Especificando um Middleware para a Interoperabilidade do Registro Eletrônico em Saúde

Carlos Andrew Costa Bezerra[1], André Magno Costa de Araújo[2]

[1]Departamento de Sistemas de Informação
UNITPAC – Araguaína, TO – Brazil

[2]Departamento de Sistemas de Informação
Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Penedo, AL – Brazil

andrew@r2asistemas.com.br, andre.araujo@penedo.ufal.br

Abstract. *This work specifies an HL7-based middleware capable of encoding, storing and interoperating Electronic Health Record data. Based on the HL7 clinical document architecture, the software architecture of the proposed middleware was specified, a set of rules were described to map the information of a relational data schema in HL7 messages and a tool was implemented to support the data interoperability through the proposed solution.*

Resumo. *Este trabalho especifica um middleware em nuvem baseado no padrão HL7 capaz de codificar, armazenar e interoperar os dados do Registro Eletrônico em Saúde (RES) entre organizações do setor de saúde. Baseado na arquitetura de documentos clínico do HL7, especificou-se a arquitetura de software do middleware proposto, descreveu-se um conjunto de regras que mapeiam as informações de um esquema de dados relacional em mensagens HL7 e implementou-se uma ferramenta que dá suporte a interoperabilidade do RES por meio da solução proposta.*

1. Introdução

Os Sistemas de Informação em Saúde (SIS) processam diariamente uma larga quantidade de informações que auxiliam as organizações em saúde em suas atividades operacionais e administrativas. Desde que o uso do papel foi minimizado para registrar as informações do Registro Eletrônico em Saúde (RES), muito se tem discutido sobre o uso de padrões, normas e procedimentos no desenvolvimento de SIS. Conforme determinam as boas práticas de órgãos internacionais [IEEE 2008], os SIS devem prover mecanismos de segurança e unicidade do RES, preservando o histórico e a evolução dos dados clínicos, podendo este ser reutilizado e compartilhado por outros domínios da área da saúde.

Em um domínio da saúde, é comum o uso de diferentes aplicações para gerenciar áreas/departamentos que lidam diretamente com os cuidados do paciente, como a anatomia patológica, diagnóstico por imagem, análises clínicas e Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP). Nesse sentido, a heterogeneidade dos tipos de dados, a falta de padrão para uniformizar os atributos de dados e as terminologias do RES e as diferentes tecnologias utilizadas para desenvolver SIS, dificultam o processo de troca de dados entre as organizações de saúde (e.g., hospitais, operadoras de saúde e órgãos governamentais).

Atualmente os padrões ISO/EM 13606 [ISO 2008], HL7 [Noumeir and Pambrun 2010] e openEHR [Beale and Heard 2007] representam importantes iniciativas que auxiliam e melhoram o ciclo de desenvolvimento de aplicações em saúde. Enquanto os padrões ISO/EM 13606 e openEHR tratam de questões sobre como armazenar e uniformizar os atributos de dados e as terminologias do RES, o padrão HL7 fornece um conjunto de especificações que visam padronizar a troca e o transporte de informações entre SIS. Diversas pesquisas desenvolvidas pela indústria de software e a academia apontam o padrão HL7 com uma alternativa viável para se alcançar a interoperabilidade entre aplicações de saúde [Bezerra et al. 2015]. Nesse sentido, algumas soluções baseadas em HL7 foram desenvolvidas para facilitar a troca de dados entre organizações privadas e públicas e interoperar dados de aplicações heterogêneas dentro de uma mesma organização. Além disso, grandes empresas da área de Tecnologia da Informação (TI) como IBM e Siemens investem em soluções de interoperabilidade de dados baseadas no padrão HL7 [IBM 2016], [Siemens 2016].

Embora o padrão HL7 venha sendo debatido e utilizado nas mais diversas áreas da saúde, percebe-se a falta soluções de software baseadas no padrão HL7 que permitam o mapeamento dos dados de um SIS legado e façam a interoperabilidade do RES com outras organizações de saúde. Nesse sentido, este trabalho especifica um middleware baseado no padrão HL7 capaz de interoperar os dados do RES por meio de um serviço em nuvem que mapeia, codifica, persiste e sincroniza os dados entre SIS. Para isso, especificou-se a arquitetura de software do middleware proposto, descreveu-se um conjunto de regras que mapeiam as informações de um esquema de dados relacional em mensagens HL7 e implementou-se uma ferramenta que dá suporte à interoperabilidade do RES por meio da solução proposta.

As demais seções deste artigo estão organizadas da seguinte forma. A seção 2 contextualiza os conceitos básicos utilizados no desenvolvimento deste e trabalho e traz uma análise dos principais trabalhos correlatos identificados no estado da arte. A seção 3 apresenta e discute a solução proposta, enquanto a seção 4 exemplifica a interoperabilidade de dados utilizando o middleware desenvolvido. Por fim, a seção 5 descreve as considerações finais deste artigo.

2. Conceitos Básicos e Trabalhos Correlatos

Esta seção descreve os conceitos básicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho (Seção 2.1) e comenta as principais contribuições dos trabalhos correlatos identificados no estado da arte (Seção 2.2).

2.1. Conceitos Básicos

Esta seção está organizada da seguinte forma. A seção 2.1.1 aborda a proposta do padrão HL7 para a interoperabilidade de dados no setor de saúde, enquanto a seção 2.1.2 contextualiza os fundamentos de middleware.

2.1.1. HL7

Health Level - 7 (HL7) é um padrão internacional que contém um conjunto de normas para a transferência de dados clínicos e administrativos entre aplicativos de software usados por organizações da área da saúde. Esse padrão é baseado na camada 7 do modelo Open System for Intercomunication (OSI) [ISO 1996]. O padrão HL7 engloba grupos de

especificação como mensagem de protocolos para a troca de informações entre sistemas de saúde e Arquitetura de Documento Clínico (CDA) para troca de documentos. O padrão também oferece eventos como gatilhos para disparar as mensagens para os sistemas de software que estão interligados por ele. Esses gatilhos são eventos de contexto real como a internação de um paciente. Quando ocorre uma internação em uma aplicação de software, uma mensagem no formato HL7 será construída com as informações do paciente e do tipo da internação. Essa mensagem será encaminhada para todos os outros sistemas de software que necessitam interoperar os dados.

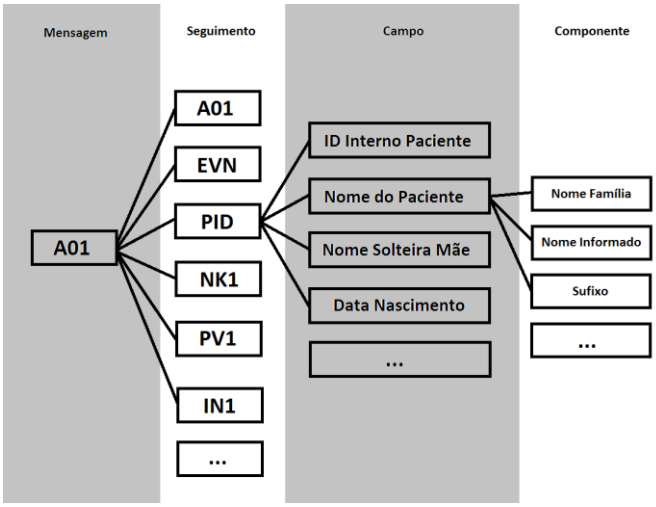

Figura 1. Estrutura de mensagem HL7.[Petry et al. 2005]

Os segmentos da mensagem são divididos em campos que respeitam uma ordem pré-determinada e possuem um tipo de dado cada. Um campo pode ser subdividido por sua vez em componentes que devem ser utilizados em cada caso. A Figura 1 ilustra a estrutura de uma mensagem no padrão HL7.

2.1.2. Middleware

Middleware é uma tecnologia para aplicações distribuídas capaz de tornar transparente os detalhes de rede e lidar com uma grande quantidade de funcionalidades de alto valor para o desenvolvimento, a implantação, a execução e a interação de aplicações [Ibrahim 2009]. A ideia principal é ser como um intermediário entre duas camadas proporcionando a comunicação entre as partes conectadas. Não se trata somente de uma aplicação de rede para conexão entre dois lados, mas tem por objetivo promover a interoperabilidade entre as aplicações, protegendo detalhes da implementação de funcionalidades e fornecendo um conjunto de interfaces para colaboração entre os clientes [Liu et al. 2012].

Existem tipos de middlewares que podem ser implementados com o objetivo de realizar a troca e a interoperabilidade de dados, sendo esses tipos: transacionais, procedurais, orientados a mensagens e orientados a objetos.

O middleware proposto neste trabalho é caracterizado como sendo orientado a mensagens. Os elementos essenciais para um middleware orientado a mensagens são: os clientes, as mensagens e o provedor que inclui uma interface de programação de

aplicações e ferramentas para administração da troca de mensagens entre os clientes. A forma da troca de dados do middleware orientado a mensagens é assíncrona.

2.2. Trabalhos Correlatos

Investigando os trabalhos correlatos sobre middlewares voltados para a interoperabilidade de dados utilizando o padrão HL7, identificou-se as seguintes pesquisas.

A solução proposta por [Liu et al. 2012] consiste em um middleware extensível baseado em HL7 para prover um canal de comunicação entre diferentes sistemas de informações em saúde que não suportavam a troca de mensagens HL7. [Ko et al. 2006] desenvolveram uma solução orientada a arquitetura (SOA) que oferece um serviço de troca de mensagens HL7 por meio de WEB Services. Mitre hData é um framework de troca de dados eletrônicos de saúde baseado na WEB com interfaces compatíveis com o padrão Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) [MITRE Corporation 2015]. Mirth Connect é um middleware de código aberto projetado para troca de mensagens no padrão HL7; e conta com ferramentas para desenvolvimento, teste, implantação e monitoramento de interfaces [Meta Healthcare 2015].

Os trabalhos acima citados representam um importante avanço no estado arte, no entanto, percebe-se que eles não oferecem recursos para que as organizações em saúde façam a codificação de mensagens HL7 utilizando o mapeamento de dados diretamente de um esquema de dados. O middleware proposto neste trabalho tem como principal característica permitir o mapeamento dos dados de um SIS legado e interoperar o RES com outras organizações de saúde.

3. Middleware para Interoperabilidade de Dados Baseado no HL7

Esta seção apresenta e descreve o middleware proposto para interoperar os dados do RES entre organizações de saúde.

3.1. Arquitetura e Visão Geral

A arquitetura de software de um sistema define os seus componentes, suas propriedades externas e de seus relacionamentos com outros sistemas de software. A arquitetura desenvolvida para o serviço proposto consiste em um conjunto de componentes de software que interagem entre si (Figura 2).

O middleware desenvolvido neste trabalho é composto por dois componentes principais chamados de hCloud Middleware e hCloud Client. hCloud Middleware se refere ao módulo que fica hospedado em uma arquitetura computacional em nuvem, enquanto o hCloud Client se refere a uma aplicação local que consome os serviços do componente em nuvem.

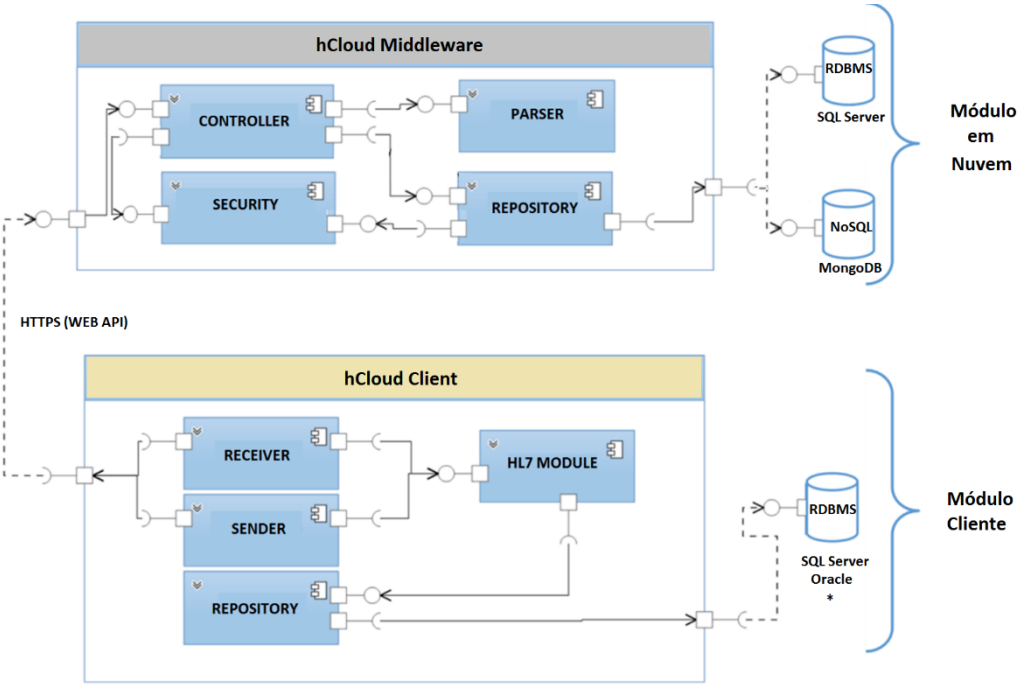

Figura 2. Arquitetura do hCloud Middleware e hCloud Client

Para o desenvolvimento de hCloud Middleware e hCloud Client, fez-se uso de um padrão de projeto que tem como principal característica separar as regras de negócios da aplicação, da camada de persistência de dados. O intuito dessa abordagem é diminuir a dependência da tecnologia de banco de dados em relação a lógica da aplicação. Para que isto ocorra, utiliza-se interfaces para mediar a comunicação entre os componentes de software da arquitetura. Assim, hCloudClient poderá se conectar a diferentes sistemas de bancos de dados (e.g., Oracle, dBase, SQL Server) e isolar os detalhes técnicos de cada tecnologia em um componente, ocultando os detalhes e possibilitando que cada nova tecnologia de banco de dados seja acoplável ao projeto sem grandes esforços de programação. A seguir, detalha-se os componentes principais da arquitetura ilustrada na Figura 2.

3.2. hCloud Client

O hCloud Client é responsável por fornecer as funcionalidades necessárias para que uma instituição de saúde possa construir mensagens HL7 a partir das informações armazenadas em seu esquema de dados. Para que ocorra a troca de mensagens no padrão HL7, o componente hCloud Client conecta e sincroniza os dados com o componente em nuvem (i.e., hCloud Middleware). Além disso, o hCloud Client conta com outros subcomponentes que são detalhados a seguir.

O componente Receiver é responsável por contatar o hCloud Middleware e, havendo mensagens disponíveis para o cliente em questão, recebe e encaminha as mensagens para o componente chamado HL7 Module. O componente HL7 Module especifica os formatos das mensagens e verifica se as mesmas estão de acordo com as especificações do padrão HL7.

O componente Repository tem duas funções básicas: gerenciar a persistência dos dados que são recebidos por meio do Receiver e manter os métodos que representam as

regras de negócio para o hCloud Client. Essas regras envolvem a seleção de informações, a configuração de gatilhos no banco de dados e o mapeamento que é feito entre os campos do padrão HL7 e os campos do esquema de dados relacional da instituição de saúde.

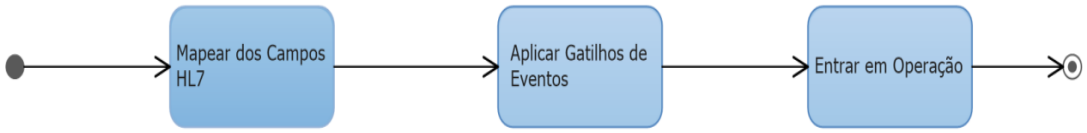

Figura 3. Atividade de configuração.

Conforme ilustra o diagrama da Figura 3, uma vez que a configuração estiver concluída, o hCloud Client entrará em operação e receberá qualquer evento disparado pelos gatilhos configurados no banco de dados. Além disso, codificará as informações relacionadas com o evento disparado para uma mensagem HL7 utilizando as especificações do HL7 Module.

Para o processo de mapeamento das informações do esquema de dados relacional para o padrão HL7, as seguintes regras são consideradas: i) toda mensagem deve estar relacionada a um evento de saúde (e.g., admissão do paciente); ii) toda mensagem deve seguir o layout de composição de mensagem especificado pelo padrão HL7; iii) toda mensagem será construída assim que o gatilho que representa o evento de saúde for acionado no banco de dados; iv) toda mensagem deve conter segmentos de informações compostas por campos das tabelas do banco de dados.

3.3. hCloud Middleware

O hCloud Middleware é um serviço que é executado em uma infraestrutura de nuvem computacional e tem a responsabilidade de receber as mensagens enviadas pelas instituições de saúde que utilizam o serviço de interoperabilidade do hCloud Client. Essa estrutura em nuvem possibilita que todas as instituições de saúde tenham um único ponto de compartilhamento e que diminuam a quantidade de configurações de infraestrutura de rede computacional.

O middleware atende por chamadas assíncronas e conta com a implementação de interfaces que facilitam a manutenção e atualização dos seus componentes. O hCloud Middleware conta com os seguintes subcomponentes: Controller, Repository, Parser e Security. A definição de cada um deles é dada a seguir.

O Controller é responsável por oferecer serviços em nuvem ao hCloud Client. Existem dois tipos de serviços oferecidos pelo Controller: i) solicitação de sincronização e ii) envio de mensagens HL7. A solicitação de sincronização ocorre quando as instituições de saúde, por meio do hCloud Client, solicitam mensagens HL7 advindas de outras instituições que estão disponíveis no banco de dados em nuvem. Já o envio de mensagens ocorre quando o hCloud Client envia uma mensagem HL7 para ser compartilhada por meio do hCloud Middleware para as outras instituições de saúde que utilizam esse serviço em nuvem.

Quando uma operação de sincronização é solicitada, o Controller aciona o módulo responsável por autenticar e autorizar o uso dos serviços oferecidos pelo hCloud Middleware (i.e., Módulo Security). O módulo Security utiliza um par de chaves particulares para garantir a confidencialidade, a integridade, e a autenticidade das informações trocadas entre as instituições de saúde. Esse par de chaves é utilizado para criptografar a informação trafegada entre o hCloud Client e o hCloud Middleware.

O Repository tem a função de manipular os dados que chegam e que saem do hCloud Middleware. Além disso, contém as regras de negócio para a troca de mensagens entre as instituições de saúde, como o método para fornecer uma lista de mensagens que não foram enviadas para outras instituições e a funcionalidade para evitar redundância de mensagens. Por fim, o módulo Parser verifica se a mensagem recebida está em conformidade com a especificação do padrão HL7.

4. Exemplificando a Interoperabilidade de Dados por Meio do Middleware

As informações persistidas nas instituições de saúde estão estruturadas com base em tecnologias e plataformas diferentes. Em virtude da heterogeneidade existente no armazenamento de dados (i.e., diferentes sistemas de gerenciamento de banco de dados), existe uma dificuldade considerável para se interoperar os dados entre as instituições de saúde.

Uma das principais características do serviço de interoperabilidade é permitir que os dados do RES sejam codificados em mensagens HL7 a partir de um banco de dados legado. Nesse sentido, foi desenvolvida uma interface amigável e de fácil configuração para tornar viável o serviço de interoperar os dados entre aplicações de saúde.

Após a especificação da arquitetura do middleware, desenvolveu-se uma ferramenta que permite o mapeamento dos dados de um esquema relacional para o formato de mensagem HL7. Para isso, o hCloud Client conta com uma funcionalidade de mapeamento para cada grupo de eventos especificados no padrão HL7.

A funcionalidade de mapeamento ilustrada na Figura 4, contém um conjunto de requisitos de dados do padrão HL7 (e.g., informações do paciente) que, para cada evento selecionado, é possível escolher o campo/coluna de uma tabela existente no esquema de dados relacional de uma aplicação de saúde. Além disso, é possível configurar gatilhos que transmitem as mensagens codificadas do serviço cliente para a nuvem. Toda vez que um paciente for admitido em uma instituição de saúde, o hCloud Client dispara os dados em forma de mensagem HL7 para ser persistida em um sistema de banco de dados NoSQL do hCloud Middleware.

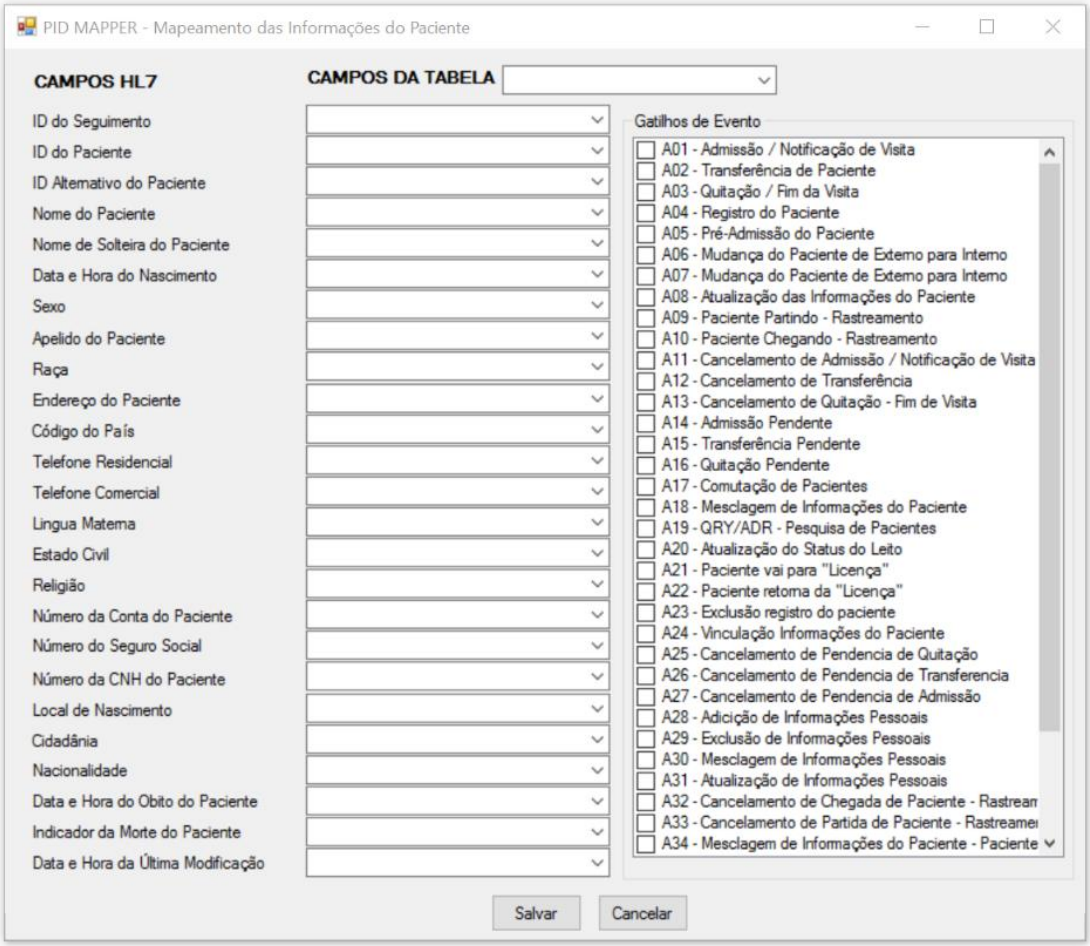

Figura 4. Interface gráfica de mapeamento das informações do paciente.

A sincronização dos dados com as demais instituições é realizada da seguinte forma: as mensagens disponíveis no hCloud Middleware são exibidas na interface gráfica de sincronização do hCloud Client, e para que ocorra a interoperabilidade, o usuário deve acionar a funcionalidade que requisitará ao hCloud Middleware o início da transmissão das mensagens. As mensagens recebidas são armazenadas em uma base de dados local e ficarão disponíveis para consulta, edição e persistência no sistema de banco de dados da instituição de saúde. A Figura 5 mostra a funcionalidade de sincronização das mensagens disponíveis na nuvem.

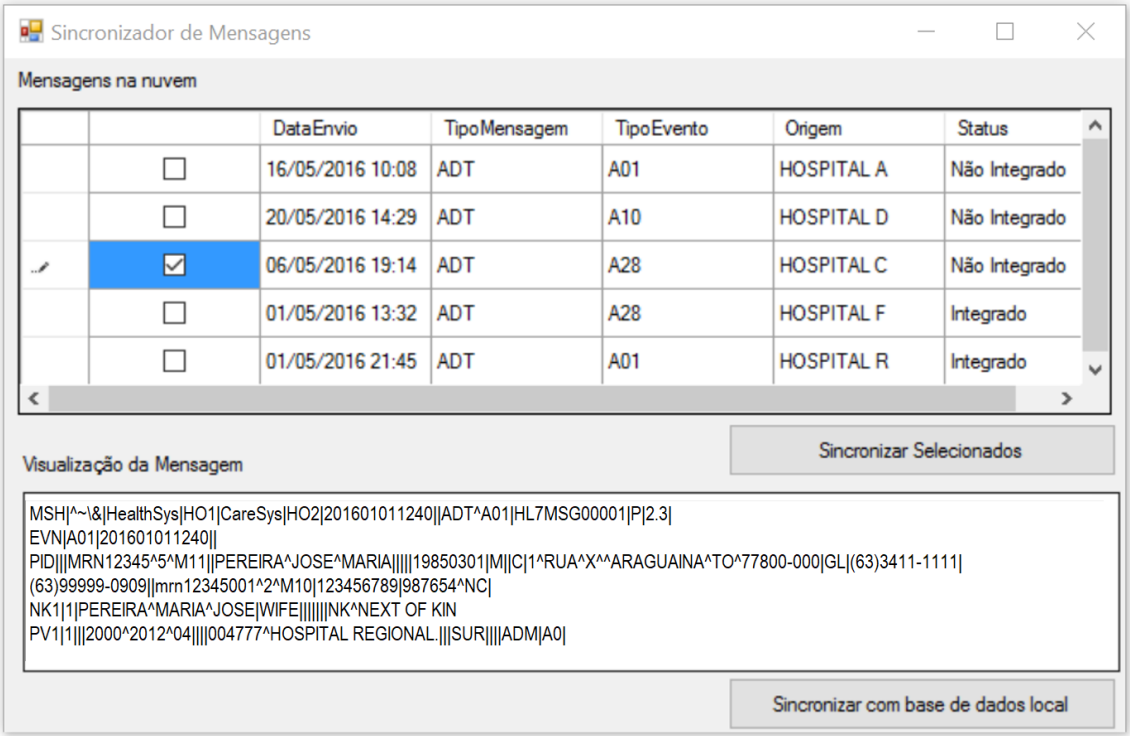

Figura 5. Funcionalidade de sincronização de mensagens.

Por meio da funcionalidade mostrada na Figura 5, é possível visualizar a mensagem HL7, bem como, verificar os detalhes a respeito da data do envio, tipo da mensagem (e.g., admissão), tipo do evento que gerou a mensagem (e.g., admissão/notificação de visita), instituição de origem e status da mensagem. Por fim, tem-se a opção ainda da sincronização individual ou grupos de mensagens.

5. Conclusão

Este artigo apresentou um middleware baseado no padrão HL7 capaz de interoperar os dados do Registro Eletrônico em Saúde (RES) por meio de um serviço em nuvem que codifica, persiste e sincroniza os dados do RES entre SIS. Como principais contribuições, destaca-se: i) a especificação de uma arquitetura que mostra os componentes de software e os seus relacionamentos; ii) a implementação de uma ferramenta e dos componentes que mapeiam e codificam as informações de um esquema de dados relacional em mensagens HL7; por fim, iii) exemplificou-se como é realizada a interoperabilidade dos dados por meio da ferramenta.

Existem duas vantagens principais da solução proposta. Primeiro, o middleware faz uso de uma arquitetura em nuvem o que diminui a necessidade de recursos computacionais para executar o serviço. Segundo, a partir de um esquema de dados relacional pode-se construir mensagens para troca de dados entre instituições de saúde utilizando o padrão HL7.

References

Beale, T. and Heard, S. (2007). openEHR - Architecture Overview. *The OpenEHR Foundation*, p. 1–79.

Bezerra, C., Araujo, A., Sacramento, B., Pereira, W. and Ferraz, F. (2015). Middleware For Heterogeneous Healthcare Data Exchange : A Survey. *ICSEA 2015 : The Tenth International Conference on Software Engineering Advances*, p. 409–414.

IBM (2016). IBM Message Broker 8. http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SSKM8N_8.0.0/com.ibm.healthcare.doc.

Ieee (2008). *Health informatics-Personal health device communication Part 10407: Device specialization - Blood pressure monitor*.

ISO (1996). Information technology -- Open Systems Interconnection (OSI) abstract data manipulation C language interfaces -- Binding for Application Program Interface (API).

ISO (2008). ISO 13606-2:2008 Health informatics Electronic healthcare record communication Part 2: Archetype interchange specification. International Organization for Standardization. http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50119, [accessed on Jun 6].

Ko, L.-F. K. L.-F., Lin, J.-C. L. J.-C., Chen, C.-H. C. C.-H., et al. (2006). HL7 middleware framework for healthcare information system. *HEALTHCOM 2006 8th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*, p. 152–156.

Liu, X., Ma, L. and Liu, Y. (2012). A middleware-based implementation for data integration of remote devices. *Proceedings - 13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing, SNPD 2012*, p. 219–224.

Meta Healthcare (2015). Mirth Connect - HL7 Middleware. http://www.metahealthcare.com/solutions/mirth/, [accessed on Jun 21].

MITRE Corporation (2015). Project hData. http://www.projecthdata.org, [accessed on Jun 21].

Noumeir, R. and Pambrun, J.-F. (2010). Hands-on approach for teaching {HL7} version 3. *Information Technology and Applications in Biomedicine ({ITAB)}, 2010 10th {IEEE} International Conference on*, p. 1–4.

Petry, K., Marien, P. and Lopes, A. (2005). Modelos Para Interoperabilidade De Sistemas Hospitalares Utilizando Padrão Hl7.

Siemens (2016). Health Level Seven (HL7). http://www.healthcare.siemens.com/services/it-standards/hl7, [accessed on May 23].