

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Eduardo Jank Mossmann

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO
PARA IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO
DE DADOS DO SISTEMA EFONO**

Santa Maria, RS
2022

Eduardo Jank Mossmann

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO PARA IMPORTAÇÃO,
EXPORTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE DADOS DO SISTEMA EFONO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Bacharelado em Ciência da Computação da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,
RS), como requisito parcial para a obtenção do
grau de **Bacharelado em Ciência da Compu-
tação**

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Damasceno Lima

Co-orientador: Prof. Dr. Celio Tróis

Mossmann, Eduardo Jank

Projeto e implementação de uma aplicação para importação, exportação e visualização de dados do sistema eFono / por Eduardo Jank Mossmann. – 2022.

2 f.: il.; 30 cm.

Orientador: João Carlos Damasceno Lima

Co-orientador: Celio Tróis

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Bacharelado em Ciência da Computação, RS, 2022.

1. Dados em nuvem. 2. FHIR. 3. Interoperabilidade de dados. 4. Cubo de dados. 5. Análise de dados. I. Lima, João Carlos Damasceno. II. Tróis, Celio. III. Título.

© 2022

Todos os direitos autorais reservados a Eduardo Jank Mossmann. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: ejmossmann@inf.ufsm.br

EDUARDO JANK MOSSMANN

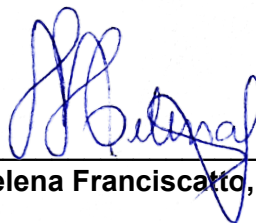
PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO PARA IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE DADOS DO SISTEMA EFONO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Ciência da Computação**.

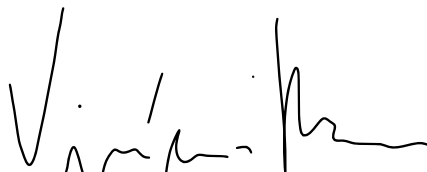
Aprovado em 18 de Fevereiro de 2022:



João Carlos Damasceno Lima, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Maria Helena Franciscatto, Me. (UFSM)



Vinícius Maran, Dr. (UFSM)

Projeto e implementação de uma aplicação para importação, exportação e visualização de dados do sistema eFono

Eduardo J. Mossmann¹, João Carlos D. Lima¹, Celio Trois¹

¹Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria – RS – Brazil

{ejmossmann, caio, trois}@inf.ufsm.br

Resumo. Na Universidade Federal de Santa Maria, há um sistema previamente criado chamado eFono - sistema este responsável por efetuar triagem dos trans-tornos dos sons da fala em crianças através de avaliações fonoaudiológicas. A proposta deste projeto tem como finalidade descrever a idealização e criação de uma aplicação com dois principais objetivos: i) alcançar a interoperabilidade de dados do sistema mencionado utilizando o padrão global desenvolvido pela organização internacional HL7 (Health Level Seven) chamado FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources), sendo um padrão para comunicação de dados relacionados à saúde, possibilitando a importação e exportação de dados de demais sistemas presentes hoje na rede e ii) a criação de projeções de modelos visuais e gráficos dos dados presentes no mesmo sistema para posterior análise e tomada de decisão no projeto eFono, sendo utilizado o padrão estrutural de cubo de dados. Os resultados alcançados através do desenvolvimento da aplicação permitem à desenvolvedores e usuários do sistema eFono, realizarem a troca dos dados do sistema em um formato padrão para com demais sistemas na área da saúde. Além disso, permitem a criação de cubos de dados e, portanto, uma visualização gráfica para possibilitar uma análise técnica destes dados.

Palavras-chave: FHIR, Interoperabilidade, Cubo de dados, Análise de dados

Project and implementation of a application for data importation, exportation and visualization in eFono system

Eduardo J. Mossmann¹, João Carlos D. Lima¹, Celio Trois¹

¹Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria – RS – Brazil

{ejmossmann, caio, trois}@inf.ufsm.br

Abstract. *At the Universidade Federal de Santa Maria, there is a previously created system called eFono - a system responsible for screening children for speech disorders through speech therapy evaluations. The purpose of this project is to idealize and create an application with two main objectives, the objectives: i) achieve system data interoperability using the FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) standard, which is the global standard developed by the international organization HL7 for data communication related to health, qualifying the system to import and export data from other systems present on the network and ii) the creation of projections and graphical models of the data present in the same system for further analysis and decision-making in the eFono project as a whole, using the data cube structural pattern. The results achieved through the development of the application allow developers and users of the eFono system to import and export system data in a standard format, enabling intercommunication with other systems in the health area. In addition, it allowed to create data cubes and therefore a graphical visualization to finally carry out a technical analysis of these data.*

Keywords: FHIR, Interoperability, Data cubes, Data analysis

1. Introdução

O armazenamento em nuvem, nome este dado para um armazenamento externo geralmente mantido por terceiros, é uma prática que está em incessante crescimento no meio tecnológico e atinge diversas áreas do mercado, como bancos, medicina, telecomunicações, governo, entre outras e sua popularidade se deve principalmente à sua fácil usabilidade, baixo custo de manutenção e automação de serviços [Wu et al. 2010].

Com a expansão da tecnologia e o constante aumento de sua influência na maior parte das áreas do conhecimento, é evidente o aumento massivo de dados armazenados em nuvem, dado todos os mecanismos que facilitam esse tipo de armazenamento. Para a área de conhecimento da saúde (*Healthcare*), como visto em [Pramanik et al. 2021], os dados armazenados são de significativa importância, como para uma posterior consulta médica, de modo que o profissional possa avaliar por completo a ficha clínica de seu paciente.

Ainda na área de conhecimento da saúde, especificamente, têm-se inúmeras especializações, que resultam em diferentes diagnósticos e dados a serem armazenados. Visto que os dados armazenados nesses cenários são em sua maioria heterogêneos, ou seja, de diferentes tipos, a organização internacional sem fins lucrativos *Health Level Seven International (HL7)* desenvolveu o padrão de troca de dados na área da saúde denominado *Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR)* para dados chamados prontuários eletrônicos (*EHRs - Electronic Health Records*). No ano de 2020 no Brasil foi anunciado a criação de um sistema aberto de saúde chamado Conecte SUS¹, que pode ser melhor compreendido em [Pettechust 2021] e foi estruturado a partir da Rede Nacional de Dados em Saúde². Ambas plataformas utilizam o padrão proposto *HL7 FHIR* em sua quarta versão para interoperabilidade de dados em seu sistema. Contudo, cabe ponderar que a quantidade de dados especificamente relacionados à saúde armazenados em nuvem é proporcionalmente baixa, e, dados todos os benefícios do armazenamento em nuvem, principalmente de dados na área da saúde, se trata de uma prática com provável aumento ao passar do tempo [Raghupathi and Raghupathi 2014]. Importar e exportar dados de diferentes sistemas ligados diretamente com a saúde permitem com o passar do tempo, a obtenção de um histórico completo de cada indivíduo paciente, sendo um avanço tecnológico considerável para a medicina moderna e portanto, pode-se considerar útil a aplicação de interoperabilidade dentre dados relacionados à saúde, para sistemas de forma geral [Iroju et al. 2013]

Também relacionado à dados em nuvem, outra prática em ascensão é a análise de dados (*data analysis*). A coleta e a análise de dados em um sistema confere uma maior facilidade aos responsáveis na descoberta de informações uteis sobre a utilização sistema, auxílio na tomada de decisões futuras e conclusões mais precisas [Hsiao 2007]. A interoperabilidade de dados, possibilita a obtenção de uma maior quantidade de dados de demais sistemas na área da saúde através da importação de dados, e conseqüentemente auxilia na análise dos dados visto que a partir de uma base de estudo maior, podem ser tiradas conclusões mais precisas na realização desta prática. Um dos mecanismos utilizados durante a análise é a estrutura de dados denominada cubo de dados, aplicada em conjuntos de dados que contenham diversas variáveis, provendo uma maior flexibilização de parâmetros de análise assim como uma melhora nas conclusões formadas [Baumann et al. 2018].

¹Disponível em: <https://conectesus.saude.gov.br/>

²Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/rnds/>

Utilizando de dados armazenados em nuvem, hoje, o sistema *eFono* possibilita à profissionais da área da fonoaudiologia a realização de revisões de avaliações fonoaudiológicas, previamente criadas pelos mesmos e realizadas por crianças, com propósito da realização de uma triagem dos transtornos dos sons da fala em crianças [Schmaedeck 2021]. Os dados das avaliações realizadas e revisadas são armazenados em nuvem, sem nenhum tipo de padronização e de difícil análise, devido a não existência de uma visualização ampla, organizada e direta das avaliações.

Tendo em vista os benefícios que a interoperabilidade e a visualização e análise de dados podem trazer ao gerenciamento de dados em sistemas computacionais, especialmente no sistema *eFono*, esse trabalho propõe-se a: (i) apresenta a idealização e construção de um módulo a ser integrado no sistema *eFono* que combina a importação e exportação de dados da plataforma em questão usando o padrão FHIR; e (ii) implementa uma ferramenta que dá suporte a criação de modelos de cubos de dados para posterior visualização e análise.

A interoperabilidade de dados, ou capacidade de efetuar importação e exportação, serve para que o *eFono* possa se interconectar com demais sistemas da área da saúde, o que resulta em sistemas com maiores quantidades de dados que poderão ser utilizados para análise, por exemplo. Além da interoperabilidade, a análise de dados através de cubos de dados possibilita uma utilização coerente dos dados armazenados dentro do sistema *eFono* facilitando a análise destes dados, com auxílio de uma visualização gráfica.

Como resultado da realização deste projeto, foi integrado ao sistema *eFono* uma nova aplicação contendo dois novos módulos a partir de suas funcionalidades descritas. A interoperabilidade implementada possibilitou exportar dados hoje presentes no sistema *eFono* e também importar dados de outros sistemas. Ademais, a criação de modelos gráficos utilizando modelagem de dados em formato de cubos também foi bem sucedida, visto que se pode combinar classes hoje presentes no sistema *eFono* e efetuar a criação de modelos de cubos de dados, gerando assim visualizações gráficas sequente da análise destes dados.

O restante deste trabalho busca informar e explicar os desafios, motivações e a metodologia utilizada para a construção desta aplicação. A Seção 2 apresenta o referencial teórico do trabalho, englobando conceitos chaves do trabalho, como o padrão HL7 FHIR e a modelagem de dados em cubos, além de motivações e trabalhos relacionados e relevantes ao trabalho proposto. A Seção 3 traz o processo de planejamento e implementação da aplicação desenvolvida, mencionando todas tecnologias utilizadas, incluindo a aplicação do protocolo HL7 FHIR para importar e exportar dados e a criação de um ferramental para criação de cubos de dados a partir dos dados da plataforma, assim como mostra os resultados obtidos pela aplicação. Por fim, a Seção 4 tece a conclusão do estudo e do desenvolvimento realizado abordando o resultado obtido.

2. Referencial Teórico

Nesta seção será apresentado o referencial teórico que engloba conceitos chave utilizados no decorrer do trabalho, trabalhos relacionados e motivações que incentivaram o desenvolvimento deste trabalho.

2.1. Sistema eFono

Como relatado na Seção 1, todo o desenvolvimento irá integrar e formar outro dois módulos ao sistema existente eFono agregados em uma aplicação. Este sistema é responsável por ministrar a criação e a realização de modelos de avaliações fonoaudiológicas, além de incluir consigo um serviço de classificação automática de pronúncias feitas durante a realização de uma avaliação fonoaudiológica.

O sistema eFono fora desenvolvido na medida com que textos e artigos fossem realizados, implementando funcionalidades e módulos novos ao sistema e atualmente opera em produção auxiliando crianças de diferentes regiões quanto à problemas da fala. O artigo proposto por [Franciscatto et al. 2020] descreve com clareza os objetivos e aplicabilidades do sistema eFono como um todo, além de outros trabalhos como [Almeida 2018], [Schmaedeck 2021] e [Gassen 2021] que detalham o desenvolvimento de módulos específicos do sistema. A Figura 1 mostra o fluxograma de funcionamento do sistema de forma geral.

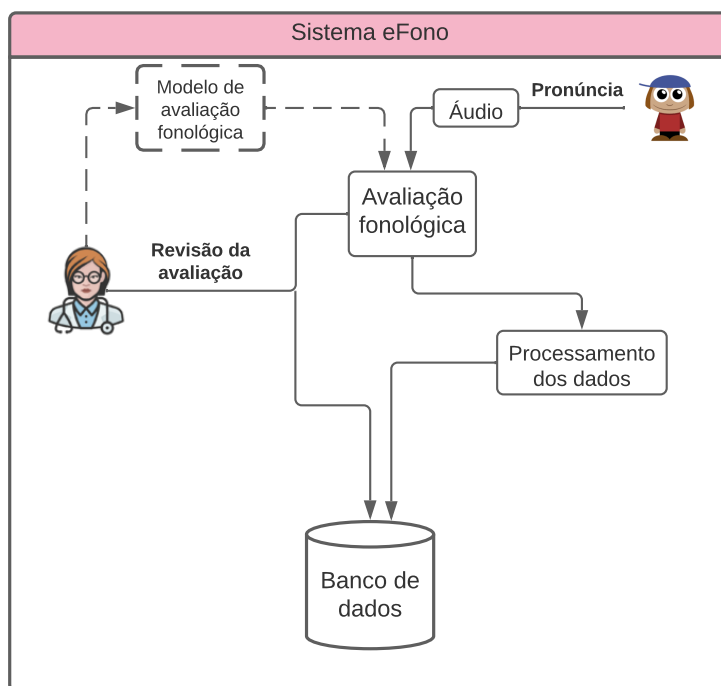


Figura 1. Conexão da aplicação desenvolvida com o sistema eFono

O presente trabalho, no contexto do sistema eFono, se trata de uma aplicação de desenvolvimento desagregado e não irá interferir ou modificar nenhuma das funcionalidades já existentes no sistema como mostrado na Figura 1. Tendo isso em vista, a única dependência necessária quando relacionado ao eFono, é a conexão com o banco de dados, o qual será explicado posteriormente com mais detalhes.

Para ambos os módulos desenvolvidos, a aplicação utilizará de quatro principais classes pertencentes ao sistema eFono. A Figura 2 mostra as classes e como elas se interconectam sendo elas a classe que representa o paciente, o modelo de avaliações fonoau-

diológicas, as avaliações fonoaudiológicas realizadas e/ou revisadas e as palavras alvo à serem pronunciadas durante a realização de avaliações.

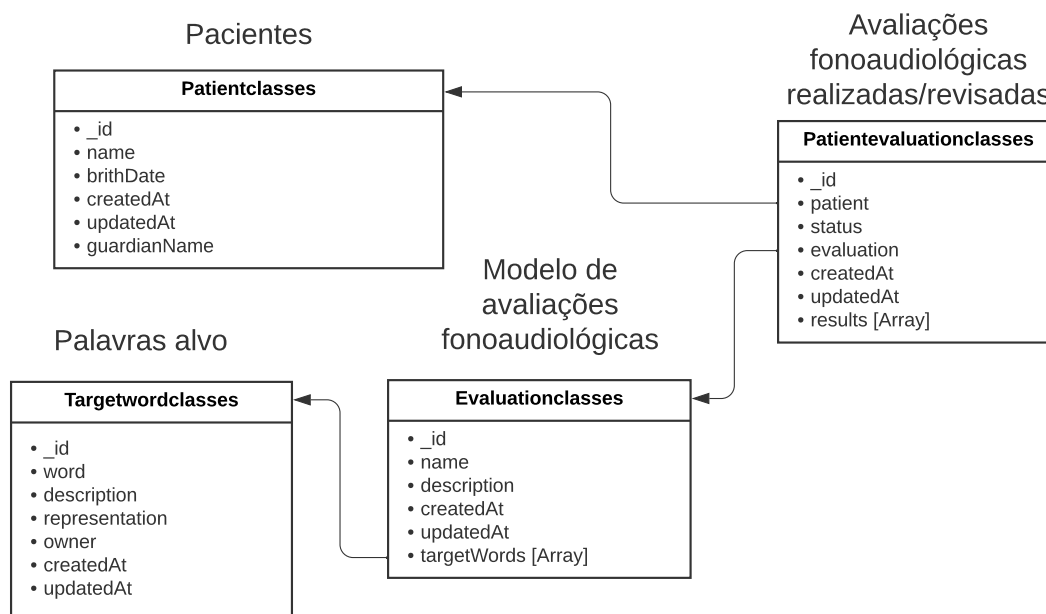


Figura 2. Modelo dos dados presentes no banco de dados do eFono

Com o sistema encontrando-se em produção, a aplicação proposta busca trazer visibilidade de demais instituições e projetos para este através da intercomunicação de dados, e conseqüentemente uma expansão ideal do todo, além de possibilitar uma melhoria em diagnósticos fonoaudiológicos à longo prazo com a prática da análise dos dados.

2.2. HL7 FHIR

Como mencionado na Seção 1, um dos objetivos do presente trabalho é alcançar interoperabilidade de dados e, para isto foi escolhido o padrão HL7 FHIR³. FHIR é uma especificação que define um conjunto de recursos usados em todo o processo de saúde, em todas as jurisdições e em muitos contextos diferentes. O protocolo possui uma infraestrutura que fornece recursos para segurança, medicação, medicina clínica, gestão de pacientes, entre outros. O padrão em questão e seus recursos podem ser melhor compreendidos através do artigo de [Bender and Sartipi 2013], o qual retrata uma revisão teórica e histórica do modelo-padrão em questão desenvolvido.

De forma objetiva, a utilização do padrão FHIR visa, em todos casos, capacitar um sistema da saúde de se comunicar com os demais utilizando dados e, sendo assim, o sistema deve ser responsável por armazenar os dados de forma padronizada ou mapeá-los para exportação e importação. O protocolo permite ao usuário a comunicação utilizando notações do meio computacional como JSON⁴, XML e Turtle⁵. Demais informações

³Disponível em: <https://www.hl7.org/fhir/>

⁴Disponível em: <https://www.json.org/>

⁵Disponível em: <https://www.w3.org/TR/turtle/>

relevantes sobre o protocolo e atributos utilizados em sua implementação podem ser encontrados no livro publicado por [Braunstein 2018].

Percebe-se que, inserido da área da medicina a qual versa sobre a fonoaudiologia, teses e trabalhos escritos utilizando padrões de interoperabilidade (neste caso o HL7 FHIR) são praticamente inexistentes, o que auxilia como forte motivação para a realização e conclusão do presente trabalho.

2.3. Cubos de dados

Dentro de um contexto onde há o objetivo de efetuar a análise de um conjunto de dados no qual os dados são heterogêneos, uma alternativa apropriada é a implementação da estrutura de dados chamada cubos de dados. Para este trabalho, a escolha da estrutura de cubos para criação dos modelos de dados se deve à maior possibilidade de combinações a serem realizadas, em razão da utilização de uma parametrização sobre três ou mais eixos variáveis.

O artigo apresentado por [Morfonios et al. 2007] disserta sobre implementações da estrutura mencionada, mais especificamente cubos de dados *OLAP* (*Online Analytical Processing*)⁶, estendendo-se sobre diversos algoritmos existentes para construção destas estruturas de dados e também mencionando possíveis problemas de redundância. Cubos de dados *OLAP* podem ser definidos como cubos de dados que, em sua forma de visualização gráfica, exploram de fato sua multidimensionalidade dos dados, elementos de rotação e vários modos de visualização.

De toda forma, decorrente à implementação dos cubos de dados, há a necessidade da criação de esquemas de análise e geração de cubos, ou seja, definir exatamente quais serão as variáveis e parâmetros que devem ser utilizados dentro a análise. A definição de parâmetros e métricas que moldam os cubos é o principal aspecto para que este resulte em um modelo completo e coerente de análise e por fim resulte em uma análise dos dados mais precisa.

Hoje, o sistema eFono recolhe numerosos dados no que diz respeito as avaliações e nenhum destes dados são utilizados em nenhuma outra ferramenta, apenas são armazenados no banco de dados do próprio sistema. Vê-se então a carência da utilização destes dados em benefício próprio do sistema e de seus colaboradores através da geração de modelos de análise que utilizem cubos de dados, provendo assim melhores tomadas de decisões. A análise dos dados servirá como benefício à sociedade de forma direta, podendo identificar e correlacionar diferentes perfis sócio-econômicos com problemas da fala em crianças para diagnósticos e tratamentos.

2.4. Trabalhos relacionados

Como este trabalho tem como objetivo tratar dados relacionados à saúde, têm-se a necessidade de compreender demais trabalhos nesta área que utilizem tanto o padrão HL7 FHIR de dados para a saúde, e também trabalhos que discorram sobre a implementação de cubos de dados para a análise, neste caso direcionado à dados na área da saúde.

Se tratando de um sistema que vise a interoperabilidade de dados também na área de saúde, o trabalho proposto por [Bettoni et al. 2021], que apresenta uma implementação

⁶Processamento analítico online

prática do protocolo de interoperabilidade HL7 FHIR para arquiteturas de microsserviço, com funcionalidades similares de navegação e registro de avaliações. O artigo apresentado também discorre acerca da metodologia e dos recursos utilizados durante a elaboração de uma aplicação para tal fim. O presente trabalho procura se inspirar no modo de implementação utilizado, sobre microsserviços, variando a modelagem do sistema e dos parâmetros do padrão FHIR a serem utilizados.

Por outro viés, a criação de modelos de dados para posterior análise é uma prática que cresce de forma gradativa no mercado tecnológico, como discutido em [Hsiao 2007]. A análise dos dados provê aos responsáveis pelos mesmos um maior embasamento a ser considerado na tomada de decisões para o futuro. Levando este tema para o contexto de análise de dados de prontuários eletrônicos (EHRs), o trabalho proposto por [Kim et al. 2016] traz uma avaliação experimental da utilização de cubos de dados para EHRs de forma anônima, o qual pode ser válido durante a implementação dos requisitos do presente trabalho. O trabalho proposto por [Ali et al. 2016] disserta sobre a utilização de BI (Business Intelligence) ⁷ para com dados da área da saúde de modo geral, utilizando também a estrutura de dados em formato de cubos de dados OLAP e apresenta benefícios desta prática.

Considerando o referencial teórico descrito, considera-se coerente a utilização do padrão proposto FHIR para o desenvolvimento do módulo direcionado à interoperabilidade de dados, além da utilização de dados estruturados no formato de cubos de dados para o desenvolvimento do módulo que propõem a visualização e análise de dados. Ademais, considera factível de utilizar-se de uma arquitetura de microsserviços durante o projeto e desenvolvimento da aplicação de forma geral.

3. Desenvolvimento da aplicação

Esta seção busca detalhar o desenvolvimento da aplicação, apresentando de forma minuciosa os detalhes de implementação para cada módulo e funcionalidade proposta, sendo a implementação da funcionalidade de interoperabilidade provida pela utilização do padrão HL7 FHIR e a funcionalidade de modelagem dos dados no formato de cubos de dados com visualização gráfica dos modelos criados, ambas a partir de informações armazenadas no sistema eFono.

Na Figura 3, pode-se verificar através de um diagrama, o fluxo geral no qual a aplicação funcionará, envolvendo o banco de dados do sistema eFono, os módulos desenvolvidos e operações de entrada e saída de dados. Nota-se que todas as funções da aplicação desenvolvida necessitam da conexão com o banco de dados do sistema eFono, bem como todas funções necessitam da interação de um usuário.

⁷Inteligência de negócio - Utilização coerente de análise de dados

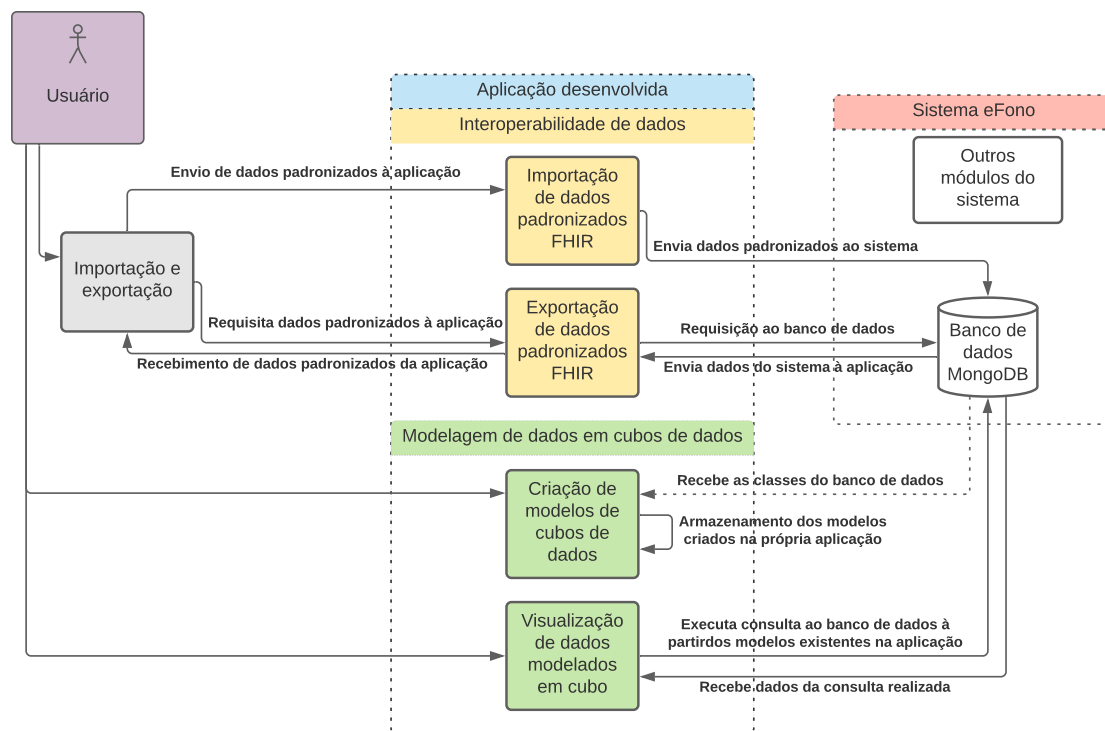


Figura 3. Fluxo geral de funcionalidades da aplicação desenvolvida

3.1. Tecnologias utilizadas

A aplicação em si foi desenvolvida utilizando-se de dois *frameworks open-source*: Node.js⁸ e Cube.js⁹. Node.js se trata de uma ferramenta utilizada para execução de códigos na linguagem de programação JavaScript. A escolha de sua utilização se deve à sua arquitetura simplificada e harmonia com a maior parte dos demais módulos do sistema eFono os quais utilizam Node.js e o tornam uma escolha ideal para implementação de microsserviços.

Para o desenvolvimento dos cubos de dados, optou-se por usar o framework Cube.js em conjunto com o previamente mencionado Node.js, porque permite a criação de modelos de dados através de informações recuperadas de um banco de dados de forma direta e produz a visualização gráfica das informações na estrutura almejada.

Os dados retirados do sistema eFono foram obtidos através de uma conexão com o banco de dados MongoDB¹⁰. A escolha do banco de dados MongoDB já havia sido previamente estabelecida no contexto do sistema e o mesmo se encaixa nas necessidades deste trabalho.

Quanto à interoperabilidade de dados do sistema, mesmo que o padrão FHIR permite a utilização de mais de um tipo de notação para a troca de dados, para esta funcionalidade da aplicação foi escolhido o uso da notação JSON e sua escolha se deve ao fato de que o formato JSON tem compatibilidade direta com o banco de dados MongoDB.

⁸Disponível em: <https://nodejs.org/>

⁹Disponível em: <https://cube.dev/>

¹⁰Disponível em: <https://www.mongodb.com/>

3.2. Importação e exportação de dados

Esta subseção aborda a implementação do módulo de importação e exportação de dados do sistema eFono na aplicação do presente trabalho, isto é, a interoperabilidade do sistema, sendo o primeiro dos dois principais objetivos almejados.

Como início ao desenvolvimento, foi estabelecida uma conexão com o banco de dados do sistema eFono, para que a aplicação possa importar dados recebidos ou exportar dados solicitados, conforme mencionado. De forma geral, para a importação, a aplicação tem como papel fundamental a verificação de coerência dos dados com o modelo dos dados armazenados no sistema, para que o mapeamento dos dados seja bem sucedido e para a exportação dos dados do sistema, a aplicação efetua o mapeamento do modelo situado no banco de dados para o padrão de interoperabilidade FHIR. A sequência desta subseção busca detalhar as duas funcionalidades deste módulo descritas.

Através da modelagem dos dados armazenados no sistema eFono, desenvolveu-se o mapeamento de modelos de dados utilizando o padrão escolhido FHIR desenvolvido utilizando como base a notação JSON. Dentre as classes utilizadas do sistema eFono a serem mapeadas, estão as classes as quais representam os pacientes, as avaliações fonoaudiológicas dos pacientes e o resultado da realização destas avaliações fonoaudiológicas, bem como as palavras a serem pronunciadas durante estas avaliações. A Figura 4 demonstra a estrutura das classes do padrão FHIR que serão utilizadas durante o mapeamento necessário para a importação e exportação dos dados.

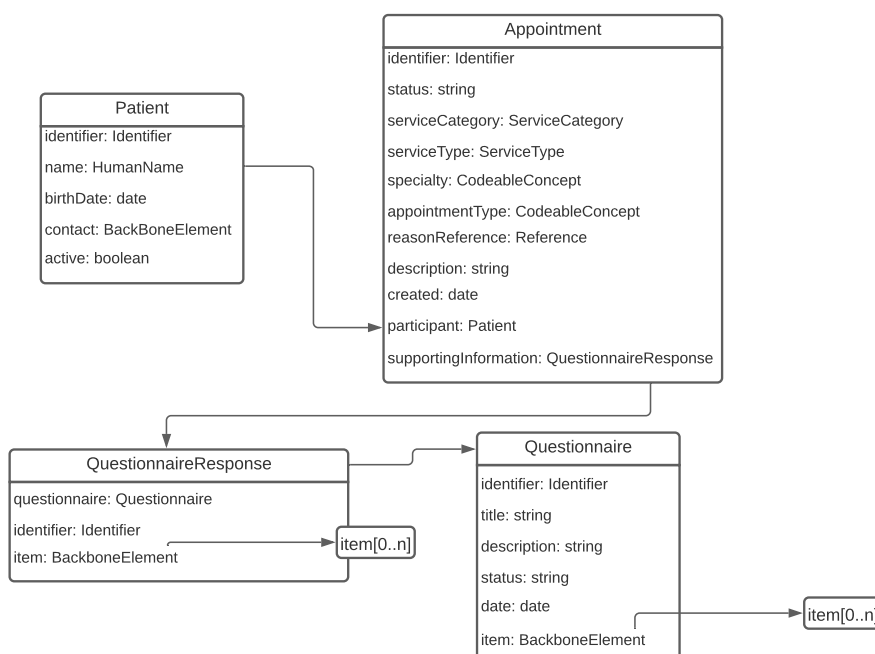
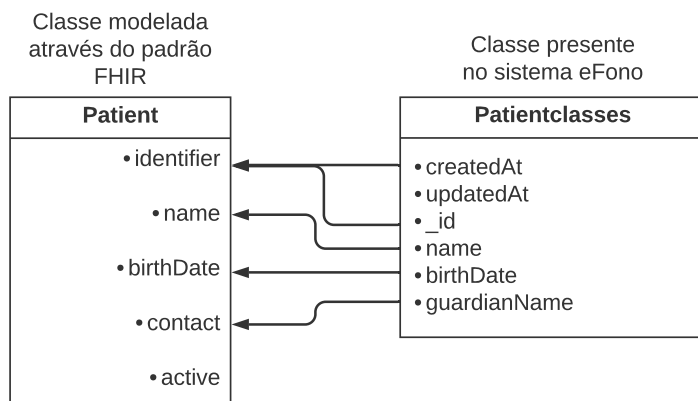


Figura 4. Mapeamento dos dados do sistema eFono para com o padrão FHIR

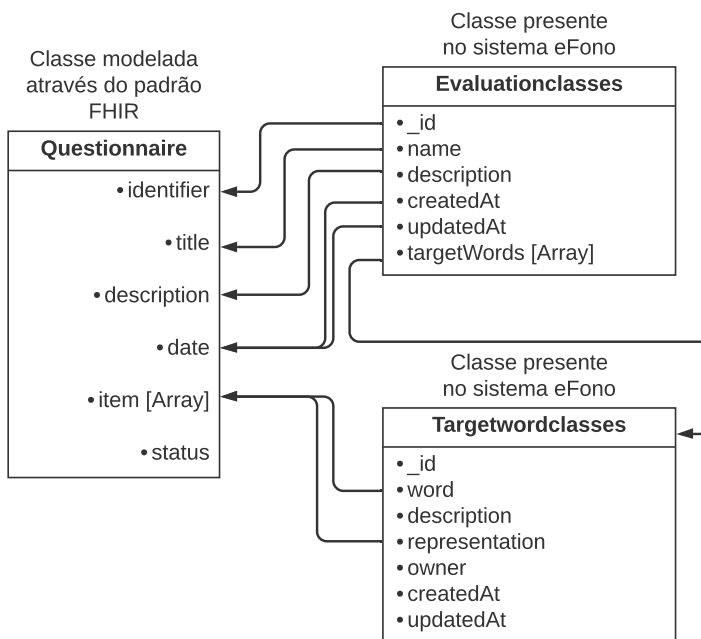
Tratando-se da interconexão dos atributos FHIR e os atributos armazenados no sistema as Figuras 5.a, 5.b, 5.c e 5.d demonstram o mapeamento quanto o modelo de dados presente no sistema eFono e o modelo proposto através da utilização do padrão. Em relação aos atributos pertencentes ao padrão FHIR os quais não são diretamente

conectados com elementos do modelo do sistema eFono, se tratam de constantes e são fixas para objetos distintos. Nota-se também no mapeamento entre os modelos de dados, atributos do modelo presente no sistema eFono que se unem e formar apenas um atributo FHIR, e isto se deve ao fato de que alguns atributos propostos se tratam de um conjunto que engloba mais de uma variável ou em alguns casos um conjunto de dados.



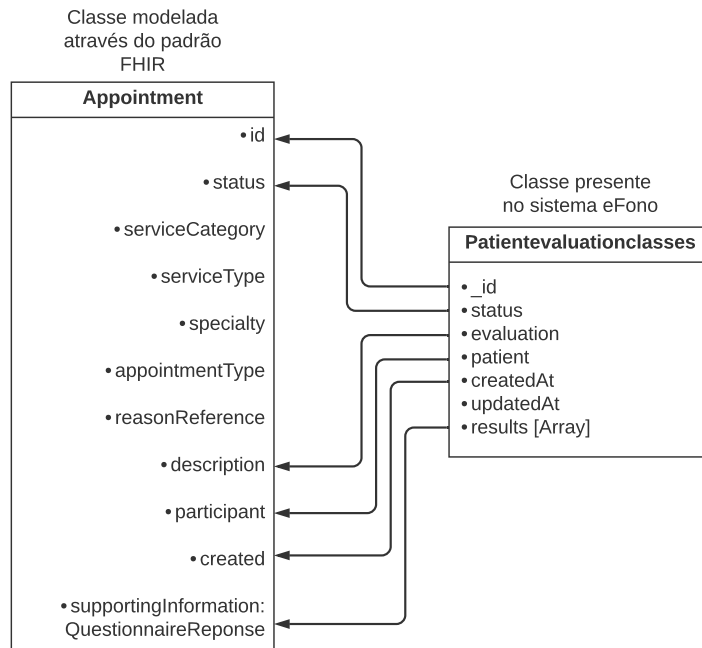
(a) Paciente

Figura 5. Mapeamento do modelo do sistema eFono para o padrão FHIR



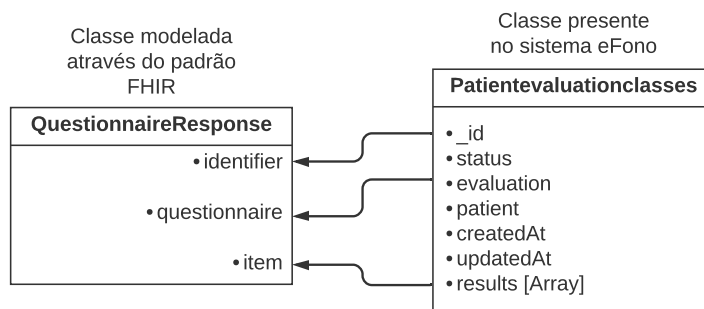
(b) Avaliações fonoaudiológicas

Figura 5. Mapeamento do modelo do sistema eFono para o padrão FHIR



(c) Avaliações fonoaudiológicas realizadas

Figura 5. Mapeamento do modelo do sistema eFono para o padrão FHIR



(d) Resultado das avaliações fonoaudiológicas realizadas

Figura 5. Mapeamento do modelo do sistema eFono para o padrão FHIR

Com os modelos de dados para o padrão FHIR definidos, a implementação das funcionalidades importação e exportação dos dados para a aplicação é necessária. A interface desenvolvida, de forma simples, utilizou apenas dois botões, um para importação, o qual abre um seletor de arquivo pertencente ao navegador web utilizado para seleção de um arquivo em JSON e outro para exportação, que automaticamente realiza o download de um arquivo JSON.

Para a importação, na seleção de um arquivo pelo usuário, a aplicação o recebe e classifica o arquivo entre válido ou inválido como um arquivo JSON e em seguida, efetua o mapeamento dos dados deste arquivo para o modelo de dados presente no sistema eFono. Caso o mapeamento não seja totalmente coerente, ou seja, os dados esperados na definição de classes do sistema eFono não são recebidos em sua totalidade, a importação é

rejeitada e nenhum dado é adicionado ao sistema e, em caso de coerência dos dados recebidos para com o modelo almejado, estes dados primeiramente são atrelados à aplicação dentre classes responsáveis por armazenar o modelo dos banco de dados, mapeia-se os identificadores (IDs) dos objetos e posteriormente integra o conjunto de dados ao sistema eFono.

A coerência dos dados necessária para a importação se dá pela necessidade de preenchimento de todos atributos utilizados na criação de um objeto de cada tipo dentro do banco de dados do sistema, não podendo haver atributos faltantes. Por exemplo, se ao importar dados de um paciente o específico campo de data de nascimento estiver faltante, os dados são considerados incoerentes pela aplicação e nada será agregado ao banco de dados do eFono.

Para fins de exportação, os dados recuperados do banco de dados são mapeados para classes que representam o padrão FHIR dentro da aplicação para que posteriormente, todas classes sejam escritas em um arquivo JSON armazenado na raiz da aplicação e por fim seja realizado o download deste arquivo contendo todas informações do banco de dados mapeadas para o padrão FHIR através do navegador web utilizado. As classes do sistema eFono são mapeadas de forma sequencial, uma a uma, para que ao fim do mapeamento, todas os objetos que representem classes FHIR existentes sejam exportados.

Para validação dos dados exportados no padrão FHIR, foi utilizada a aplicação armazenada em um servidor público o qual permite integrar dados no formato FHIR chamada HAPI FHIR¹¹ a partir de regras de negócios dispostas na própria página Web do serviço. A aplicação mencionada recebe um recurso FHIR representado em um objeto JSON do tipo Bundle (Conjunto de dados dentre o padrão FHIR) e os incorpora para à base de dados do servidor em uma única operação atômica. Os dados incorporados podem ser posteriormente buscados através de mecanismos de buscas do próprio servidor HAPI FHIR. Com os dados sendo importados pelo servidor descrito de forma correta e sendo possível a busca e localização dos dados em questão, conclui-se coerente a aplicação da padronização dos dados para exportação.

Para a validação da funcionalidade de importação dos dados modelados pelo padrão FHIR, foram utilizados apenas dados criados manualmente dentre as especificações do padrão, visto que, dentre a área de fonoaudiologia, não foram encontrados dados abertos para utilização deste funcionalidade. Para dados criados de forma manual, a funcionalidade de importação dos dados se mostrou operacional dentre suas limitações, estas que se dão pela alta rigidez no formato de dados recebidos para que estes sejam considerados coerentes para importação.

3.3. Visualização e análise de dados

Esta subseção aborda a implementação do módulo referente à modelagem de cubos de dados e visualização gráfica dos modelos criados através de dados provenientes do sistema eFono na aplicação do presente trabalho, sendo o segundo dos dois principais objetivos almejados.

Sendo implementado sobre o sistema eFono, a análise dos dados possibilitaria uma visualização precisa e congruente dos resultados das avaliações realizadas na plata-

¹¹Disponível em: <http://hapi.fhir.org/>

forma. Informações como a pronúncia de fonemas que possam gerar maior dificuldade quando relacionados à região e/ou idade da criança são valiosas, tanto no âmbito da pesquisa científica quanto para futuras tomadas de decisões. Portanto, conclusões relacionadas à perfis socio-econômicos e diferentes aspectos sociais desempenham como guia no desenvolvimento desta funcionalidade para o sistema como um todo.

Primeiramente, atrelado ao banco de dados do sistema eFono já mencionado, MongoDB, foi realizado a instalação de uma extensão chamada MongoBI¹² com o objetivo principal de transformar os dados de um banco não-relacional em dados no formato relacional para que seja possível a realização de uma análise de dados através do framework CubeJS.

Projitou-se por conseguinte, dentre a aplicação proposta, uma funcionalidade no qual permite ao usuário, através de modelos definidos na própria aplicação das classes do banco de dados do sistema eFono, a criação de cubos de dados para por fim serem utilizados como ferramenta de análise. Pondera-se também que a variedade de dados os quais podem proporcionar diferentes tipos de análise é relativamente baixa no sistema eFono e possíveis modelos à serem criados, como relacionando região da criança com demais fatores de análise, ainda não poderão ser criados.

Visto que o framework CubeJS fornece variados mecanismos de análise já implementados, é necessário apenas a definição dos modelos de classes (*schemas*) para a criação dos cubos de dados para a aplicação. Os modelos de classes são definidos utilizando a linguagem JavaScript porém recebem, em sua parametrização, um objeto JSON. Com os schemas gerados, a criação dos cubos apenas relaciona atributos de diferentes classes e por fim gera visualizações gráficas para análise. Cabe a menção de que os cubos de dados e schemas criados são salvos em arquivos JavaScript dentro da própria aplicação.

Como primeiro modelo de dados à ser criado utilizando a implementação realizada, foi modelado um cubo de dados com o propósito de relacionar a taxa de acerto na pronúncia de palavras em uma avaliação fonoaudiológica realizada para com a data de nascimento da criança a qual realizou esta avaliação. A Figura 6 mostra os parâmetros do cubo para a criação deste modelo.

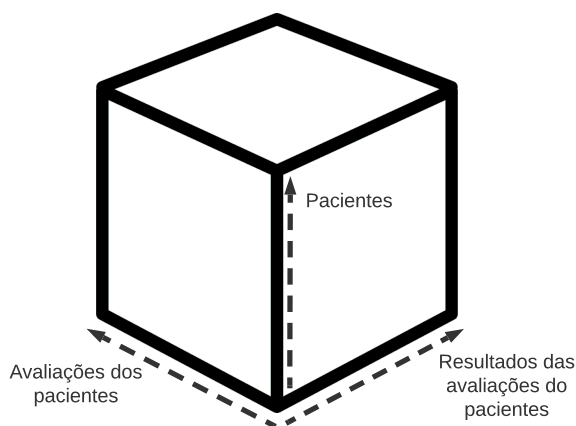


Figura 6. Modelo de cubo de dados criado relacionando pacientes, avaliações dos pacientes e seus resultados.

¹²<https://docs.mongodb.com/bi-connector/current/>

Com as classes a serem relacionadas definidas, foram criados schemas através do framework CubeJS para definição dos parâmetros para a aplicação. As Figuras 7.a, 7.b e 7.c demonstram o código JavaScript e JSON utilizado para a criação destes modelos de dados dentro a aplicação CubeJS de forma simplificada (englobando apenas o caso de uso a ser demonstrado). Os schemas estabelecem duas relações entre as classes modeladas, sendo a primeira i) a relação que define que o paciente tem zero, uma ou mais avaliações fonoaudiológicas realizadas, neste caso na Figura 7.a que representa o cubo de dados *Patient* (Paciente) através do campo *relationship* (Relação) descrito por *hasMany* em uma conjunção com *PatientEvaluation* (Avaliação do paciente) e sendo a segunda ii) a relação que define que uma avaliação fonoaudiológica realizada tem zero ou exatamente um conjunto de resultados pertencentes a esta avaliação, neste caso na Figura 7.b que representa o cubo de dados *PatientEvaluation* (Avaliação do paciente) também através do campo *relationship* (Relação) descrito por *hasOne* em uma conjunção com *PatientEvaluationResults* (Resultados de uma avaliação do paciente).

```
1 cube(`Patient`, {
2   sql: `SELECT * FROM efono.patientclasses`,
3
4   joins: {
5     PatientEvaluation: {
6       relationship: `hasMany`,
7       sql: `${PatientEvaluation.patient} = ${Patient.id}`,
8     },
9   },
10
11  measures: {
12    count: {
13      type: `count`,
14      drillMembers: [birthdate]
15    }
16  },
17
18  dimensions: {
19    id: {
20      sql: `_id`,
21      type: `string`,
22      primaryKey: true,
23      shown: true,
24    },
25    birthdate: {
26      sql: `${CUBE}.`birthDate``,
27      type: `time`
28    }
29  },
30
31  dataSource: `default`
32 });
```

(a) Pacientes

Figura 7. Modelagem simplificada dos dados provenientes do sistema eFono para com a aplicação CubeJS.

```

1 cube(`PatientEvaluation`, {
2   sql: `SELECT * FROM efono.patientevaluationclasses`,
3
4   joins: {
5     PatientEvaluationResults: {
6       relationship: `hasOne`,
7       sql: `${PatientEvaluationResults.id} = ${PatientEvaluation.id}
8     },
9   },
10
11  dimensions: {
12    id: {
13      sql: `_id`,
14      type: `string`,
15      primaryKey: true,
16      shown: true,
17    },
18    patient: {
19      sql: `patient`,
20      type: `string`
21    },
22  },
23
24  dataSource: `default`
25 });

```

(b) Avaliação dos pacientes

Figura 7. Modelagem simplificada dos dados provenientes do sistema eFono para com a aplicação CubeJS.

```

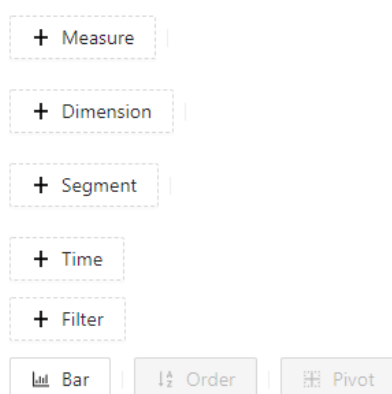
1 cube(`PatientEvaluationResults`, {
2   sql: `SELECT * FROM efono.patientevaluationclasses_results`,
3
4   measures: {
5     count: {
6       type: `count`,
7       drillMembers: []
8     }
9   },
10
11  dimensions: {
12    id: {
13      sql: `_id`,
14      type: `string`,
15      primaryKey: true,
16      shown: true,
17    },
18    resultsIsValid: {
19      sql: `${CUBE}.\"results.reviewResult.isValid\"`,
20      type: `boolean`,
21      title: `ResultsIsValid`
22    },
23  },
24
25  dataSource: `default`
26 });

```

(c) Resultados das avaliações dos pacientes

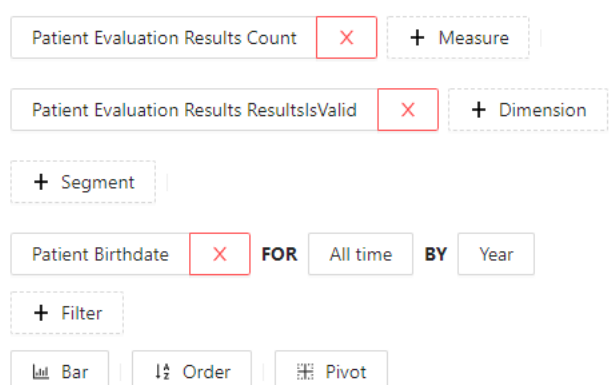
Figura 7. Modelagem simplificada dos dados provenientes do sistema eFono para com a aplicação CubeJS.

Os modelos de schemas são utilizados de forma direta para a criação de cubos de dados, utilizando-se de atributos definidos nos mesmos. A Figura 8.a e a Figura 8.b demonstram as informações utilizadas durante as telas de criação de um cubos de dados através do framework CubeJS. A definição dos parâmetros, quando visualizados na Figura 8.b ocorreu da seguinte forma: contagem de resultados das avaliações do pacientes como *Measure* (Medida), classificação desses resultados contados em validos ou não-validos como Dimension (Dimensão) e aniversário do paciente o qual realizou a avaliação como *Time* (Medida de tempo), sendo utilizada de forma anual.



(d) Modelo de dados que podem ser utilizados na criação de um cubo

Figura 8. Telas de criação de um cubo



(e) Modelo de dados preenchidos para criação de um cubo de dados

Figura 8. Telas de criação de um cubo

Através das dimensões utilizadas para a criação de um cubo de dados mostrada

na Figura 8.b, a geração gráfica acontece de forma automática. A Figura 9 mostra a visualização gráfica do esquema gerado em formato de gráfico de barras.

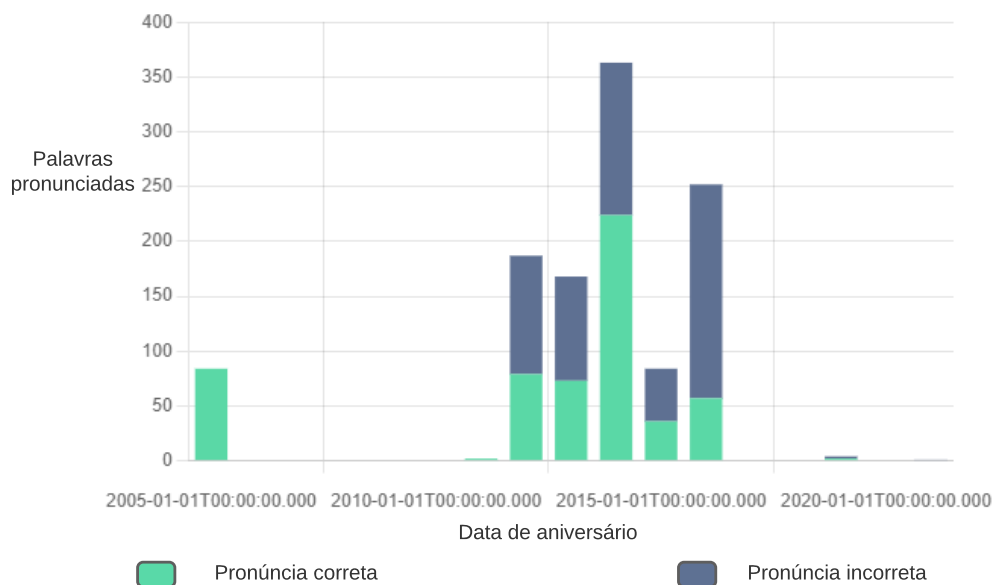


Figura 9. Gráfico resultante da criação de modelos de dados em cubo através do framework CubeJS.

Embora poucos dados foram analisados devido à baixa quantidade de avaliações fonoaudiológicas realizadas armazenadas no sistema eFono, a Figura 9 possibilita concluir que, com uma quantidade maior de dados que serão capturados no futuro do sistema eFono, os modelos gráficos se tornarão mais coerentes para análise devido a uma menor margem de erro decorrente da baixa população durante o processo de análise dos dados e assim, podendo tirar conclusões como por exemplo, que crianças de menores data de nascimento, ou seja, de mais idade, tem menor chances de efetuar a pronúncias incorreta durante a realização de avaliações fonoaudiológicas.

De toda forma, mesmo que tenha sido realizado um caso de análise específico, a aplicação desenvolvida tem suporte à criação de diferentes modelagens gráficas das classes do sistema eFono utilizando diferentes formas de relacionamento entre elas.

4. Conclusão

No últimos anos, em um contexto tecnológico, está em constante crescimento o armazenamento de dados em nuvem para área da saúde. Por conta disso, existem padrões de interoperabilidade de dados na área da saúde criados por organizações internacionais que propõem a conexão, utilizando dados, de sistemas diferentes na área de saúde. Sob outra perspectiva, com o crescimento do projeto eFono e o constante crescimento de dados armazenados, percebeu-se a oportunidade de efetuar análise destes dados e tirar conclusões que beneficiarão o sistema de forma geral, seja polarizando problemas, neste caso na fala de crianças, ou para posterior crescimento de demais módulos do sistema.

Desta forma, este trabalho proporcionou a implementação de uma aplicação com fins de implementar o padrão de interoperabilidade HL7 FHIR de modo a capacitar o sistema de efetuar importação e exportação de dados, além de implementar, através do framework open-source CubeJS, a criação de modelos no formato de cubos de dados bem como a sua visualização de forma gráfica. Portanto, através deste trabalho o sistema eFono poderá conectar-se com outros sistemas da saúde agregando visibilidade ao projeto, além de possibilitar participantes e colaboradores deste sistema de efetuar a criação de modelos de análise e efetuar melhores tomadas de decisão quanto ao futuro do projeto.

Como forma de validação à implementação da interoperabilidade de dados no sistema eFono, foi utilizado o servidor público HAPI FHIR o qual permite integrar dados dispostos no padrão FHIR se assim estiverem corretos. Já para a visualização e análise de dados propostas por este trabalho, foram projetados cubos de dados os quais permitem a construção de uma visualização gráfica e conseqüentemente de uma análise facilitada e, utilizando destes, conclusões quanto à dados existentes no sistema eFono foram apontadas.

Apesar da possibilidade de conexão do projeto eFono com demais sistemas na área da saúde, o sistema eFono abriga e suporta o armazenamento apenas de dados relacionados à fonoaudiologia e de pacientes, não englobando de forma geral todas áreas de medicina. A partir disto, somado à baixa disponibilidade de sistemas que suportem o padrão FHIR na área da saúde específica de fonoaudiologia, dados os quais podem ser importados ao sistema ainda são escassos na nuvem o que tornou dificultada a validação do módulo que engloba a importação de dados de demais sistemas para o eFono.

Como trabalhos futuros, destaca-se a reorganização de regras de negócio quando voltadas à importação de dados para o sistema eFono, efetuando a adaptação dos dados para casos não tratados, bem como efetuar melhorias quanto à captação de informações advindas do paciente de forma que seja possível a criação de novos modelos de análise a serem visualizados e analisados. Pode-se também efetuar a integração de ambas as funcionalidades descritas à plataforma front-end previamente existente do sistema eFono, tornando o sistema como um todo mais compacto no que diz respeito à quantidade de aplicações distintas.

Referências

- Ali, O., Crvenkovski, P., and Johnson, H. (2016). Using a business intelligence data analytics solution in healthcare.
- Almeida, A. T. R. (2018). Desenvolvimento de uma api rest para um sistema de auxílio na triagem de desordens da fala infantil. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Maria.
- Baumann, P., Misev, D., Merticariu, V., and H., B. P. (2018). Datacubes: Towards space/-time analysis-ready data. pages 269–299.
- Bender, D. and Sartipi, K. (2013). Hl7 fhir: An agile and restful approach to health-care information exchange. In *International Symposium on Computer-Based Medical Systems*. IEEE, 26th edition.
- Bettoni, G. N., Lobo, T. C., Flores, C. D., dos Santos, B. G. T., and da Silva, F. S. (2021). Application of hl7 fhir in a microservice architecture for patient navigation on registration and appointments. In *International Workshop on Software Engineering for Healthcare*. SEH, 3th edition.
- Braunstein, M. L. (2018). *Health Informatics on FHIR: How HL7's New API is Transforming Healthcare*. Springer.
- Franciscatto, M. H., Fabro, M. D. D., Lima, J. C. D., Trois, C., Moro, A., Maran, V., and Soares, M. K. (2020). Towards a speech therapy support system based on phonological processes early detection. *Computer Speech & Language*.
- Gassen, F. H. S. (2021). Sistema de identificação digital e refatoração aplicadas em um aplicativo para avaliações fonológicas. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Maria.
- Hsiao, C. (2007). Panel data analysis—advantages and challenges. pages 1–22.
- Iroju, O., Soriyan, A., Gambo, I., and Olaleke, J. (2013). Interoperability in healthcare: Benefits, challenges and resolutions. *International Journal of Innovation and Applied Studies*.
- Kim, S., Lee, H., and Chung, Y. D. (2016). Privacy-preserving data cube for electronic medical records: An experimental evaluation.
- Morfonios, K., Konakas, S., Ioannidis, Y., and Kotsis, N. (2007). Rolap implementations of the data cube. In *ACM Computing Surveys*. Association for Computing Machinery, 39th edition.
- Petechust, E. (2021). A inclusão e educação como insumos da saúde digital: uma análise do programa conecte sus. *Direito Administrativo e Inovação: Crise e Solução*.
- Pramanik, Dutta, P. K., Pal, S., and Mukhopadhyay, M. (2021). Healthcare big data: A comprehensive overview. *Research Anthology on Big Data Analytics, Architectures, and Applications*.
- Raghupathi, W. and Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health information science and systems*.

Schmaedeck, M. V. (2021). Sistema para construção e revisão de avaliações fonológicas voltadas à triagem de distúrbios dos sons da fala em crianças. Master's thesis, Universidade Federal de Santa Maria.

Wu, J., Ping, L., Ge, X., Wang, Y., and Fu, J. (2010). Cloud storage as the infrastructure of cloud computing.