemas de saúde e equipamentos que enviam mensagens HL7
- SQL** – *Structured Query Language*
- TISS** – Troca de Informação em Saúde Suplementar
- XML** – *Extensible Markup Language*
- XPath** – *XML Path Language*

APÊNDICE A - Padrões para a Interoperabilidade na Saúde

Artigo publicado nos anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (PETRY; LOPES; von WANGENHEIM, 2006)

Padrões para a Interoperabilidade na Saúde

Karine Petry, Paula Marien Albrecht Lopes, Prof. Dr. rer. nat. Aldo von Wangenheim

Cyclops,

Universidade de Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

Resumo - Este artigo apresenta a necessidade da interoperabilidade entre sistemas da área de saúde. Descreve características dos principais padrões para manipular informações de saúde.

Palavras-chave: Padrão, Saúde, Interoperabilidade.

Abstract - This paper presents the necessity of the interoperability between healthcare systems. Describe characteristic of the main standards to manipulate healthcare information.

Key-words: Standard, Health, Interoperability.

Introdução

A adoção da informática no ambiente de saúde iniciou-se na década de sessenta. Os primeiros sistemas compreendiam análises estatísticas e epidemiológicas. O aprimoramento da tecnologia permitiu o desenvolvimento de sistemas administrativos hospitalares, sistemas de controle de farmácias e laboratórios. [1]

A essência dos sistemas de informação na área de saúde está vinculada ao Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP). [2] O PEP tem a finalidade de reunir informações referentes ao processo de atendimento clínico de um paciente, incluindo dados demográficos, registros de alergias, diagnóstico de doenças, prescrição de medicamentos, resultados de exames, entre outros. Assim, o PEP pode proporcionar uma melhor qualidade de atendimento, se garantida a integridade de informações, possibilitando uma assistência médica mais eficaz. [2]

A possibilidade de manipular as informações de saúde eletronicamente, trouxe como consequência a necessidade de estabelecer um padrão de saúde para permitir a troca de informações. Assim, diversas organizações e grupos de pesquisa têm-se reunido nos últimos anos para propor regras que viabilizem a interoperabilidade de sistemas de saúde.

Metodologia

A padronização da saúde é necessária devido a diversos fatores, dos quais pode-se destacar: [3]

- a) Diversidade de conceitos e termos;
- b) Plataformas de hardware e software distintas;
- c) Facilitar a busca e comunicação de informações;
- d) Viabilizar o uso de sistemas de apoio à decisão.

A característica mais importante de um PEP quanto à padronização, é promover o compartilhamento de

informações entre diferentes usuários autorizados. [4] Para isto, é necessária a interoperabilidade de informação em um PEP e a interoperabilidade entre sistemas que trocam e compartilham informações de um PEP.

São verificados dois níveis principais de interoperabilidade de informações: [4]

- a) Interoperabilidade funcional – interação de dois ou mais sistemas (equipamentos, sistemas de informação, bases de dados) para trocar informações de acordo com um conjunto de regras definidas;
- b) Interoperabilidade semântica – capacidade de sistemas compartilharem informações compreendidas através da definição de conceitos de domínio.

Diversos sistemas que manipulam informações de saúde não trocam informações entre si. Ainda é possível encontrar sistemas pertencentes à mesma organização de saúde mas que são incapazes de se comunicar, exigindo a repetição de tarefas desnecessárias como por exemplo, um recadastramento de paciente. Dessa forma, padrões que permitam o compartilhamento de informações são essenciais.

Os principais padrões internacionais desenvolvidos para proporcionar a troca de informações na saúde são: HL7, openEHR, CEN/TC251.

O HL7 é um padrão proprietário, desenvolvido através de uma organização sem fins lucrativos denominada Health Level Seven. Seus membros incluem fornecedores de software e hardware, pesquisadores, patrocinadores, entre outros [5]. A versão 3 do padrão, parcialmente aprovada pelo ANSI- SDO (American National Standards Institute- Standards Development Organization), propõe modelos de informação para representar o ambiente de saúde. O HL7 define a estrutura de mensagens que representam informações clínicas,

administrativas e financeiras consideradas fundamentais em um ambiente hospitalar.

O Comitê Técnico Europeu CEN/TC251 é composto por quatro grupos de trabalho responsáveis pela normalização da área de saúde na Europa. O *WorkGroup 1* (WG 1), responsável pela elaboração de padrões para o Registro Eletrônico de Saúde - (RES), estabelece os princípios para representar o conteúdo e a estrutura dos registros de saúde, define a forma de representação de conceitos, termos, regras e mecanismos para compartilhar e trocar informações. [6] O pré-padrão prEN 13606 (*Health Informatics - Electronic Health Record Communication - Part 1 Reference Model*) define um modelo conceitual para estruturar dados médicos de maneira uniforme, preservando o significado e contexto dos dados.

O openEHR é uma fundação sem fins lucrativos com a finalidade de desenvolver especificações de forma aberta para a representação e comunicação de RES, baseada em pesquisas e na experiência de implementação. OpenEHR fornece modelos de informação e de serviços para RES, *workflow* de informações clínicas, demográficas e archetypes que são utilizados para modelar conceitos clínicos. Além disso, o openEHR fornece exemplos de implementação com código aberto para facilitar o entendimento e uso do padrão proposto. A *release* atual é 1.0. [7]

No Brasil, são encontradas três iniciativas de padronização: elaboração da Padronização de Registros Clínicos – (PRC); desenvolvimento do Sistema Cartão Nacional de Saúde; e um padrão para a Troca de Informação em Saúde Suplementar.

Em março de 1998 estabeleceu-se a criação do Comitê Temático Interdisciplinar: Padronização de Registros Clínicos – (CTI - PRC), tendo como principal objetivo:

“O estabelecimento, através de um processo aberto, de

padrões para a construção de prontuários informatizados” [8]

Assim, o PRC promove a padronização de dados como a identificação do paciente, instituição, fonte pagadora, dados clínicos relevantes, diagnósticos e procedimentos realizados. A padronização de alguns destes dados serviu como base para as definições do registro de atendimento do Cartão Nacional de Saúde. [9]

O Cartão Nacional de Saúde foi enunciado pela Norma Operacional Básica – (NOB) de 1996, tendo como finalidade a identificação individualizada dos pacientes, acompanhamento do registro do atendimento em saúde independente dos locais de realização dos mesmos e a possibilidade de construção do repositório nacional de atendimentos. [9] Com isso, o padrão é capaz de definir a estrutura e o conteúdo da informação, permitindo a integração dos diversos sistemas de informações existentes.

O TISS, estabelecido pela ANS (Agência Nacional de Saúde Suplementar), tem como principal objetivo a padronização da troca eletrônica de informações administrativas e financeiras entre operadoras e prestadores de saúde. Com isto será possível uma simplificação dos processos envolvidos na saúde suplementar e conseqüentemente, uma redução de custos administrativos entre os participantes (operadoras e prestadoras de serviços). [10]

Resultados

Apesar de apresentarem abordagens relativamente diferentes, é verificada uma harmonização entre os três padrões internacionais, isto é, existe correspondência entre modelos, onde um padrão acaba agregando características interessantes de outro, e até mesmo definindo conceitos em conjunto.

O HL7 foi projetado para enviar mensagens englobando todo o domínio de saúde, isto é, na versão 3 do HL7 são definidas mensagens para uso em aplicações como farmácia, laboratório,

banco de sangue, saúde pública, medicamentos, estudos sobre produtos, estudos de caso de tratamentos, análise de espécimes coletadas, dispositivos terapêuticos, registros médicos, controle de imunização, análise de genoma, administração de pacientes (admissão, saída, transferências) e transações financeiras. Além disso, o HL7 define o CDA (*Clinical Document Architecture*), um documento padrão que especifica a estrutura e semântica de documentos clínicos (documentação de observações clínicas e serviços) de forma que possa ser lido por humanos e não somente por sistemas. Um CDA pode incluir textos, imagens, sons e outros conteúdos multimídia. [11]

São encontrados equipamentos médicos que implementam o padrão HL7 como espirômetros e eletrocardiogramas.

O HL7 apresenta como deficiências:

- a) Falta de definição de critérios de segurança, deixando ao encargo do implementador garantir integridade e controle de acesso às informações;
- b) Falta de especificação de transmissão de mensagens, apesar do HL7 ser projetado para a camada de Aplicação do modelo OSI, não é constatada uma definição precisa quanto ao uso de portas;
- c) O fato de ser um padrão proprietário pode ser considerado como uma característica negativa;
- d) Exemplos insuficientes, dificultando a compreensão e implementação (possivelmente devido a não finalização da versão);
- e) Estrutura complexa, o que torna sua implementação demasiadamente exaustiva;
- f) Incompatibilidade entre versões. A versão 3 ainda não é compatível com a versão 2.x.

Quanto ao uso de terminologias, o HL7 sugere a utilização do LOINC (*Logical Observation Identifiers Names and*

Codes), SNOMED CT (*Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms*), ICD-9CM (*International Classification of Diseases, Ninth Revision, Clinical Modification*) e ICD-10 (*International Classification of Diseases, Tenth Revision*), porém não há impedimento para que seja adotada outra.

O HL7 está sendo escolhido por países com a finalidade de criar um RES que apresente um nível de interoperabilidade semântica. São encontradas implementações da Versão 3 do HL7 em diversos países como por exemplo, no Reino Unido, Países Baixos, Finlândia, Canadá, México, Alemanha e Croácia. Nos Estados Unidos, agências governamentais de saúde como a CDC (*Centers Disease Control and Prevention*) e FDA (*Food and Drug Administration*) que precisam suportar integração de dados em longa escala utilizam a Versão 3. [12]

O openEHR abrange menos serviços de saúde se comparado ao HL7, em contrapartida, possui uma estrutura mais simples, utilizando apenas campos essenciais. Não define alguns tipos de dados do HL7 por considerar desnecessários. Apresenta um mecanismo para a validação formal de seus modelos (uso de ontologias) ao contrário do prENV13606. Permite a utilização de terminologias como SNOMED, ICDx, LOINC. É capaz de integrar serviços de mensagens do HL7 versão 2.

O projeto do RES do openEHR é influenciado por GEHR Austrália, Synapses, CEN prEN 13606 e HL7 CDA. Os documentos e softwares encontrados no site do openEHR possuem licença pública ou licença comercial free, ou seja, é permitido a cópia, modificação e alteração de materiais citando os termos de garantia do openEHR divulgados no site da organização.[13]

O openEHR apresenta como deficiências[14]:

- a) Resistência dos patrocinadores para incorporar componentes openEHR, devido principalmente ao custo e risco envolvidos;

- b) Mostra ser difícil de implementar, por isso não são encontradas implementações em média e alta escala;
- c) Ainda é considerado instável, resultante de atividades de pesquisa e desenvolvimento, por isso, sujeito a significantes mudanças;
- d) O suporte é prestado por poucos indivíduos-chave;
- e) As especificações do openEHR não são aceitas como um SDO.

O CEN prEN 13606 é resultante de esforços de desenvolvimento dos mesmos projetos citados no openEHR, dessa forma, o CEN utiliza a estrutura de archetypes semelhante ao openEHR. Apresenta como principal deficiência:

“Falta de um definitivo, inerente, amplamente aceito formato para troca de conteúdo entre sistemas.”[14]

A especificação do padrão prEN 13606 é dividida em cinco partes, sendo que a parte 5, responsável pelo fornecimento de serviços-orientados, ainda não foi iniciada. O prEN 13606 apresenta mapeamento para as versões 2 do HL7; e também estabelece mensagens HL7 v3 a partir de um modelo de informação em comum denominado D-MIM. [14] A provável data de aprovação do prEN 13606 é estipulada para abril de 2007.[15]

Num encontro internacional realizado em janeiro de 2006, representantes de grupos de interesse na interoperabilidade de sistemas de saúde, constataram que de 80 a 90% dos conceitos clínicos representados em RES são genéricos, portanto, o restante é definido por organizações internacionais como HL7, openEHR e CEN. [16]

No Brasil a adoção de um padrão reconhecido internacionalmente perdeu força a partir do momento que houve a constatação que a aplicação de um padrão internacional não representaria a verdadeira realidade brasileira, uma vez que alguns campos e procedimentos não são bem representados por estes padrões.

Porém isto não impede que padrões nacionais, como o PRC, não sejam inspirados nos vários comitês internacionais de padronização da informação em saúde.

Assim, ao nível nacional de padronização de informações na área da saúde, é possível apresentar, como nos padrões internacionais, uma equivalência entre os padrões ainda que estes apresentem objetivos distintos.

A Padronização de Registros Clínicos ainda que usada como base nos padrões Cartão Nacional de Saúde e do TISS, apresenta como principal deficiência:

- a) Não disponibiliza acesso ao modelo formal de validação de seus dados;
- b) Apresentar estrutura altamente simplificada havendo ausência na padronização de alguns dados como, por exemplo, os dados financeiros /administrativos, antecedentes e posologia aplicada;
- c) Pouco interesse na sua disseminação.

O desenvolvimento do Sistema do Cartão Nacional de Saúde – (SCNS) foi um marco no desenvolvimento de padrões na área de informação em saúde no país. Porém já é possível observar algumas carências como:

- a) A padronização da informação se dá apenas em alguns domínios não havendo preocupação com dados administrativos/financeiros e exames;
- b) Muitas funcionalidades não são implementadas na primeira versão;
- c) Apresenta perspectiva de implantação de longo prazo. Atualmente um projeto piloto vem sendo implantado em 44 municípios, localizados em 11 estados, com aproximadamente 13 milhões de usuários.[10]

O padrão TISS, assim como o SCNS, permite a interoperabilidade entre o TISS e os diversos sistemas de

informação em saúde já existentes como o SINASC – (Sistema de Informações de Nascidos Vivos) e o CIH – (Central de Internação Hospitalar). Isto ocorre devido ao fato do TISS utilizar padrões já existentes e disponíveis pelos bancos de dados e sistemas da Agência e do Ministérios da Saúde.[17]

O TISS é um exemplo de padrão nacional que vem apresentando sucesso, sendo considerado inovador por sua qualidade interoperacional no XIX Congresso Internacional da Federação Européia de Informática Médica. Porém vale ressaltar que sua aplicação abrange apenas um pequeno nicho na área da saúde: prestadoras e operadoras de saúde. [17]

Os padrões nacionais apresentados, com exceção do TISS, têm seu emprego na área pública. Na área privada, a Padronização proposta pela Associação Brasileira de Medicina de Grupo- (ABRAMGE) apresenta um padrão de apresentação da transação financeira hospitalar. Infelizmente, a área privada ainda tem um longo caminho a percorrer. A verdade é que a iniciativa da ABRAMGE é ainda muito pouco utilizada e sua conformidade está longe de ser atingida na área privada. [9]

Discussão e Conclusão

Para que um Registro Eletrônico de Saúde possa ser manipulado por qualquer instituição de saúde ou indivíduo devidamente autorizado, é necessário que exista compatibilidade entre as informações.

A padronização de registros e informações na área da saúde de modo que promova a interoperabilidade, ainda é assunto pendente no Brasil. Iniciativas não faltam, porém há necessidade de uma determinação que indique a aplicação de um determinado padrão. Lembrando que o sucesso de um padrão ocorre a partir da sua universalidade, ou seja, uma ampla aceitação em seu domínio de aplicação.

Falta ainda, ao nível nacional, a elaboração de um padrão que apresente

maior abrangência, ou seja, que englobe todo o domínio da saúde e não apenas parte dela.

Muito já foi discutido sobre um padrão internacional de interoperabilidade para saúde, porém a discussão ainda não está encerrada. No entanto, mesmo que os atuais padrões possam sofrer alterações, isto não impede que as organizações de saúde adotem versões já finalizadas, pois com os freqüentes progressos da tecnologia não faz sentido sistemas isolados de saúde.

Referências

- [1] Rodrigues, D. M., Ferreira F.P., Ribeiro L., Silva L.F.A., Castro S.F.M.B., Orlando Filho, V. T. "Avanço da Informática Médica". [\[http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-med/temas/med5/med5t32000/grupo5/avanco.htm\]](http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-med/temas/med5/med5t32000/grupo5/avanco.htm).
- [2] Vasconcelos Neto, J. A. "Tendências da Informática em Saúde no Brasil". Economia e Tecnologia. [\[http://www.iees.org.br/Download/revista.PDF\]](http://www.iees.org.br/Download/revista.PDF). Maio/Junho 2004.
- [3] Costa, C.G.A. "Desenvolvimento e Avaliação Tecnológica de um Sistema de Prontuário Eletrônico de Paciente, Baseado nos Paradigmas da WEB e da Engenharia de Software". [\[http://www.medsolution.com.br/claudio/dissertacao/Dissertacao_Claudio_Giulliano_PEP.pdf\]](http://www.medsolution.com.br/claudio/dissertacao/Dissertacao_Claudio_Giulliano_PEP.pdf) 2001.
- [4] "Health informatics - Electronic health record – Definition, scope and context". [\[http://secure.cihi.ca/cihiweb/en/downloads/infostand_V0.4_ISO_DTR_Defn_Scope_Context_e.pdf\]](http://secure.cihi.ca/cihiweb/en/downloads/infostand_V0.4_ISO_DTR_Defn_Scope_Context_e.pdf). Março 2004.
- [5] HL7 [\[http://www.hl7.org\]](http://www.hl7.org).
- [6] CEN/TC251 Health Informatics. [\[http://www.centc251.org/WGI/WGI-scope.htm\]](http://www.centc251.org/WGI/WGI-scope.htm).
- [7] "openEHR Release 1.0 Introducing openEHR". [\[http://svn.openehr.org/specification/TRUNK/publishing/openEHR/introducing_openEHR.pdf\]](http://svn.openehr.org/specification/TRUNK/publishing/openEHR/introducing_openEHR.pdf). Janeiro 2006.
- [8] PRC. [\[http://www.datasus.gov.br/prc\]](http://www.datasus.gov.br/prc).
- [9] Massad, E., Marin, H.F., Azevedo Neto, R. S. "O prontuário eletrônico do paciente na assistência, informação e conhecimento médico". [\[http://www.netsim.fm.usp.br/dim/jvrosdim/prontuario.pdf\]](http://www.netsim.fm.usp.br/dim/jvrosdim/prontuario.pdf). Março 2003.
- [10] ANS. [\[http://www.ans.gov.br\]](http://www.ans.gov.br)
- [11] HL7 Version 3 Standard. "HL7 Normative Edition May 2006". Maio 2006.
- [12] Spronk, R. "Navigating the pitfalls: Implementing HL7 version 3". [\[http://www.ringholm.de/docs/04100_en.htm\]](http://www.ringholm.de/docs/04100_en.htm) Dezembro 2005.
- [13] Beale T., Heard S.), Kalra D., Lloyd D. "openEHR Release 1.0 Reference Model" [\[http://svn.openehr.org/specification/TRUNK/publishing/architecture/rm/ehr_im.pdf\]](http://svn.openehr.org/specification/TRUNK/publishing/architecture/rm/ehr_im.pdf). Janeiro 2006.
- [14] "Review of Shared Electronic Health Record Standards". [\[http://www.nehta.gov.au\]](http://www.nehta.gov.au). Fevereiro 2006.
- [15] "CEN European Committee for Standardization". [\[http://www.cenorm.be/CENORM/BusinessDomains/TechnicalCommittees/Workshops/CENTechnicalCommittees/WP.asp?param=6232&title=CEN%2F%2F+251\]](http://www.cenorm.be/CENORM/BusinessDomains/TechnicalCommittees/Workshops/CENTechnicalCommittees/WP.asp?param=6232&title=CEN%2F%2F+251) Julho 2006.
- [16] Rowlands D. "Final Report on the HL7 Working Group Meeting held in Phoenix Arizona, 8-13 January 2006". [\[http://www.hl7.org.au/Docs/HL7%20Mtg.%202006-01%20Phoenix%20-%20Trip%20Report.pdf\]](http://www.hl7.org.au/Docs/HL7%20Mtg.%202006-01%20Phoenix%20-%20Trip%20Report.pdf). Janeiro 2006.
- [17] "Tecnologia da Informação na Saúde Suplementar – Oficina TISS".

[<http://www.portalmulher.sdv.pt/articulos.asp?id=3656>] Maio 2006.

Contato

Karine Petry, Laboratório de
Telemedicina HU-UFSC, 3331-9166,
karine@inf.ufsc.br.

Paula Marien Albrecht Lopes,
Laboratório de Telemedicina HU-UFSC,
3331-9166, paula@inf.ufsc.br.

Prof. Dr. rer. nat. Aldo von
Wangenheim, Departamento de
Informática e Estatística - UFSC, 3331-
9516, awangenh@inf.ufsc.br.

ANEXO A - Mensagens HL7

A Fig. 14 mostra uma mensagem para cadastrar paciente. O tipo de mensagem é indicado no elemento *interactionId*. O evento da mensagem é definido no elemento *code* (elemento sucessor de *controlActProcess*). O elemento *patientPerson* é o elemento que contém os dados demográficos do paciente.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<PRPA_IN201311 ITSVersion="XML_1.0" xsi:schemaLocation="urn:hl7-org:v3
  PRPA_IN201311.xsd" xmlns="urn:hl7-org:v3"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <id root="2.16.840.1.113883.3.118" extension="ID200901221340"
    assigningAuthorityName="IDMensagem" />
  <creationTime value="200901221340" />
  <versionCode code="V32007" />
  <interactionId root="2.16.840.1.113883.3.118.2.273"
    extension="PRPA_IN201311" assigningAuthorityName="InsererPaciente" />
  <processingCode code="P" />
  <processingModeCode code="T" />
  <acceptAckCode code="NE" />
  <receiver typeCode="RCV">
    <device classCode="DEV">
      <id assigningAuthorityName="IDServidor" extension="ServidorHL7" />
    </device>
  </receiver>
  <sender typeCode="SND">
    <device classCode="DEV">
      <id assigningAuthorityName="IDCliente" extension="HU" />
    </device>
  </sender>
  <controlActProcess classCode="CACT" moodCode="PRP">
    <code code="PRPA_TE201311" displayName="Patient Registry Add
      Request" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.4"
      codeSystemName="ActionCode" />
    <subject typeCode="SUBJ" contextConductionInd="false">
      <registrationRequest classCode="REG" moodCode="RQO">
        <id assigningAuthorityName="InclusaoPaciente" />
        <statusCode code="Active" />
        <subject1 typeCode="SBJ">
          <patient classCode="PAT">
            <id assigningAuthorityName="IdentificacaoPaciente" />
            <patientPerson classCode="PSN" determinerCode="INSTANCE">
              <id assigningAuthorityName="IDPaciente" extension="■■■■■■■■■■" />
              <id assigningAuthorityName="CNS" extension="" />
            </patientPerson>
          </patient>
          <name>
            <given>■■■■■■■■■■</given>
            <family>■■■■■■■■■■</family>
          </name>
        </subject1>
      </registrationRequest>
    </subject>
  </controlActProcess>
</PRPA_IN201311>
```

```

<telecom use="H" value="■■■■■■■" />
<telecom use="WP" value="" />
<telecom use="HP" value="" />
<administrativeGenderCode displayName="Feminino" code="F"
codeSystem="2.16.840.1.113883.5.1" codeSystemName="AdministrativeGender" />
<birthTime value="19380506" />
<addr use="H">
  <streetName>■■■■■■■■■</streetName>
  <houseNumber>■■■■■</houseNumber>
  <additionalLocator />
  <precinct>SACO GRANDE</precinct>
  <city>FLORIANOPOLIS</city>
  <state>SC</state>
  <country />
  <postalCode>88032020</postalCode>
</addr>
<maritalStatusCode code="D" displayName="Divorciado"
codeSystem="2.16.840.1.113883.5.2" codeSystemName="MaritalStatus" />
<educationLevelCode code="SELEM" displayName="1º Grau Incompleto"
codeSystem="2.16.840.1.113883.5.1077" codeSystemName="EducationLevel"
/>
<raceCode code="2106-3" displayName="Branco"
codeSystem="2.16.840.1.113883.5.104" codeSystemName="Race" />
<asOtherIDs>
  <id assigningAuthorityName="CPF" extension="■■■■■■■■■" />
  <id assigningAuthorityName="RG" extension="■■■■■■■■■" />
  <id assigningAuthorityName="RGOrgao" extension="■■■■■" />
  <id assigningAuthorityName="RGUF" extension="■■■" />
  <id assigningAuthorityName="CN" extension="" />
  <id assigningAuthorityName="CNLivre" extension="" />
  <id assigningAuthorityName="CNFolha" extension="" />
  <id assigningAuthorityName="SenhaWeb" extension="" />
  <id assigningAuthorityName="OrigemProntuario" extension="0" />
  <scopingOrganization xsi:nil="true" />
</asOtherIDs>
<asEmployee classCode="EMP">
  <occupationCode displayName="IDProfissao" codeSystemName="APOSENTADO" />
  <employerOrganization xsi:nil="true" />
</asEmployee>
<personalRelationship classCode="PRS">
  <code code="NFTH" displayName="Pai" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.111"
codeSystemName="RoleCode" />
  <telecom value="" />
  <relationshipHolder1 classCode="PSN" determinerCode="KIND">
    <name>■■■■■■■</name>
  </relationshipHolder1>
</personalRelationship>

```

```

<personalRelationship classCode="PRS">
  <code code="NMTH" displayName="Mae"
  codeSystem="2.16.840.1.113883.5.111" codeSystemName="RoleCode" />
  <telecom value="" />
  <relationshipHolder1 classCode="PSN" determinerCode="KIND">
    <name>■■■■■■■■</name>
  </relationshipHolder1>
</personalRelationship>
<birthPlace classCode="BIRTHPL">
  <birthplace classCode="PLC" determinerCode="INSTANCE">
    <addr use="PHYS">
      <city>FLORIANOPOLIS</city>
      <state>SC</state>
      <country>BRASIL</country>
    </addr>
  </birthplace>
</birthPlace>
  <guarantorRole classCode="GUAR" negationInd="true">
    <guarantorPerson classCode="PSN" determinerCode="INSTANCE">
      <name>■■■■■■■■ /name>
      <asPersonalRelationship xsi:nil="true" />
    </guarantorPerson>
  </guarantorRole>
  <patientPerson>
  <providerOrganization xsi:nil="true" />
</patient>
</subject1>
  <author xsi:nil="true" />
</registrationRequest>
</subject>
</controlActProcess>
</PRPA_IN201311>

```

Figura 14. Mensagem para adicionar cadastro de paciente

A Fig. 15 mostra uma mensagem para confirmar o cadastro de um paciente. O tipo de mensagem é indicado no elemento *interactionId*. O elemento id (sucessor de *detectedIssueEvent* contém uma referência para a mensagem que requisitou o cadastro de paciente.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<PRPA_IN201312 ITSVersion="XML_1.0" xsi:schemaLocation="urn:hl7-org:v3
  PRPA_IN201312.xsd" xmlns="urn:hl7-org:v3"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <id root="2.16.840.1.113883.3.118" extension="ID200901221341"
    assigningAuthorityName="IDMensagem" />
  <creationTime value="200901221341" />
  <versionCode code="V32007" />
  <interactionId root="2.16.840.1.113883.3.118.2.274"
    extension="PRPA_IN201312"
    assigningAuthorityName="ConfirmaInserePaciente" />
  <processingCode code="P" />
  <processingModeCode code="T" />
  <acceptAckCode code="NE" />
  <receiver typeCode="RCV">
    <device classCode="DEV">
      <id assigningAuthorityName="IDCliente" extension="HU" />
    </device>
  </receiver>
  <sender typeCode="SND">
    <device classCode="DEV">
      <id assigningAuthorityName="IDServidor" extension="ServidorHL7" />
    </device>
  </sender>
  <controlActProcess classCode="CACT" moodCode="PRP">
    <code code="PRPA_TE201312" displayName="Patient Registry Add
      Request Accepted" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.4"
      codeSystemName="ActCode" />
    <subject xsi:nil="true" />
    <reasonOf typeCode="RSON">
      <detectedIssueEvent classCode="ALRT" moodCode="EVN">
        <id assigningAuthorityName="IDMensagemRecebida"
          extension="ID200901221340"/>
        <code code="Completed" displayName="OperacaoConfirmada"
          codeSystem="2.16.840.1.113883.5.14" codeSystemName="ActCode" />
      </detectedIssueEvent>
    </reasonOf>
  </controlActProcess>
</PRPA_IN201312>

```

Figura 15. Mensagem para confirmar adição de cadastro de paciente