



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**



INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO

**EQUIPAMENTO MÉDICO ASSISTENCIAL PARA
MONITORAMENTO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS**

**MOSSORÓ - RN
2018**

INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO

**EQUIPAMENTO MÉDICO ASSISTENCIAL PARA
MONITORAMENTO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof^a Cicília Raquel Maia Leite, Dr^a.
Coorientador: Prof^o Patrício de Alencar Silva, Dr.

**MOSSORÓ - RN
2018**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

B228e Barbalho, Ingridy Marina Pierre
EQUIPAMENTO MÉDICO ASSISTENCIAL PARA
MONITORAMENTO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS. /
Ingridy Marina Pierre Barbalho. - Mossoró, 2018.
92p.

Orientador(a): Profa. Dra. Cícilia Raquel Maia Leite.
Coorientador(a): Prof. Dr. Patrício de Alencar Silva.
Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-
Graduação em Ciência da Computação). Universidade do
Estado do Rio Grande do Norte.

1. Mobile Health. 2. Disfagia. 3. Sistemas Inteligentes.
4. Ontologias. 5. Histórico Alimentar. I. Leite, Cícilia Raquel
Maia. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.
III. Título.

INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO

EQUIPAMENTO MÉDICO ASSISTENCIAL PARA MONITORAMENTO DA INGESTÃO DE ALIMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

APROVADA EM: 02 / 02 / 2018.

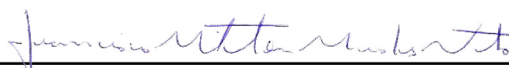
BANCA EXAMINADORA



Cicília Raquel Maia Leite, Dr^a.
Orientador (Presidente) – UERN



Patrício de Alencar Silva, Dr.
Coorientador – UFERSA



Francisco Milton Mendes Neto, Dr.
Examinador – UFERSA



**Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury
Rosa, Dr^a.**
Examinador – UNB

AGRADECIMENTOS

Gratidão é a palavra que utilizo pra expressar o meu sentimento quando olho pra trás e vejo que não estive sozinha durante essa etapa da minha vida. Sou muito grata àqueles que doaram um pouco de si, para acrescentar um pouco em mim. Todos vocês fizeram parte dessa conquista.

Inicialmente, agradeço a Deus por ter me concedido paciência e fé para enfrentar as dificuldades encontradas ao longo dessa jornada, e sabedoria e serenidade para aproveitar as oportunidades a mim proporcionadas.

À minha família, que sempre acreditou em mim e nunca me deixou desistir dos meus ideais. Aos meus pais, Antônio Barbalho e Edna Pierre, por todo amor, carinho e dedicação, e aos meus irmãos, Isabela Loreny e Yuri Felipe, que me apoiaram nas minhas decisões. Obrigada por tudo!

Ao meu amigo, companheiro e namorado, Felipe Fernandes, que esteve sempre ao meu lado com todo seu afeto, em momentos difíceis e felizes. Obrigada por externar sábias palavras nos momentos em que eu mais precisei. Você é um dos grandes responsáveis pelo meu crescimento acadêmico e pessoal.

À minha orientadora Cicília Maia e ao meu coorientador Patrício Alencar, por toda a atenção e orientação concedida. Obrigada por todos os ensinamentos que vocês me proporcionaram. Aprendi muito com vocês.

Aos meus amigos de sempre que se fizeram presente em minha vida. Em especial a Mayane Farias, Rafael Silva, Alexandre Rodrigues e Edjane Azevêdo. Vocês demonstraram que tempo e distância não destroem laços de amizade. Vocês são especiais.

Aos meus colegas de PPgCC e do LES, que compartilharam comigo momentos de aprendizagens e descontração. Em especial a Rosimery Borges, Pablo Roberto e Salatiel Dantas.

Aos profissionais de saúde que compartilharam comigo seus conhecimentos.

À CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

Enfim, agradeço a todos que, mesmo sem saber, colaboraram para o meu crescimento acadêmico.

*Não faz bem viver sonhando e se
esquecer de viver, lembre-se.*
Alvo Dumbledore

RESUMO

O uso de dispositivos móveis para o monitoramento contínuo de pacientes com uma determinada patologia pode beneficiar significativamente em sua prevenção, diagnóstico e tratamento. O objetivo deste trabalho é a construção de um Equipamento Médico Assistencial (EMA) para o monitoramento de pacientes com alguma patologia relacionada à dificuldade no processo de ingestão de alimentos e/ou Disfagia Orofaríngea. O EMA funciona através da captura dos movimentos e dos sinais sonoros gerados durante o processo de mastigação e deglutição, e, a partir disso, identifica o tipo físico do alimento, classificando-o em: i) líquido; ii) pastoso; iii) sólido. É importante ressaltar que os requisitos definidos para a construção do EMA foram retirados do contexto da Disfagia. Após a classificação, essas informações são armazenadas gerando um histórico alimentar com informações detalhadas sobre as refeições realizadas e o nível de Disfagia que o paciente se encontra. Para este fim, foi implementada uma ontologia de domínio com axiomas lógicos capazes de classificar o tipo físico do alimento deglutido tendo por base a análise dos dados capturados durante o processo de deglutição. Com o intuito de analisar os resultados gerados pelo EMA, foram realizados experimentos em ambiente real com 10 participantes, autorizado pelo comitê de ética sob o seguinte número de parecer: 2.332.026. Cada participante foi convidado a deglutir alimentos líquidos, pastosos e sólidos. Os dados gerados pelos participantes foram analisados e classificados pela ontologia desenvolvida. Ao final, os resultados apresentam 100% de acerto em relação aos experimentos realizados com alimentos sólidos, 80% de acerto em relação aos experimentos realizados com alimentos líquidos e 75% de acerto em relação aos experimentos realizados com alimentos pastosos. A análise geral do EMA apresentou o nível de acurácia de 85%. Por fim, o EMA proporcionou resultados relevantes quanto à classificação correta de dados. Assim, a equipe médica pode acompanhar, a distância, a evolução do paciente diante das informações detalhadas disponíveis no EMA, facilitando o processo de monitoramento e melhorando a qualidade de vida dos pacientes que necessitam de acompanhamento a distância.

Palavras-chave: *Mobile Health*, Disfagia, Sistemas Inteligentes, Ontologias, Histórico Alimentar.

ABSTRACT

The use of mobile devices for the continuous monitoring of patients with a particular pathology may benefit in their prevention, diagnosis and treatment. The objective of this work is the construction of a Medical Assistance Equipment (EMA) for the monitoring of patients with pathology related to difficulty in the food intake process and/or Oropharyngeal Dysphagia. The EMA works by capturing the movements and sound signals generated during the chewing and swallowing process and, from this, identifies the physical type of the food, classifying it as: i) liquid; ii) pasty; iii) solid. It is important to emphasize the requirements for a construction of EMA were taken from the context of Dysphagia. After a classification, the information is stored generating a food history, with detailed information about the meals performed and the distribution of Dysphagia that the patient is. To this end, a domain ontology was implemented with logical axioms capable of classifying the type of physical material of the swallowed food based on the analysis of the data captured during the swallowing process. In order to analyze the results generated by the EMA, experiments were carried out in a real environment with 10 participants, authorized by the ethics committee under the following opinion number: 2.332.026. Each participant was invited to swallow liquid, pasty and solid foods. The data generated by the participants were analyzed and classified by the developed ontology. At the end, the results presented 100% of correct answers in relation to experiments with solid foods, 80% of correct answers in experiments with liquid foods and 75% of correct answers in relation to experiments with pasty foods. A general analysis of the EMA presented the safety area of 85%. Finally, the EMA provided relevant results regarding correct classification of data. Thus, a medical team can monitor, from a distance, the patient's evolution onwards, the detailed information available, not EMA, facilitating the monitoring process and improving a quality of life of patients requiring remote monitoring.

Key-words: Mobile Health, Dysphagia, Intelligent Systems, Ontologies, Food History.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do <i>Design Science</i> da pesquisa.	19
Figura 2 – Arquitetura do sistema de monitoramento das clínicas nas aldeias dos países africanos.	24
Figura 3 – Exemplo de utilização das propriedades. (a) <i>Object Property</i> conectando o indivíduos por meio de uma propriedade; (b) <i>Datatype Property</i> conectando um indivíduo a um tipo de dado literal inteiro.	27
Figura 4 – Conjunto de classes que agrupam indivíduo da ontologia.	28
Figura 5 – Hierarquia do nível de reusabilidade dos tipos de ontologias.	29
Figura 6 – Processo de desenvolvimento de ontologias por meio da metodologia <i>On-To-Knowledge</i>	30
Figura 7 – Processo de desenvolvimento de ontologias por meio da Metodologia 101.	31
Figura 8 – Processo de deglutição e os principais segmentos que podem sofrer alteração do processo de condução natural do bolo alimentar em casos de Disfagia.	33
Figura 9 – Arquitetura em camada do sistema de monitoramento.	42
Figura 10 – Visão geral do EMA com a sequência de passos para o seu funcionamento.	42
Figura 11 – Equipamentos para a aquisição de dados: (a) laringofone usado para capturar os sinais sonoros gerados durante o processo de deglutição; (b) placa de acelerômetro e giroscópio usada para capturar os movimentos gerados durante o processo de mastigação.	43
Figura 12 – Fluxograma da sequência de passos para a utilização do aplicativo no processo de aquisição de dados.	45
Figura 13 – Modelagem do banco de dados do sistema.	47
Figura 14 – Principais classes da ontologia.	50
Figura 15 – Propriedade <i>isCompost</i> conectando duas classes da ontologia.	51
Figura 16 – Estrutura da ontologia.	54
Figura 17 – Classe definida <i>M_High</i>	54
Figura 18 – Classe definida <i>M_Liquid</i>	54
Figura 19 – Classe definida <i>M_Low</i>	55
Figura 20 – Classe definida <i>M_Medium</i>	55
Figura 21 – Classe definida <i>M_Unknown</i>	55
Figura 22 – Classe definida <i>S_High</i>	56
Figura 23 – Classe definida <i>S_Low</i>	56
Figura 24 – Classe definida <i>S_Medium</i>	56

Figura 25 – Classe definida <i>S_Unknown</i>	56
Figura 26 – Classe definida <i>Solid</i>	57
Figura 27 – Classe definida <i>Liquid</i>	57
Figura 28 – Classe definida <i>Pasty</i>	57
Figura 29 – Classe definida <i>Unknown</i>	58
Figura 30 – Classe definida N1.	58
Figura 31 – Classe definida N1_N3.	58
Figura 32 – Classe definida N4_N5.	59
Figura 33 – Classe definida N6_N7.	59
Figura 34 – Instâncias da ontologia criadas no <i>Protégé</i>	60
Figura 35 – Relações entre as instâncias criadas: (a) relações da instância Paciente1; (b) relações da instância alimento; (c) valores da instância movimento; (d) valor da instância audio.	60
Figura 36 – Hierarquia das classes: (a) antes da execução do motor de inferência; (b) após a execução do motor de inferência.	62
Figura 37 – Resultados da execução do motor de inferência do <i>Protégé</i> : (a) classificação do movimento; (b) classificação do audio; (c) classificação do alimento; (d) classificação do Paciente1.	63
Figura 38 – Representação gráfica da ontologia desenvolvida.	64
Figura 39 – Tela inicial do sistema web.	64
Figura 40 – Tela de cadastro de pacientes.	66
Figura 41 – Posicionamento correto dos equipamentos. (A) Placa de acelerômetro e giroscópio fixada no maxilar e (B) laringofone fixado no pescoço.	67
Figura 42 – Telas do aplicativo: (a) Tela de <i>login</i> ; (b) Tela de ativação do <i>bluetooth</i> ; (c) Tela de aquisição dos dados; (d) Funcionalidades do aplicativo.	67
Figura 43 – (a) movimento do alimento líquido; (b) sinal sonoro do alimento líquido; (c) movimento do alimento pastoso; (d) sinal sonoro do alimento pastoso; (e) movimento do alimento sólido; (f) sinal sonoro do alimento sólido.	72
Figura 44 – Interface do sistema.	73
Figura 45 – Interface do sistema.	73
Figura 46 – Resultados dos experimentos.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos níveis da Disfagia.	35
Tabela 2 – Comparação das funcionalidades dos dispositivos de monitoramento de ingestão de alimentos.	39
Tabela 3 – Comparação das funcionalidades e requisitos dos sistemas.	41
Tabela 4 – Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia.	49
Tabela 5 – Características das classes primitivas da ontologia.	50
Tabela 6 – Características das classes definidas da ontologia.	52
Tabela 7 – Características das propriedades do tipo <i>Object Property</i> da ontologia.	53
Tabela 8 – Características das propriedades do tipo <i>DataType Property</i> da ontologia.	53
Tabela 9 – Dados dos experimentos realizados com alimentos sólidos.	69
Tabela 10 – Dados dos experimentos realizados com alimento líquido.	70
Tabela 11 – Dados dos experimentos realizados com alimentos pastosos.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVE	Acidente Vascular Encefálico
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
COOPI	Cooperação Internacional
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
EMA	Equipamento Médico Assistencial
GPS	<i>Global Positioning</i>
HSA	<i>Health Surveillance Assistants</i>
IA	Inteligência Artificial
IDDSI	<i>International Dysphagia Diet Standardisation Initiative</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IMCI	<i>Integrated Management of Childhood Illness</i>
JSF	<i>JavaServer Faces</i>
LES	Laboratório de Engenharia de Software
<i>mHealth</i>	<i>Mobile Health</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
ODK	<i>Open Data Kit</i>
OPF	<i>Optimum Path Forest</i>
ORSD	<i>Ontology Requirements Specification Document</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PPgCC	Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação
QC	Questão Conceitual
QP	Questão Prática
QPP	Questão Principal de Pesquisa
QT	Questão Teórica

RNA	Rede Neural Artificial
sEMG	<i>Surface Electromyography</i>
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SI	Sistemas Inteligentes
sMIA	Sistema de Monitoramento de Ingestão de Alimentos
SMS	<i>Short Messaging Service</i>
SNE	Sonda Nasoentérica
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
WAV	<i>Waveform Audio File Format</i>
WebVOWL	<i>Visual Notation for OWL Ontologies</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMÁTICA	16
1.2	OBJETIVO GERAL	18
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4	METODOLOGIA	18
1.5	RELEVÂNCIA	20
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	MOBILE HEALTH	21
2.2	SISTEMAS INTELIGENTES	24
2.2.1	Ontologias	25
2.2.1.1	Componentes	27
2.2.1.2	Tipos de Ontologias	27
2.2.1.3	Metodologias para o Desenvolvimento de Ontologias	29
2.3	INGESTÃO DE ALIMENTOS	32
2.3.1	Disfagia Orofaríngea	33
2.4	ESTADO DA ARTE	34
2.4.1	Análise dos Trabalhos Relacionados	38
3	EQUIPAMENTO MÉDICO ASSISTENCIAL	40
3.1	VISÃO GERAL	40
3.2	ETAPA (I) - AQUISIÇÃO DOS DADOS	43
3.3	ETAPA (II) - TRATAMENTO DOS DADOS	45
3.4	ETAPA (III) - CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS	47
3.4.1	Desenvolvimento da Ontologia	48
3.4.1.1	Definição do Domínio e Escopo	48
3.4.1.2	Reutilização de Ontologias existentes	48
3.4.1.3	Enumeração dos Termos	48
3.4.1.4	Definição das classes e da hierarquia de classes	50
3.4.1.5	Definição das propriedades	51
3.4.1.6	Definição das restrições das propriedades	51
3.4.1.7	Criação das instâncias	59
3.4.2	Validação da Ontologia	61
3.4.3	Visualização da VOWL	62
3.5	ETAPA (IV) - VISUALIZAÇÃO DOS DADOS	63

4	ANÁLISE DO EMA: ESTUDO DE CASO EM AMBIENTE REAL .	65
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	65
4.2	AVÁLIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	68
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	72
5	CONCLUSÃO	75
5.1	SUMÁRIO DA PESQUISA	75
5.2	CONTRIBUIÇÕES	76
5.3	LIMITAÇÕES	77
5.4	TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A – PRODUÇÃO CIENTÍFICA	85
	ANEXOS	86
	ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP .	87
	ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA PERIÓDICO	91

1 INTRODUÇÃO

É notório que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) estão se expandindo para diferentes áreas do conhecimento. Fato este, é evidenciado nas diversas atividades que, ao passar dos anos, apresentaram evolução na realização de processos decorridos da utilização de recursos tecnológicos. Na área da saúde não é diferente, sendo perceptível que tais recursos estão se tornando mais adaptados à realização de atividades da área, por exemplo, a utilização de dispositivos móveis para o acompanhamento do tratamento e/ou recuperação de pacientes, diagnósticos, divulgação de cuidados e/ou vigilância relacionada à saúde (VALENZA et al., 2014). Em alguns casos, o Equipamento Médico Assistencial (EMA) é utilizado em ações relacionadas a diagnósticos e terapia para a saúde dos pacientes (LUCATELLI, 2002). De acordo com a Resolução-RDC Nº 2, de 25 de janeiro de 2010, o EMA pode ser conceituado como equipamento ou sistema de uso ou aplicação médica, odontológica ou laboratorial, utilizada direta ou indiretamente para diagnóstico, terapia e monitoração na assistência à saúde da população (ANVISA, 2010).

Atualmente, diversos dispositivos são desenvolvidos com o intuito de auxiliar o profissional da saúde a otimizar algumas de suas atividades rotineiras, principalmente quando se trata de casos que necessitam de acompanhamento e diagnósticos mais detalhados (DIAS et al., 2016), (NACHABE et al., 2015), (BESALEVA; WEAVER, 2014). Neste cenário surge o conceito de *Mobile Health (mHealth)*, que consiste na realização da prática médica através da utilização dos dispositivos móveis (WHO et al., 2011). Para o seu funcionamento, são desenvolvidos aplicativos, sistemas e/ou ferramentas que conectam pacientes a médicos, permitindo a troca de informação entre ambos (TENNINA et al., 2014). Os aplicativos *mHealth* estão ganhando mais funcionalidades, credibilidade e relevância no contexto atual. Isso ocorre devido a possibilidade de fornecer serviços médicos em locais de difícil acesso, permitindo o acompanhamento diário de pacientes em tratamentos (EYSENBACH; GROUP et al., 2011).

Em alguns casos, esses aplicativos processam as informações coletadas para que sejam repassadas à equipe médica com o intuito de auxiliar em decisões futuras. Para que isso aconteça de forma mais prática, é imprescindível a presença de técnicas de Inteligência Artificial (IA) que sejam capazes de expor resultados e avaliações semelhantes ao raciocínio humano (RUSSELL; NORVIG, 2003). Destaca-se, desenvolvimento de sistemas específicos direcionado para o monitoramento, prevenção, diagnóstico e/ou tratamento de uma doença, com o uso de técnicas como: Redes Neurais Artificiais (RNA) (HAYKIN, 2007), Lógica Fuzzy (SHAW, 1999), Máquina de Vetores de Suporte (SVM) (STEINWART; CHRISTMANN, 2008), entre outros. Dessa maneira, a fase de

avaliação e classificação dos dados torna-se bastante criteriosa quando se pretende chegar a conclusões mais exatas.

Dentre as mais utilizadas em problemas de um domínio específico, encontram-se as ontologias, que podem ser conceituadas como um instrumento de representação do conhecimento que são utilizados para representar um determinado domínio. Nesse sentido, as ontologias têm o intuito de descrever dados manipulados por programas computacionais, através da definição de um conjunto de termos (MARCONDES; CAMPOS, 2008). O desenvolvimento de ontologias tem ganhado espaço em sistemas que envolvem grandes volumes de dados. Para extrair informações mais precisas, a ontologia tem a finalidade de organizar esse conjunto de dados de maneira que sejam criados conceitos sobre um determinado domínio que facilite sua compreensão (MORI; GOTTSCHALG-DUQUE; SILVA, 2008). É possível encontrar o uso de ontologias em diversas áreas do conhecimento, tais como: educação, segurança, economia, saúde, entre outras.

Diante dos conceitos explanados, este trabalho apresenta a construção de um Equipamento Médico Assistencial *mHealth* para o monitoramento de pacientes com alguma dificuldade no processo de ingestão de alimentos.

1.1 PROBLEMÁTICA

A dificuldade de deglutição pode ser considerada um tipo de deficiência que proporciona consequências severas ao estado de saúde de um paciente. Em alguns casos, essa dificuldade é diagnosticada como Disfagia Orofaríngea, um sintoma bastante comum em doenças neuromusculares degenerativas, encefalopatias, demências, traumas de cabeça ou pescoço, Acidente Vascular Encefálico (AVE) (SANTOS, 2015), efeitos colaterais de medicamentos ou quadro degenerativo próprio de envelhecimento (SANTORO, 2008). Quando diagnosticada precocemente, há grandes chances de recuperação (SIVERTSEN; GRAVERHOLT; ESPEHAUG, 2017). Porém, quando diagnosticada de forma tardia, seu tratamento passa por fases mais complexas e demoradas, necessitando de acompanhamento mais detalhado. Devido à dificuldade de deglutição, o paciente com Disfagia pode ter consequências graves causadas pela interrupção da alimentação, podendo ocasionar danos relacionados ao estado nutricional, aspectos psicológicos, social e, em alguns casos, levar o paciente a óbito (SILVA, 2015). Cerca de 20% da população acima de 50 anos apresenta a Disfagia e, aproximadamente 95% dos pacientes com a doença de Parkinson também apresentam Disfagia (PADOVANI et al., 2007).

O paciente com Disfagia precisa de maior atenção. Quando monitorado diariamente, é possível perceber se houve progressão e, a partir disso, tomar medidas que possam auxiliar em sua recuperação (MOREIRA, 2015). O histórico das refeições do paciente, contendo informações precisas sobre o seu estado, pode auxiliar a equipe médica a mostrar um diagnóstico mais exato. Atualmente, existe uma grande lacuna

no conhecimento em relação ao tratamento da Disfagia (KREKELER et al., 2017). Com isso, percebeu-se a oportunidade de construir um EMA próprio para o monitoramento das patologias relacionadas à dificuldade no processo de ingestão de alimentos e/ou Disfagia.

Diante do exposto, a problemática do presente trabalho aborda questões que procuram explorar o contexto da Disfagia e, com isso, realizar o procedimento necessário para melhorar o seu monitoramento, acompanhando pacientes com dificuldades de deglutição. Para isso, foram aplicados os paradigmas contidos no *Design Science*, explicitado por Hevner et al. (2004), para o desenvolvimento desse trabalho. Segundo o autor, o *Design Science* busca soluções para um problema através da aplicação de novos conhecimentos científicos, identificando o que realmente é eficaz para uma determinada pesquisa. Por conseguinte, foram definidas questões de pesquisa que exploram o contexto do monitoramento da Disfagia Orofaríngea.

Considerando o cenário supracitado, foi definido, de acordo com o *Design Science*, a seguinte Questão Principal de Pesquisa (QPP): *Como utilizar os recursos tecnológicos (técnicas de Inteligência Artificial) para otimizar a análise e classificação de dados no contexto do monitoramento de doenças (Disfagia Orofaríngea)?*

Para melhor estruturar o contexto da pesquisa, a QPP deriva outras questões de pesquisa, divididas em três subconjuntos: Conceitual, Tecnológica e Prática. As Questões Conceituais (QC) abordam conhecimentos necessários para a compreensão do problema discutido. As Questões Tecnológicas (QT) abordam recursos pertinentes à tecnologia e posteriormente almejam a otimização de determinadas atividades. As Questões Práticas (QP) buscam utilizar, em um contexto específico, o que foi produzido e analisar os seus respectivos resultados. A seguir, será apresentada o conjunto de questões.

- **QC 1:** Quais os atuais problemas encontrados no monitoramento da Disfagia?
 - **QC 1.1:** Quais são as ferramentas utilizadas para amenizar esses problemas?
 - **QC 1.2:** Quais são os recursos computacionais utilizados nessas ferramentas?
 - **QC 1.3:** Quais são os requisitos fundamentais de um sistema de monitoramento na perspectiva dos *stakeholders*?
- **QT 2:** Como deve ser a estrutura de um sistema de monitoramento da Disfagia?
 - **QT 2.1:** Quais são os padrões arquiteturais encontrados nos sistemas de monitoramento de doenças relativas à ingestão de alimentos?
 - **QT 2.2:** Quais recursos computacionais (ex: inteligência artificial) podem ser utilizados no sistema? Como esses recursos podem ser implementados e validados?
- **QP 3:** Como avaliar a eficiência desse sistema?

- **QP 3.1:** Como avaliar o nível de autonomia e acurácia dos resultados obtidos pelo EMA?
- **QP 3.2:** Em quais contextos, além do monitoramento da Disfagia, esse dispositivo pode ser utilizado? Quais as suas limitações?

Por fim, pretende-se, ainda, traçar quais os resultados almejados para responder às perguntas definidas e à metodologia que será utilizada para chegar a essas respostas. Assim, a pesquisa finalizará o ciclo de aplicação do *Design Science* proporcionando informações essenciais para o seu desenvolvimento.

1.2 OBJETIVO GERAL

Construção de um Equipamento Médico Assistencial para o monitoramento contínuo da ingestão de alimentos, no qual, através da análise do som e movimento gerados durante o processo de mastigação e deglutição, o EMA será capaz de classificar o tipo físico do alimento deglutido.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

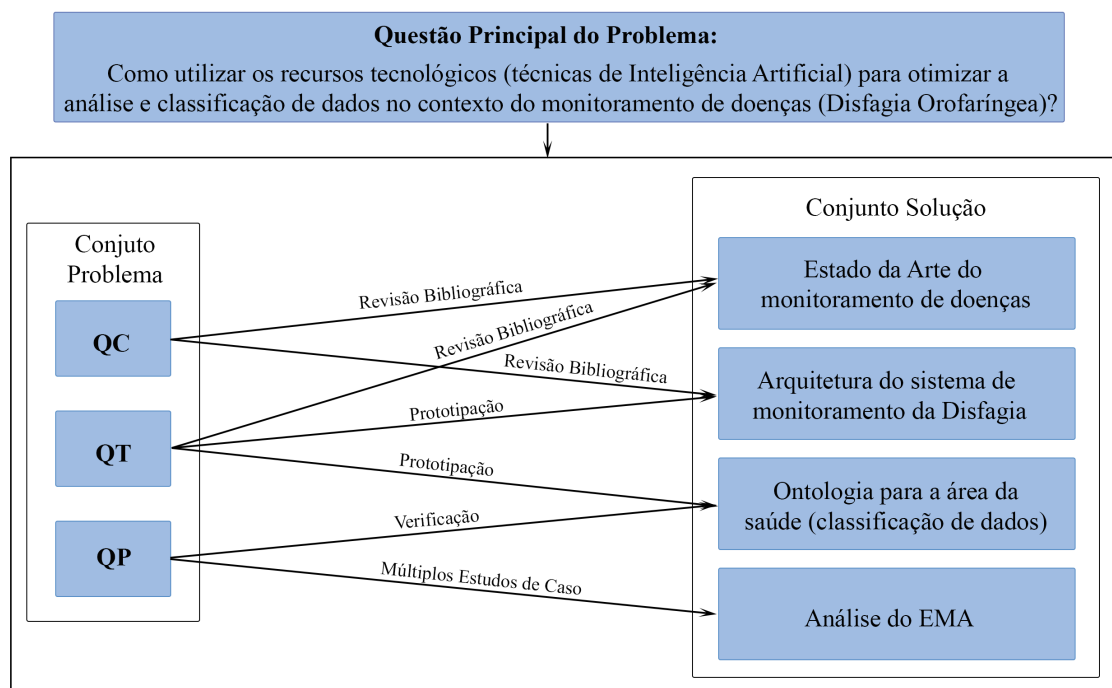
- Identificar os requisitos e funcionalidades essenciais para a construção do EMA;
- Verificar a viabilidade do uso de ontologias para a etapa de classificação dos dados;
- Analisar o desempenho do EMA através de experimentos realizados em ambiente real.

1.4 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos pela pesquisa, a metodologia foi dividida em quatro etapas. A Figura 1 apresenta o *Design Science* dessa pesquisa. Após a definição do conjunto problema (questões de pesquisa), foi definida a metodologia utilizada para chegar ao conjunto de soluções (artefatos) almejadas.

A revisão bibliográfica é um método que responde às QC e a algumas das QT, proporcionando o estado da arte e a arquitetura dos dispositivos de monitoramento. As demais QT são respondidas por meio da prototipação do sistema, que resulta na ontologia para a classificação dos dados. A verificação e os múltiplos estudos de caso são métodos utilizados para a validação do sistema, bem como da própria ontologia desenvolvida. As etapas percorridas pela metodologia utilizada serão definidas a seguir:

- (i) Revisão Bibliográfica. Primeiramente foi realizada uma pesquisa exploratória sobre as principais abordagens e técnicas para a construção do EMA, bem como o *mHealth*, dispositivos para o monitoramento de ingestão de alimentos já existentes

Figura 1 – Estrutura do *Design Science* da pesquisa.

Fonte: Autoria própria

no meio científico e os dispositivos que têm como objetivo monitorar o problema da Disfagia. Também foi necessário realizar uma revisão bibliográfica sobre ontologia, expondo a sua utilização para a classificação de padrões. Esta revisão tem como objetivo a formulação teórica com julgamentos científicos em todas as etapas a serem desenvolvidas, bem como o estudo dos principais conceitos destas áreas relacionados aos problemas abordados no projeto apresentado. Buscando o aperfeiçoamento do referencial teórico da pesquisa, o mapeamento do conhecimento médico foi realizado em conjunto com um fonoaudiólogo especialista em problemas relacionado à deglutição de alimentos;

- (ii) Prototipação. Com os conhecimentos adquiridos na etapa anterior, foi desenvolvido um protótipo baseado na arquitetura do EMA. Houve também a implementação do sistema inteligente, com o uso de ontologias, cujo o intuito foi analisar e classificar os dados capturados durante o processo de ingestão de alimentos. Nessa etapa foi desenvolvida a interface gráfica para a visualização dos dados classificados;
- (iii) Verificação da ontologia. Após a implementação da ontologia, foi realizada a verificação da corretude, completude e consistência, e a validação prática e teórica. Ao final desses procedimentos, a ontologia foi considerada correta e válida para a utilização no EMA proposto;

- (iv) Múltiplos Estudos de Caso. Com a ontologia validada e com o sistema desenvolvido, foram realizados múltiplos estudos de caso para a validação do EMA com a integração de todos os seus módulos. O protótipo foi validado por meio da utilização em um ambiente real com pacientes que não possuem diagnóstico da Disfagia.

1.5 RELEVÂNCIA

Este trabalho atende a uma demanda de soluções inovadoras de *software* exigidas na área médica. Devido ser uma tecnologia *mHealth*, o processo de monitoramento a distância de pacientes poderá ser mais simples, por meio do qual a equipe médica poderá obter mais detalhes do estado do paciente mesmo sem sua presença constante. Os resultados desta pesquisa contribuem significativamente para os profissionais da saúde, principalmente fonoaudiólogos, nutricionistas, entre outros, que necessitam realizar o controle da mastigação dos seus pacientes, como forma de garantir uma melhor qualidade de vida aos mesmos. Dessa maneira, as técnicas de IA podem contribuir significativamente para o engrandecimento dos sistemas de acompanhamento/monitoramento de doenças, expondo resultados semelhantes à observação humana.

Para a área da ciência da computação, este trabalho contribui com a propagação da utilização das suas técnicas computacionais aplicadas à resolução de problema, cujo objetivo é a análise e a classificação de dados.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, abordando conceitos pertinentes aos principais assuntos tratados nessa pesquisa, bem como o *mHealth*, Ontologias, o processo de ingestão de alimentos e a Disfagia Orofaríngea; o capítulo 3 explana a solução proposta diante a problemática definida, mostrando as etapas necessárias para a construção do EMA, sua arquitetura, seus módulos e desenvolvimento da Ontologia proposta; o capítulo 4 apresenta a análise do EMA realizada por meio da aplicação de múltiplos estudos de caso em ambiente real; e, por fim, o capítulo 5 expõe a conclusão com as respostas das questões de pesquisa definidas e os trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta as definições e os conceitos das técnicas e ferramentas encontradas na literatura que serão aplicadas nesse trabalho. Dessa maneira, suas subseções estão organizadas da seguinte forma:

2.1 Mobile Health: Aborda os principais conceitos, informações e aplicações do *Mobile Health*;

2.2 Inteligência Artificial: Aborda as principais definições encontrada na literatura sobre a inteligência artificial e ontologias;

2.3 Ingestão de Alimentos: Aborda informações importantes sobre o processo de ingestão de alimentos e da Disfagia Orofaríngea;

2.4 Estado da Arte: Apresenta os principais trabalhos que abordam assuntos interligados ao objetivo dessa pesquisa.

2.1 MOBILE HEALTH

O uso de dispositivos móveis em variados setores para otimizar processos é bastante comum. A utilização desses recursos na área da saúde é referenciada como *mHealth* (*Mobile Health*) ou saúde móvel. De acordo com WHO et al. (2011), o *mHealth* pode ser conceituado como práticas médicas fornecidas através do uso de aparelhos móveis, tais como *smartphones*, *tablets*, computadores pessoais, entre outros. A sua utilização engloba desde serviços de mensagens curtas, do inglês *Short Messaging Service* (SMS), a atividades mais complexas como obtenção e transferência de dados, serviços de telefonia móvel, sistema de posicionamento geográfico, do inglês *Global Positioning System* (GPS), entre outros. A grande evolução e popularização dos dispositivos móveis proporcionou aos seus usuários acesso a diversos serviços independente da sua localização, com a ideia de acesso a informações a qualquer hora e em qualquer lugar (FIGUEIREDO; NAKAMURA, 2003). Isso acontece devido ao conceito que envolve processamento, mobilidade e comunicação sem fio, que se torna adequado para aplicação em sistemas *mHealth*, proporcionando, assim, a expansão do atendimento a serviços de saúde a pacientes que residem em locais de difícil acesso e/ou em locais com ausência de atendimento médico.

Atualmente, os dispositivos móveis possuem excelente capacidade de processamento, armazenamento e comunicação, demonstrando-se, desse modo, ideal para o monitoramento da saúde humana. As aplicações desenvolvidas para esses dispositivos, na maioria dos casos, dispõe de sistemas eficientes que proporcionam melhoria ao serviço de saúde (FREE et al., 2010). Os *smartphones*, aparelhos considerados mais pessoais, podem ser utilizados juntamente com um *software* específico para o monitora-

mento de uma determinada doença. Portanto, esses dispositivos podem ser vistos como alternativas de baixo custo, se comparados aos demais aparelhos para monitoramento, com alta usabilidade e direcionados aos pacientes (MOSER; MELLIAR-SMITH, 2015). Diante da sua capacidade de comunicação a longa distância, o *mHealth* expande o acesso a informações e consegue transmitir dados precisos em momentos cruciais. De maneira objetiva, os profissionais envolvidos, com acesso aos dados obtidos pelos dispositivos de monitoramento, podem realizar um diagnóstico mais conciso e fornecer aos pacientes acesso aos cuidados de saúde essenciais para a sua recuperação (ALAM; KHANAM; KHAN, 2010).

O *mHealth* pode ter diversas aplicações na área médica. As principais são citadas a seguir (FAVA, 2014):

- Gestão de reservas. Em locais de difícil acesso, a população fica totalmente dependente da disponibilização de medicamentos dos postos de saúde. Quando esses postos deixam de dispor medicamentos, essa informação deveria chegar rapidamente aos postos de recarga para que os medicamentos ausentes fossem repostos. Com a aplicação do *mHealth*, nesse caso, a troca de informações seria mais eficiente, proporcionando rapidez neste processo.
- Vigilância sobre doenças. Em alguns lugares, as informações sobre os casos de doenças específicas são recolhidas por meio de formulário de papel. Com a tecnologia do *mHealth*, essas informações podem ser registradas em formato digital e transmitidas de imediato, podendo contribuir em dados estatísticos. Com isso, mensagens de alerta podem ser enviadas de acordo com as estatísticas existentes, colaborando para a prevenção e surto de doenças graves.
- Identificação e rastreamento do paciente. O *mHealth* pode auxiliar no monitoramento de pacientes diagnosticados com uma determinada doença ou problema que necessita de monitoramento para registrar a evolução da situação do paciente. Esse método facilita o rastreamento de pacientes que retornam ao centro de saúde através da consulta do seu histórico como paciente.
- Campanhas de divulgação ou aviso. Os dispositivos móveis são utilizados com frequência por organizações de saúde em países desenvolvidos para divulgação de mensagens relacionadas à saúde. De fato, algumas comunidades apresentam condições precárias relativas às tecnologias. Porém, se pelo menos uma pessoa de cada comunidade dispor de um dispositivo móvel, com acesso a informações importantes sobre a saúde, estas poderiam orientar os demais membros da comunidade disseminando fatos atuais relacionados à saúde.

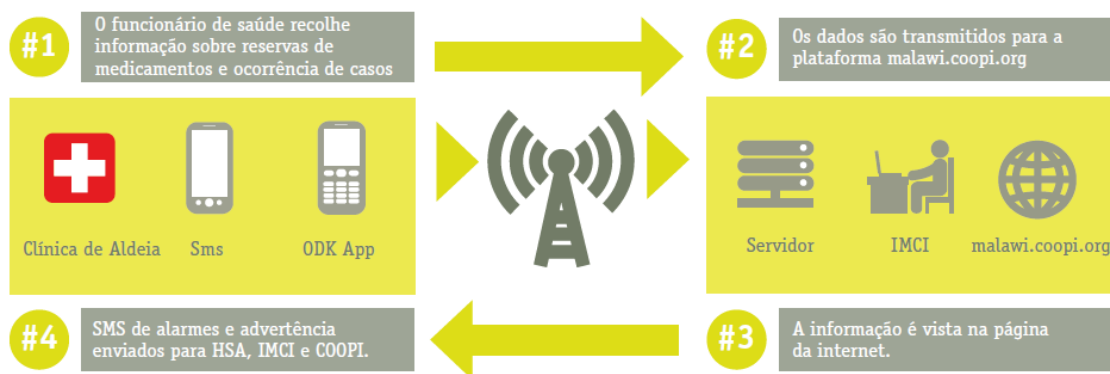
- Instrumento para diagnóstico. Aplicativos para *smartphones* podem incluir algoritmos que auxiliam os profissionais da saúde, durante as visitas dos pacientes, oferecendo linhas de orientação para diagnósticos e tratamentos.

Consulting (2009) relata que a saúde dos pacientes que utilizam algum recurso de *mHealth* melhorou em três aspectos diferentes. Apresentou melhora no cumprimento do regime de tratamento, na sensibilização da população e no acompanhamento da doença. Ainda assim, apresenta vantagens como: superar as dificuldades da grande extensão geográfica, reduzir os custos relativos à saúde e tornar mais acessível os serviços de saúde a diferentes públicos. Porém, a implantação do *mHealth* para sanar os problemas de saúde ainda encontra barreiras. Ainda há parte da população que não possui habilidade suficiente para manipular os dispositivos móveis, levando à tona o receio de utilizar novas tecnologias. É válido lembrar que a infraestrutura de equipamentos utilizados para o armazenamento e transmissão de dados podem não garantir ao paciente total privacidade, confidencialidade e impedimento de atitudes maliciosas (FENG, 2011).

A Figura 2 apresenta a arquitetura e funcionamento de um projeto *mHealth* implantado em uma aldeia dos países da África. O COOPI (Cooperação Internacional, do italiano *Cooperazione Internazionale*) desenvolveu o sistema supracitado com o objetivo monitorar a gestão de reservas de medicamentos em clínicas das aldeias e o surto de doenças. As clínicas das aldeias são administradas por funcionários governamentais, Assistentes da Vigilância de Saúde (HSA, do inglês *Health Surveillance Assistants*), cuja sua missão é realizar visitas básicas aos moradores da aldeia e fornecer medicamentos básicos. As informações adquiridas pelos HSA são organizadas nos dispositivos móveis com o auxílio do excel e demais ferramentas (*Open Data Kit – ODK*), e posteriormente enviadas para a plataforma do projeto por meio da internet. Essas informações ficam disponíveis do site do projeto, no qual o Programa de Gestão Integradas de Doenças Infantis (IMCI, do inglês *Integrated Management of Childhood Illness*) tem acesso as informações e com isso, podem enviar alarmes e advertências para os envolvidos no projeto encontrados nas aldeias. Ou seja, o sistema apresentado mostra a troca de informações mais eficaz entre profissionais envolvidos que se encontram geograficamente distantes, proporcionando soluções para problemas encontrados em locais que não possuem o número de profissionais suficientes para atender a demanda necessária.

Diante do exposto, o conceito do *mHealth* é de extrema importância para o trabalho desenvolvido. A troca de informações contínua entre médico e paciente, a distância, pode contribuir de maneira significativa para o acompanhamento de pacientes com Disfagia. As informações adquiridas e processadas pelo sistema podem ser armazenadas gerando uma espécie de histórico alimentar do paciente, auxiliando a equipe médica a acompanhar a evolução do paciente.

Figura 2 – Arquitetura do sistema de monitoramento das clínicas nas aldeias dos países africanos.



Fonte: (FAVA, 2014)

2.2 SISTEMAS INTELIGENTES

Atualmente é possível desenvolver Sistemas Inteligentes (SI) capazes de extrair informações de um contexto específico e utilizá-las para a solução de um determinado objetivo. Em alguns casos, com o auxílio de sensores e demais recursos, esses SI adquirem informações adequadas para desempenhar tarefas ou resolver problemas existentes no mundo real (REZENDE, 2003). Um dos componentes essenciais para a eficácia desses sistemas é o reconhecimento de padrões, que pode ser conceituado como o ato de observar um conjunto de dados brutos e classificá-los, baseando-se na classe ou categoria pertinente ao sistema (DUDA; HART; STORK, 2012). Essa classificação é realizada através de conhecimentos já obtidos em etapas anteriores ou a partir de informações estatísticas extraídas dos padrões definidos. O reconhecimento de padrões é realizado por meio das seguintes etapas: (i) a aquisição e o pré-processamento dos dados, (ii) a representação dos dados e (iii) a tomada de decisão com base nas informações extraídas (JAIN; DUIN; MAO, 2000). Com isso, é de suma importância definir uma técnica ou conjunto de técnicas que tenham um bom desempenho ao realizar tais etapas.

A utilização das técnicas de Inteligência Artificial (IA) para a resolução de problemas e atividades complexas encontram-se cada vez mais em evidência. É notório a presença da IA em diversas áreas de conhecimento, desde tarefas específicas de jogos a diagnósticos de doenças. Com a definição de um conjunto de regras sobre determinado domínio específico, diversos sistemas são desenvolvidos baseados em técnicas de IA para desempenhar tarefas capazes de auxiliar os seres humanos em suas atividades do cotidiano (RUSSELL; NORVIG, 2003). Devido a sua grande abrangência, a IA pode ser conceituada de diversas maneiras. De acordo com Kurzweil (2000), a IA pode ser entendida como uma maneira de desenvolver máquinas capazes de realizar funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas. Para Shannon, Mayer e Adelsberger

(1985), a IA é definida como sistemas projetados para compilar a experiência de um conjunto de especialistas de uma área de atuação perante um conjunto de regras bem definidas. Essas regras são utilizadas para gerar inferências e sugerir uma ação para o tratamento de um determinado problema, por exemplo, a utilização de ontologias para representar o conhecimento de um determinado domínio.

2.2.1 Ontologias

Quando se trata do imenso volume de dados, é essencial o uso de técnicas de organização para que a semântica de um determinado domínio de conhecimento possa ser compreendida. A organização dos dados proporciona benefícios aos sistemas de informação, reduzindo a ubiquidade dos termos, permitindo o relacionamento entre conceitos e representações, diminuindo, assim, a variação terminológica e, consequentemente, formalizando a representação das informações (MORI; GOTTSCHALG-DUQUE; SILVA, 2008). Para a organização desse elevado número de informações, existe a proposta de elaboração de vocabulários que definem conceitos e relacionamentos usados para descrever e representar uma área específica de conhecimento. Dependendo da complexidade dessas informações, esses vocabulários podem ser identificados como ontologias (W3C, 2017).

O termo Ontologia surgiu na filosofia como a área de estudo da natureza do ser, conceituada como um sistema particular de categorias que explicam as coisas existentes no mundo (GUARINO et al., 1998). Com o decorrer dos anos, esse termo foi adaptado para a utilização nas diversas áreas da Ciência da Computação, em especial nas áreas de Inteligência Artificial, *Web Semântica* e na Ciência da Informação, atuando como uma técnica de formalização de representação do conhecimento (KOBASHI, 2007). Nessa área, as ontologias são utilizadas para capturar conhecimento de um domínio específico e fornecer variadas maneiras de representar uma determinada área de conhecimento, de forma que não haja ambiguidade, viabilizando o compartilhamento e a reutilização desse conhecimento entre os sistemas computacionais heterogêneos (BOTELHO; PIRES, 2008). Assim, as ontologias podem ser entendidas como a modelagem do conhecimento que possui uma gama de informações (MORI; GOTTSCHALG-DUQUE; SILVA, 2008).

Diversas definições apresentam pontos de vista complementares e diferentes da mesma realidade. Swartout et al. (1996) apresenta a ontologia como um conjunto de conceitos organizados em estrutura hierárquica que descrevem um determinado domínio, servindo como base de conhecimento. Gruber (1993) afirma que uma ontologia é a especificação precisa de uma conceitualização. Diante disso, é possível afirmar que as ontologias visam captar o conhecimento consensual de forma generalizada para que esse conhecimento possa ser reutilizado e compartilhado entre seres humanos e *softwares* (GOMEZ-PEREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ; CORCHO, 2006).

Para Almeida e Bax (2003), as ontologias podem proporcionar melhorias no

processo de recuperação da informação devido à organização do conteúdo de fontes de dados que compõem um domínio. Além disso, as ontologias proporcionam formas de representação baseadas em lógica, o que permite a utilização de mecanismos de inferência para criar novo conhecimento a partir do conhecimento existente. Dessa maneira, a ontologia apresenta-se evoluída em relação as demais técnicas tradicionais.

A análise ontológica é um método capaz de identificar a complexidade de um problema por meio das descrições da linguagem natural utilizando uma terminologia estruturada (LUZ, 2013). Essas descrições são derivadas das taxonomias que fornecem definições completas e específicas do problema. A manipulação das informações é considerada extremamente maleável e bem adaptada devido à perspectiva de entendimento do desenvolvedor da ontologia sobre o problema. Dessa maneira, ontologias podem ser utilizadas para realizar a análise lógica de uma determinada estrutura, pesquisar o conhecimento prático, interpretar soluções para problemas complexos e mal estruturados (RAMAPRASAD; PAPAGARI, 2009).

Diante dos conceitos apresentados referente a ontologias, é perceptível que essa técnica pode ser utilizada em projetos de diversas áreas do conhecimento. A bioinformática é uma área que utiliza recursos de ontologias para compor a formação do seu conhecimento e compartilhá-las de maneira mais simples. Por exemplo, Besbes e Baazaoui-Zghal (2016), propõem uma abordagem de extração de informações médicas relevantes da *Web* como registro de pacientes, livros eletrônicos, artigos de pesquisa entre outros, com o intuito de alcançar a interoperabilidade semântica e oferecer uma maneira de lidar com informações vagas e imprecisas sobre a área médica. A solução apresentada foi integrar ontologias baseadas em lógica *fuzzy*. Dessa maneira, seria possível a compreensão de conceitos médicos ambíguos por meio da recuperação da informação.

Em outra área mais distante da área médica, Zhao et al. (2016) apresentam um problema desafiador para melhorar a segurança dos veículos autônomos por meio de decisões rápidas com o uso de ontologias. Nessa obra, as ontologias são usadas para representar o conhecimento de dados de sensores para veículos autônomos para situações de tráfego conscientes. Assim, o sistema de tomada de decisão rápida utiliza apenas parte da base de conhecimento baseada na ontologia proposta, e executa o raciocínio em tempo real por intermédio dos regulamentos de trânsito e das informações contidas na base de conhecimento.

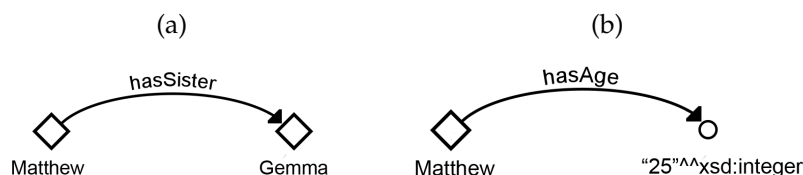
A literatura expõe obras com a abordagem de diversas utilizações de ontologias. A área de educação, negócios, *web*, entre outras, empregam os conceitos relacionados a ontologias para o aperfeiçoamento dos seus respectivos processos.

2.2.1.1 Componentes

Cada ontologia apresenta características peculiares, expondo diferentes estruturas, contando com um maior número de componentes, ou não. Porém, dependendo do tipo e da estrutura, a ontologia pode ser reusada em outros projetos. Para o seu desenvolvimento, é necessário a escolha da metodologia e ferramentas que definem sua estrutura. Por meio de ambientes de desenvolvimento, é possível estruturar uma ontologia para a representação do conhecimento através dos seguintes componentes básicos (HORRIDGE et al., 2004) (GOMEZ-PEREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ; CORCHO, 2006):

- **Indivíduos:** são elementos específicos de uma ontologia que representam objetos no domínio de um determinado problema, ou seja, são seus próprios dados;
- **Propriedades:** consiste no relacionamento semântico presente entre os conceitos de um domínio, ou seja, a interação entre as classes da ontologia. Existem dois tipos de propriedades, *Object Properties* (qualifica ou relaciona as classes) e *Datatype Property* (instancia uma classe). A Figura 3 apresenta o exemplo de relação entre indivíduos por meio das propriedades supracitadas;

Figura 3 – Exemplo de utilização das propriedades. (a) *Object Property* conectando o indivíduos por meio de uma propriedade; (b) *Datatype Property* conectando um indivíduo a um tipo de dado literal inteiro.



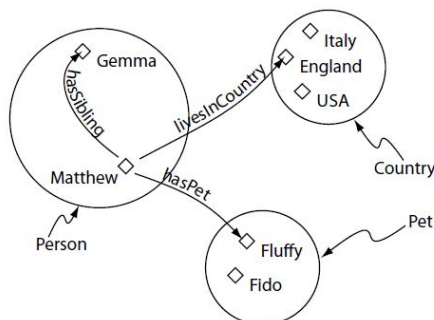
Fonte: Adaptado de (HORRIDGE et al., 2004)

- **Classes:** são conjuntos que contém indivíduos que possuem características em comum. As classes são descritas por meio de uma linguagem formal que indicam precisamente os requisitos para a adesão de um indivíduo. As classes podem ser organizadas de maneira hierárquica. Cada classe pode conter subclasses e as subclasses demais subclasses. A Figura 4 apresenta um exemplo de indivíduos separados por classes, no qual, esses indivíduos apresentam as mesmas características;
- **Axiomas:** são termos que modelam sentenças que são sempre verdadeiras.

2.2.1.2 Tipos de Ontologias

Devido não compartilharem a mesma estrutura, as ontologias apresentam propriedades distintas, possibilitando a classificação de tipos de ontologias bem definidos.

Figura 4 – Conjunto de classes que agrupam indivíduo da ontologia.



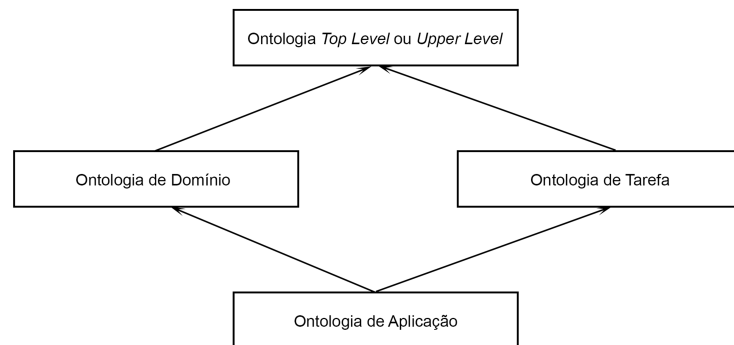
Fonte: (HORRIDGE et al., 2004)

Os tipos de ontologias estão intrinsecamente relacionados a sua função, ao grau de formalismo do seu vocabulário, a sua aplicação e à estrutura e conteúdo do contexto definido (ALMEIDA; BAX, 2003). A seguir, serão abordados alguns tipos de ontologias encontrados na literatura.

- **Ontologias de Aplicação:** descrevem conceitos pertencentes a um determinado domínio e também a uma tarefa específica. Esses conceitos correspondem a processos desempenhados por organizações em uma certa atividade (HAAV; LUBI, 2001);
- **Ontologias de Domínio:** descrevem conceitos relacionados a um domínio de conhecimento específico. Esses tipos de ontologias geralmente são utilizados em áreas como medicina e computação (HAAV; LUBI, 2001);
- **Ontologias Top Level ou Upper Level:** descrevem conceitos bastantes gerais e fornecem noções sob as quais todos os termos existentes em ontologias devem ser ligados (GOMEZ-PEREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ; CORCHO, 2006). Este tipo de ontologia foi criado pela fusão de conteúdos formais publicamente disponíveis em uma única estrutura coesa (PEASE; NILES, 2002);
- **Ontologias de Tarefa:** descrevem uma linguagem relevante para a solução de problema, independente do domínio, ou seja, descrevem o vocabulário relevante para uma tarefa ou ação, por exemplo, diagnósticos e vendas (JABAR et al., 2013).

Observa-se que os tipos de ontologias abordadas expõem semelhanças entre as suas funções. Tendo conhecimento dos principais tipos e características, em alguns casos é mais viável reutilizar ontologias existentes e adequá-las a um problema com o mesmo domínio. De acordo com Guarino et al. (1998), as ontologias apresentam um grau de reusabilidade de acordo com a hierarquia apresentada na Figura 5. A ontologia *Top Level* ou *Upper Level* possui a maior capacidade de reuso, pois apresenta termos

Figura 5 – Hierarquia do nível de reusabilidade dos tipos de ontologias.



Fonte: Adaptado de Guarino et al. (1998)

muito genéricos em sua estrutura. Já as ontologias de tarefa e domínio apresentam-se no mesmo nível de reusabilidade, possuindo um meio termo em relação à generalização utilizada para representar o conhecimento. E a ontologia de aplicação, devido apresentar uma estrutura com termos de uma área de conhecimento específico, possui o menor nível de reusabilidade comparada às demais.

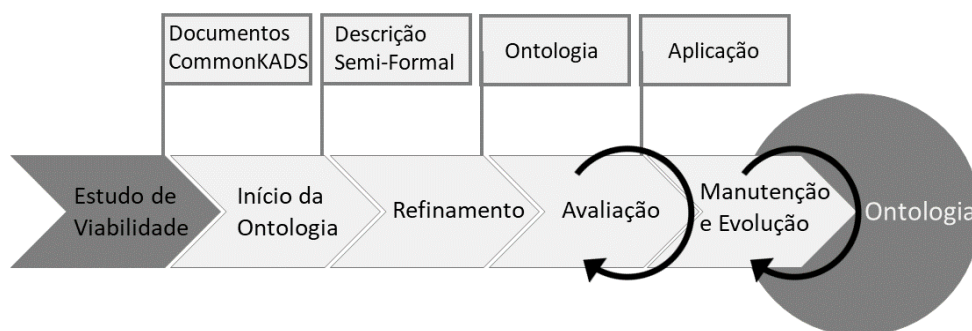
2.2.1.3 Metodologias para o Desenvolvimento de Ontologias

As metodologias de desenvolvimento de ontologias citadas na literatura propõem um conjunto de atividades que são executadas buscando a elaboração de um projeto bem delineado (DZIEKANIAK, 2010). Para isso, é necessário definir os principais objetivos, a área do conhecimento que será representado e as suas características particulares, proporcionando uma estrutura ontológica de qualidade e com conceitos bem definidos. Essas metodologias foram elaboradas com o objetivo de sistematizar a construção e manipulação de ontologias (ALMEIDA; BAX, 2003).

A metodologia *On-to-Knowledge* (STAAB et al., 2001) faz o uso de questões de competência para determinar, de maneira simplificada, o escopo da ontologia e as suas principais características, bem como as propriedades, relações e instâncias. As atividades que compõem essa metodologia é baseada no modelo de ciclo de vida espiral dividida em cinco fases, como mostra a Figura 6 (STAAB et al., 2001):

1. **Estudo de Viabilidade:** É a fase responsável por analisar fatores de fracasso ou sucesso de uma aplicação, no qual é elaborado um estudo de viabilidade para identificar áreas problemáticas ou de oportunidades e soluções potenciais. Essa fase auxilia o desenvolvedor a determinar a viabilidade econômica e/ou técnica do projeto a ser desenvolvido;
2. **Kickoff:** É a fase responsável por elaborar um documento de especificação de requisitos da ontologia abordado o que a ontologia pode suportar, o seu esboço,

Figura 6 – Processo de desenvolvimento de ontologias por meio da metodologia *On-To-Knowledge*.



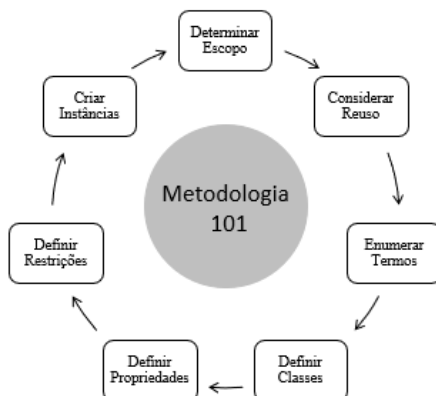
Fonte: Adaptado de Rautenberg et al. (2010)

domínio e objetivos. Deve ser incluso nessa fase as questões de competência que norteiam a pesquisa e também, deve ser levado em consideração a reutilização de ontologias já existentes;

3. **Fase de Refinamento:** O objetivo dessa fase é produzir uma ontologia de acordo com a especificação elaborada na fase anterior. O uso de ontologias potencialmente reutilizáveis, nessa fase, podem melhorar a qualidade do desenvolvimento da ontologia fornecendo dicas úteis para decisões de modelagem;
4. **Fase de Avaliação:** Nessa etapa, é verificado se a ontologia satisfaz o documento de especificação de requisitos e se a ontologia suporta ou responde as questões de competência definidas na fase inicial do projeto, ou seja, é a fase que avalia a utilidade da ontologia desenvolvida;
5. **Fase de Manutenção:** Essa fase é responsável por identificar quais mudanças são necessárias para que a ontologia atinja os objetivos propostos. As especificações da ontologia algumas vezes precisam ser alteradas para refletir mudanças no mundo real, onde torna-se necessário a revisão com frequência dos seus termos.

A *Ontology Development 101* ou Metodologia 101 é uma metodologia de desenvolvimento produzida por Noy, McGuinness et al. (2001), baseada na experiência dos autores com a utilização dos ambientes de edição de ontologias *Protégé*, *Ontolingua* e *Chimaera*. Essa metodologia é um modelo de referência bastante utilizada em projetos de desenvolvimentos de ontologias. Uma das razões que justifica a grande utilização dessa metodologia é a sua simplicidade, sendo constituída por sete passos iterativos que guiam os desenvolvedores no processo de construção de ontologias, como mostra a Figura 7 (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015). Os sete passos contidos nessa metodologia são descritos a seguir:

Figura 7 – Processo de desenvolvimento de ontologias por meio da Metodologia 101.



Fonte: Adaptado de Isotani e Bittencourt (2015)

1. **Definição do domínio de escopo:** Nesta etapa, os desenvolvedores deverão estabelecer questões básicas que servirão para compreender o propósito de construção da ontologia. Essas questões abordam assuntos relacionados ao domínio que a ontologia deve cobrir, quais serão seus casos de uso, quem utilizará essa ontologia e quais questões a ontologia irá responder (questões de competência);
2. **Considerar a reutilização de ontologias existentes:** É recomendável analisar a existência de ontologias que podem ser reutilizáveis no projeto com a finalidade de não desenvolver ontologias com propósitos redundantes;
3. **Enumeração dos termos:** Nessa etapa, são constituídos termos relacionados ao domínio da ontologia que serão utilizados nas próximas etapas;
4. **Definição das classes e da hierarquia das classes:** Com base nos termos constituídos na etapa anterior, são definidas as classes com conceitos mais abrangentes e com conceitos mais genéricos, construindo, assim a hierarquia das classes. Existem algumas metodologias para o desenvolvimento da hierarquia, dentre elas encontram-se: *top-down*, que define conceitos mais gerais do domínio e posteriormente define conceitos mais específicos; *bottom-up*, começa definindo as classes com conceitos mais específicos e, em seguida, agrupam essas fases em conceitos mais gerais; e *combination*, que consiste na combinação das metodologias supracitadas;
5. **Definição das propriedades:** As classes por si só não fornecem informações suficientes para responder às questões de competência, assim torna-se necessário definir as propriedades pertencentes a cada classe e descrever a estrutura interna dos conceitos da ontologia;

6. **Definição das restrições das propriedades:** Nessa etapa são observadas as principais características de cada propriedade, o tipo de dado que ela comporta (caso seja uma *DataType Property*) e as restrições de cardinalidade de cada classe;
7. **Criação das instâncias:** Por fim, são criadas instâncias a partir das definições presentes nas classes da hierarquia, valorando seus dados e relações.

De fato, não existe a comprovação da metodologia ideal para o desenvolvimento de ontologias. Rautenberg et al. (2010) defende que a combinação das melhores práticas de diversas metodologias tornam-se pertinentes no processo de desenvolvimento de ontologias, no qual são utilizados vantagens e artefatos de cada processo metodológico. A escolha da metodologia a ser utilizada está intrinsecamente relacionada aos objetivos pretendidos após a conclusão da ontologia, ao nível de detalhamento dos processos e a sua manutenção (MATTOS, 2010).

2.3 INGESTÃO DE ALIMENTOS

A ingestão de alimento é um processo essencial e está intimamente relacionado ao estado nutricional dos seres humanos (OLIVEIRA et al., 2008). Conforme Päßler e Fischer (2011), o processo de ingestão de alimentos pode ser dividido em dois subprocessos: a mastigação e a deglutição. A mastigação é um dos processo mais importantes do sistema estomatognático, no qual seu objetivo é fragmentar os alimentos em partículas cada vez menores para facilitar o processo de deglutição (OLIVEIRA; SOUZA et al., 2016). Os movimentos mandibulares, mesmo sendo uma atividade voluntária, acontece naturalmente de maneira automática durante a mastigação, principalmente quando se trata de alimentos com consistência sólida. A deglutição, por sua vez, consiste em um processo contínuo com o objetivo de conduzir o alimento da boca ao estômago (SACONATO; GUEDES, 2009).

Para Ortiz (2006), o processo de ingestão de alimentos concentra-se apenas na deglutição, no qual esse processo é dividido em quatro etapas:

- Fase oral preparatória: essa fase refere-se a recepção do alimento pela boca, no qual sua função é triturar do bolo alimentar. Durante essa fase, o bolo triturado é misturado à saliva e transformado em pequenos pedaços a serem conduzidos à faringe e ao esôfago;
- Fase oral propriamente dita: Assim como a fase anterior, essa fase é voluntária, no qual sua função é deslocar o bolo alimentar da cavidade oral à região faríngea;
- Fase faríngea: corresponde a fase involuntária da deglutição, no qual o bolo alimentar é deslocado pela via digestiva da faringe em direção ao esôfago. É muito importante que nessa fase, a respiração e a deglutição estejam sincronizadas e

coordenadas para que não ocorram episódios de penetração de alimentos em vias aéreas;

- Fase esôfago-gástrica: Nessa fase o alimento é conduzido ao esôfago, através da sua passagem pela transição faringo-esofágica, iniciando a fase esôfago-gástrica;

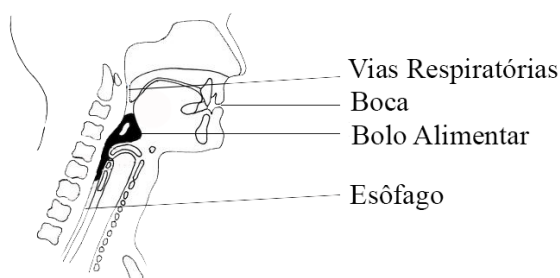
Diante das definições citadas, é possível inferir que são emitidos sons e movimentos durante o processo de ingestão de alimentos. Assim, o presente trabalho procura extrair esses dados referentes aos sons e movimentos e definir padrões para a identificação do tipo físico do alimento ingerido por meio da utilização de ontologias.

2.3.1 Disfagia Orofaríngea

A Disfagia Orofaríngea é um sintoma causado por alterações neurológicas que proporciona a mutação da progressão de alimentos no percurso natural do processo digestivo. Estas alterações podem causar incômodos durante o processo de condução do bolo alimentar da boca ao estômago, resultando na dificuldade de deglutição e/ou da condução do bolo alimentar da boca ao estômago, proporcionando engasgos, penetrações de alimentos e/ou saliva nas vias aéreas inferiores comprometendo a respiração (ABDULMASSIH, 2013).

O processo de deglutição pode ser afetado pela falta de secreção salivar, o que dificulta a realização dos processos do sistema digestivo para a passagem do bolo alimentar, ocasionando o desconforto durante a deglutição, podendo provocar a diminuição de refeições (SANTOS, 2015). A Disfagia que se manifesta com mais frequência reflete em problemas envolvendo a cavidade oral, faringe, esôfago ou transição esofagogástrica (PADOVANI et al., 2007). A Figura 8 ilustra o processo de deglutição e os principais componentes que podem ser afetados pela Disfagia orofaríngea.

Figura 8 – Processo de deglutição e os principais segmentos que podem sofrer alteração do processo de condução natural do bolo alimentar em casos de Disfagia.



Fonte: Autoria Própria

O diagnóstico da Disfagia acontece devido à realização de testes de deglutição e/ou exames. Existem testes compostos por fases, nos quais, ao final dessas fases, os resultados obtidos indicam a presença ou ausência da Disfagia e o grau de periculosidade em que o paciente se encontra (PADOVANI et al., 2007). Exames como videofluroscopia, eletromiografia (CORIOLANO et al., 2010) e o uso do instrumento Sonar Doppler (SANTOS; FILHO, 2006) são intrinsecamente capazes de realizar o diagnóstico da Disfagia.

Oliveira et al. (2008) apresentam 7 níveis de classificação para a Disfagia, sendo o nível 1 o mais crítico, onde o incômodo ao realizar a deglutição é extremo, e o nível 7 consiste na deglutição normal. O seu tratamento varia de acordo com a sua gravidade. O tratamento frequentemente usado para pacientes com Disfagia é a recomendação da modificação da textura de alimentos (SILVA, 2015). Em alguns casos, dietas são adaptadas a cada nível de Disfagia, com o objetivo de diminuir o incômodo durante a alimentação. A Tabela 1 esboça a descrição dos níveis de Disfagia, bem como as dietas e sugestões de alimentos apropriadas para cada nível (OLIVEIRA et al., 2008).

Existem outras possibilidades de tratamento para os pacientes com Disfagia, desde opções relativas à via alternativa de alimentação (Sonda Nasoentérica – SNE, gastrotomia, jejunostomia), a condutas clínicas e procedimentos cirúrgicos (SANTORO, 2008).

2.4 ESTADO DA ARTE

Na literatura, é possível identificar a utilização dos sistemas de monitoramento de ingestão de alimentos para diversos problemas relacionados aos distúrbios alimentares além da Disfagia. As técnicas inteligentes e/ou a tecnologia *mHealth* são fundamentais para que os dispositivos desenvolvidos atinjam os seus objetivos. Os trabalhos encontrados buscam o aperfeiçoamento de técnicas que auxiliam o tratamento, diagnóstico de distúrbios, e o monitoramento relacionado aos problemas de deglutição. Dessa maneira, esses trabalhos estão interligados com os objetivos do presente trabalho.

O diagnóstico precoce é essencial para o tratamento de paciente com Disfagia. Dessa maneira, Spadotto et al. (2008) propõe um sistema para o diagnóstico da Disfagia orofaríngea. Em sua obra, destacam-se, dentre as suas principais características, que os sinais são extraídos por uma Transformada *Wavelet* durante o processo de deglutição e a classificação da Disfagia é realizada através de um classificador de padrões chamado *Optimum Path Forest* (OPF). Também foi utilizado um algoritmo de Máquina de Vetores de Suporte, do inglês *Support Vector Machine* (SVM) para a identificação da Disfagia, com o intuito de comparar os resultados de ambas as técnicas. Foram realizados experimentos nos quais os resultados apontam que o classificador OPF obteve 85,2% de precisão, superando o algoritmo SVM, com 80,2% de precisão nos resultados.

Tabela 1 – Características dos níveis da Disfagia.

Nível	Descrição	Dieta indicada	Tipo de alimento indicado
1	Disfagia Grave: o paciente encontra-se com incapacidade de alcançar a deglutição, podendo apresentar retenção severa de faringe, perda ou retenção severa do bolo alimentar em cavidade oral, aspiração silenciosa de duas ou mais consistência e ausência de tosse involuntária.	Restrição total de dieta via oral.	-
2	Disfagia Moderada Grave: o paciente pode apresentar retenção alimentar na faringe, perda ou retenção severa do bolo alimentar, aspiração de duas ou mais consistências alimentares, sem tosse.	Uso parcial de dieta via oral com alimentos cremosos.	Pastoso.
3	Disfagia Moderada: o paciente pode apresentar retenção alimentar moderada na faringe, retenção alimentar moderada na cavidade oral, penetração do alimento no nível das pregas vocais, sem tosse.	Dieta semi-sólida com estratégias especiais durante a alimentação.	Pastoso.
4	Disfagia Leve Moderada: o paciente pode apresentar retenção de alimentos na faringe, retenção alimentar em cavidade oral, aspiração de uma consistência do alimento, ou penetração no nível das pregas vocais, com tosse.	Dieta branda ou semi-sólida, assistida e com auxílio, caso seja necessário.	Pastoso e sólido.
5	Disfagia Leve: o paciente consegue aspirar os alimentos apenas com líquidos ralos, podendo apresentar penetração de alimentos nas pregas vocais, retenção de alimentos na faringe, redução da mastigação e/ou retenção do bolo alimenta em cavidade oral.	Dieta branda assistida.	Pastoso e sólido.
6	Deglutição Funcional: o paciente pode ter retardo oral ou faríngeo leve, retenção leve de alimentos na faringe, sem aspiração de alimentos.	Dieta geral, com mais tempo para realizar a refeição.	Pastoso, sólido e líquido.
7	Deglutição Normal: o paciente não sente dificuldades durante a deglutição.	-	Pastoso, sólido e líquido.

A atividade de medição do comportamento muscular que descreve o processo de deglutição é realizada através da eletromiografia de superfície, do inglês *surface electromyography* (sEMG), que consiste em um método simples e não invasivo. Diante deste conceito, Chou et al. (2015) propôs avaliar com maior precisão a coordenação da deglutição nos casos em que a Disfagia está presente. Foi projetado um dispositivo de monitoramento portátil e sem fio com o objetivo de medir o comportamento muscular durante o processo de deglutição, realizando, assim, os conceitos abordados pelo sEMG. Para este estudo, foi desenvolvido um algoritmo de detecção de padrões musculares a fim de extrair e analisar as características da deglutição diferencial dos padrões sEMG. Os resultados dos experimentos apontam características significativamente diferentes de pacientes com Disfagia e pacientes saudáveis, podendo, assim, identificar com mais precisão pacientes com Disfagia.

Existem diferentes métodos capazes de captar informações durante o processo de deglutição, apresentando informações importantes para gerar resultados exatos. Um método bastante utilizado para esse processo é a captação de vibrações durante a deglutição, em que o acelerômetro e giroscópio são aparelhos responsáveis por capturar essas vibrações e, posteriormente, serem transformadas em dados para análise (ALMEIDA, 2013). Outro método encontrado na literatura para realizar a mesma função é o microfone de alta qualidade, que se mostra capaz de captar sinais sonoros durante a deglutição (MOREIRA, 2015).

Dudik et al. (2015), procuram identificar as diferenças entre os métodos que realizam a captação de informações através do acelerômetro e microfone de alta qualidade durante o processo de deglutição. A captação de sinais sonoros e vibrações foram realizadas simultaneamente através da fixação dos dois aparelhos no pescoço do voluntário. As informações adquiridas passaram por técnicas de pré-processamento de dados, houve a filtragem de sinais e remoção de ruídos externos para que as informações fossem avaliadas com mais nitidez. Após esse processo, foram realizadas diferentes análises estatísticas nas informações adquiridas pelo acelerômetro e microfone. Os resultados apresentados retratam a existência da diferença entre os métodos. Tais resultados não se mostraram satisfatórios, pois estudos anteriores consideram os aspectos dos dois métodos idênticos.

Para melhorar a captação de sons em diversos ambientes, foi desenvolvido um algoritmo para separar ruídos do ambiente e dos sons produzidos pela mastigação (OLUBANJO; MOORE; GHOVANLOO, 2016). Em seu trabalho, técnicas de detecção de sons foram utilizadas para separar os sons gerados pela mastigação e o barulho detectado ao fundo da gravação. O intuito é obter informações relevantes no processo de ingestão de alimentos em ambientes barulhentos. A medida estatística de correlação foi utilizada para a obtenção e análises dos sons existentes na gravação do processo de mastigação. Com isso, o algoritmo mostrou-se eficiente e pode ser utilizado em locais agitados, proporcionando a captação dos dados com a eliminação da interferência de ruídos sonoros externos.

Dong et al. (2013) apresentam uma diferente forma de monitorar a ingestão de alimentos. O sistema não invasivo funciona com base na observação da respiração contínua de uma pessoa. Quando a respiração contínua é interrompida, significa que há possibilidade de estar acontecendo o processo de deglutição. O sinal da respiração é coletado por cintos apropriados, instalados na região do tórax e abdômen e, posteriormente, transmitido para um *smartphone* através da conexão *bluetooth*. Quando coletados, os sinais são analisados pela técnica probabilística SVM indicando se houve ou não a ingestão de alimentos. Finalmente, os resultados são enviados para dispositivos em nuvem, permitindo o monitoramento remoto da deglutição.

Os sistemas de monitoramento de ingestão de alimentos mostram-se eficientes

para os demais problemas relacionados à deglutição de alimentos além da Disfagia. Mendi et al. (2013) desenvolveram um sistema para auxiliar no controle da alimentação de pessoas obesas e/ou com excesso de peso. O sistema conta com um acelerômetro sem fio, fixado ao pulso do usuário para a aquisição de vibrações durante as refeições. Essas informações capturadas são enviadas ao dispositivo móvel por meio da conexão *bluetooth*. Logo após, um filtro de suavização gaussiana é aplicado aos dados com o intuito de reduzir os ruídos existentes. Assim, o sistema se torna capaz de identificar a mordida através dos picos gerados durante a refeição do usuário. Com isso, o sistema detecta e conta a quantidade de mordidas (picos) realizadas durante a refeição e fornece o *feedback* em tempo real sobre a velocidade da mastigação, possibilitando ao usuário o controle de velocidade durante sua refeição.

Liu et al. (2012) apresentam uma proposta de desenvolvimento de um dispositivo para o monitoramento do comportamento alimentar, com a finalidade de prevenir a obesidade. O dispositivo é composto por um sensor *weareable* que fornece informações detalhadas sobre os hábitos alimentares de uma pessoa. O sensor é composto por um microfone e uma câmera fixada na orelha. O microfone tem a função de captar os sinais sonoros e classificá-los como áudio relativo ao processo de deglutição ou aos demais processos. Quando o processo de deglutição é identificado, a câmera é acionada e capta uma sequência de vídeo para a análise. Os vídeos possuem imagens da refeição do utilizador do dispositivo, em tempo real, gerando, assim, um diário alimentar. Uma rede neural utilizando máquina de aprendizagem extrema é aplicada na classificação do áudio em mastigação, fala, ingestão de líquido, entre outros.

Li et al. (2013) propõem a implementação de um sistema sensorial capaz de reconhecer as atividades oral humana (comer, beber, tossir e falar) através da implantação de uma pequena placa de sensor com acelerômetro incorporado a dentes artificiais instalados no interior da boca. As informações adquiridas pelas placas são repassadas para um dispositivo móvel por meio da conexão *bluetooth* para que o processamento de dados seja realizado, e, assim, chegue a classificação da atividade realizada. Os experimentos realizados apresentaram alto valor de precisão na classificação das atividades. A fixação do sensor no interior da boca permite capturar movimentos das atividades orais com mais precisão, dado esse que pode ser visto como vantagem. É importante ressaltar que a segurança é um fator primordial para esse sistema, pois existe a possibilidade de deglutição de sensor.

Bi et al. (2016) propõem um sistema *wearable* não invasivo com o intuito de monitorar diariamente a ingestão de alimentos e reconhecer o tipo físico do alimento que foi deglutido. O *software* embarcado, juntamente com o microfone de alta precisão, são utilizados para capturar sinais acústicos durante o ato da deglutição. Os dados adquiridos são pré-processados e enviados para um aparelho móvel via *bluetooth*, no qual, o tipo do alimento é reconhecido através da adoção de um algoritmo baseado em árvore

de decisão. Os Modelos Ocultos de Markov são utilizados para identificar os eventos de mastigação e deglutição. Para aprimorar esse sistema, foi desenvolvida uma aplicação para o *smartphone*, que agrega os resultados de reconhecimento de consumo alimentar de forma prática e acessível ao usuário e fornece sugestões sobre alimentação saudável, tais como, melhores hábitos alimentares ou equilíbrio nutricional. Experimentos abordam o elevado nível da acurácia relativos à classificação dos alimentos líquidos e sólidos. O sistema foi desenvolvido para auxiliar no monitoramento de doenças relacionadas a nutrição dos pacientes.

Com o intuito de auxiliar no tratamento do problema da Disfagia, o Sistema de Monitoramento de Ingestão de Alimentos (sMIA) proporciona um acompanhamento detalhado sobre o estado do paciente (MOREIRA, 2015). O sMIA é um dispositivo *mHealth* não invasivo utilizado no tratamento de pacientes com problemas de Disfagia. Sua principal funcionalidade é identificar o movimento gerado durante o processo de deglutição e classificá-lo em sólido ou líquido. O dispositivo também tem a funcionalidade de enviar informações sobre o processo de deglutição do paciente para os profissionais de saúde envolvidos, gerando o diário alimentar de pessoas com problemas de Disfagia contendo informações sobre o total de refeições realizadas durante o dia e a sua duração. O dispositivo conta com a presença de um microfone, um acelerômetro e um giroscópio para a aquisição dos dados. Em seguida, os dados são enviados para uma Rede Neural Artificial (RNA) já treinada para que o processo de classificação seja realizado, proporcionando detalhes sobre a alimentação do paciente.

2.4.1 Análise dos Trabalhos Relacionados

Diante do exposto, é perceptível que os trabalhos supracitados apresentam dispositivos de monitoramento de ingestão de alimentos com atividades semelhantes. A maioria desses trabalhos não tem como objetivo desenvolver aplicativos para acompanhar o problema da Disfagia. Entretanto, suas funcionalidades mostram-se úteis em dispositivos utilizados para o monitoramento de pacientes com Disfagia. Por exemplo, a captação de sinais e o pré-processamento de dados são funcionalidades de extrema importância, e foram realizados com sucesso em todos os trabalhos.

Para o monitoramento da Disfagia, o trabalho de Moreira (2015) mostra-se o mais adequado, pois apresenta maior número de funcionalidades importantes para o seu acompanhamento. Porém a sua obra é limitada à identificação de apenas alimentos líquidos e sólidos.

O EMA apresentado difere dos demais devido ao artefato utilizado para a etapa de classificação dos alimentos, à funcionalidade de identificação de alimentos pastosos e a relação do nível de Disfagia que o paciente se encontra de acordo com o histórico de alimentos deglutidos. Assim, o EMA desenvolvido proporciona informações mais detalhadas sobre o estado do paciente, podendo auxiliar à equipe médica em decisões

futuras diante dessas informações.

Para melhor apresentação das funcionalidades implementadas nos dispositivos de monitoramento de ingestão de alimentos apresentados na seção anterior, a Tabela 2 mostra a comparação e presença das seguintes características: Log/Diário Alimentar (LDA); Acompanhamento de Pessoas com Disfagia (APD); Monitoramento em Tempo Real (MTR); Dispositivos Móveis (DM); Sistema de Acompanhamento (SA); Identificação de Líquidos (IL), Identificação de Sólidos (IS) e Identificação de Alimentos Pastosos (IAP).

Tabela 2 – Comparação das funcionalidades dos dispositivos de monitoramento de ingestão de alimentos.

	LAD	APD	MTR	DM	SA	IL	IS	IAP
Spadotto et al., (2008)		★						
Liu et al., (2012)	★		★				★	
Mendi et al., (2013)			★	★		★	★	
Li et al., (2013)	★		★			★	★	
Dong et al., (2013)			★	★	★			
Chou et al., (2013)		★			★			
Dudik et al., (2015)	★							
Moreira et al., (2015)	★	★	★	★	★	★	★	
Olubanjo et al., (2016)			★					
Bi et al., (2016)	★		★	★	★	★	★	
Proposta de trabalho	★	★	★	★	★	★	★	★

3 EQUIPAMENTO MÉDICO ASSISTENCIAL

Este capítulo aborda com detalhes as técnicas e ferramentas utilizadas no processo de construção do EMA. Para melhor compreensão, este capítulo está dividido nas seguintes subseções:

3.1 Visão Geral: apresenta as principais características do EMA, bem como as suas funcionalidades, arquitetura e visão geral;

3.2 Etapa I: aborda o desenvolvimento da etapa de aquisição de dados;

3.3 Etapa II: apresenta como os dados serão tratados após a etapa de aquisição;

3.4 Etapa III: apresenta detalhadamente o desenvolvimento da ontologia usada na etapa de classificação do EMA;

3.5 Etapa IV: apresenta o desenvolvimento da interface *web*.

3.1 VISÃO GERAL

Conforme citado anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo a construção de uma Equipamento Médico Assistencial *mHealth* que seja capaz de monitorar o processo de ingestão de alimentos e, consequentemente, classificar o tipo físico do alimento deglutido em sólido, líquido ou pastoso, gerando assim, um histórico alimentar com informações detalhadas sobre o processo da deglutição. O EMA foi desenvolvido com o propósito de auxiliar a equipe médica durante o monitoramento de pacientes com dificuldade de deglutição e/ou com Disfagia Orofaríngea. Para tanto, este EMA também é capaz de relacionar o nível de Disfagia em que o paciente se encontra aos níveis de Disfagia citados na literatura.

Para a construção desse EMA, foi necessário o reuso das funcionalidades existentes no Sistema de Monitoramento de Ingestão de Alimentos (sMIA) (MOREIRA, 2015). O sMIA é um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia de *Software* (LES) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), fruto de uma dissertação apresentada pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPgCC). As principais funcionalidades deste sistema dispõem de armazenamento de informações como: o número de vezes que o indivíduo se alimentou em um determinado dia, a duração de cada refeição e o tipo físico do alimento deglutido. Essas informações são disponibilizadas para a equipe médica, que poderá analisar o diário alimentar do paciente de forma remota. Dessa maneira, o presente trabalho pode ser entendido como uma melhoria para o trabalho já desenvolvido. É válido ressaltar que o sMIA dispõe da utilização de RNA para a classificação dos dados, no qual essa classificação reconhece apenas alimentos líquidos e sólidos. O presente trabalho pretende acrescentar mais um tipo físico de alimento (pastoso) através da utilização de ontologias. Assim, nesse caso,

a utilização da RNA não será mais necessária. A Tabela 3 apresenta as diferenças entre o sistema já existente e o sistema proposto. As principais diferenças são: a interface web desenvolvida para facilitar a manipulação dos dados; a identificação de alimentos pastosos (IAP); e o artefato utilizado para a etapa de classificação de dados, nesse caso, foi utilizado ontologia.

Tabela 3 – Comparação das funcionalidades e requisitos dos sistemas.

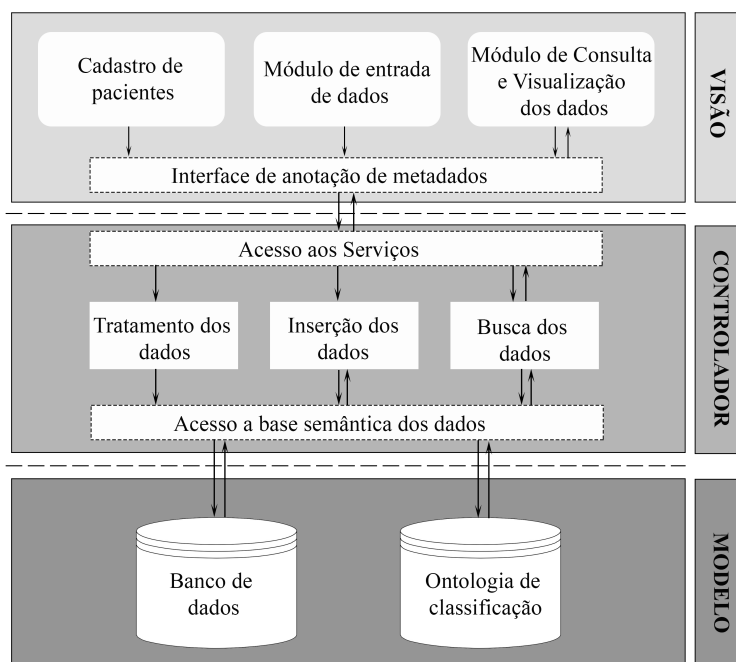
	Interface web	Histórico Alimentar	IL	IS	IAP	Classificação de dados
MOREIRA 2015	Não	Sim	Sim	Sim	Não	RNA
BARBALHO 2018	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Ontologia

O EMA desenvolvido é composto pela integração de três partes: i) um aplicativo para dispositivos móveis com o sistema operacional *Android*; ii) um equipamento de arduino e laringofone; iii) uma interface de gerenciamento via *web*. O aplicativo e os equipamentos são utilizados pelo paciente que pretende ser monitorado. Esses equipamentos são responsáveis por capturar o movimento e o som gerado durante o processo de mastigação e deglutição, para que posteriormente haja a classificação do tipo físico do alimento. Essa classificação é realizada devido à utilização da ontologia desenvolvida. A interface *web* é responsável por apresentar a equipe médica informações detalhadas sobre o processo de deglutição do paciente, permitindo o acompanhamento remoto da sua recuperação.

Para organização formal dos componentes do EMA, foram utilizados os conceitos pertinentes ao padrão arquitetural MVC (*Model-View-Controller*) (SOMMERVILLE, 2011). O objetivo deste padrão é separar a aplicação em três camadas: visão, controle e modelo. A camada Visão é responsável pela interação do usuário com o sistema. A camada Controle é responsável por receber todos os comandos realizados pelo usuário e chamar suas ações de acordo com o comando do usuário, ou seja, é a camada que contém todos os serviços do sistema. A camada Modelo é responsável pela manipulação dos dados. É nessa camada que acontece a escrita e leitura dos dados. Em cada camada, a Figura 9 apresenta seus componentes pertinentes para o funcionamento adequado do EMA.

Com a arquitetura definida e com os conhecimentos adquiridos diante o referencial teórico, os demais procedimentos essenciais para o funcionamento adequado do EMA são realizados de acordo com a seguinte sequência: primeiramente é necessário que o paciente seja cadastrado no sistema por meio da interface *web*; posteriormente, ocorre a aquisição dos dados referentes aos movimentos e sinais sonoros gerados durante o processo de mastigação e deglutição; logo após os dados são armazenados no dispositivo móvel; com acesso à internet, os dados são transmitidos do dispositivo móvel para o servidor local; os dados armazenados são tratados; posteriormente, os dados são analisados e classificados; e, por fim, as informações detalhadas são disponibilizadas

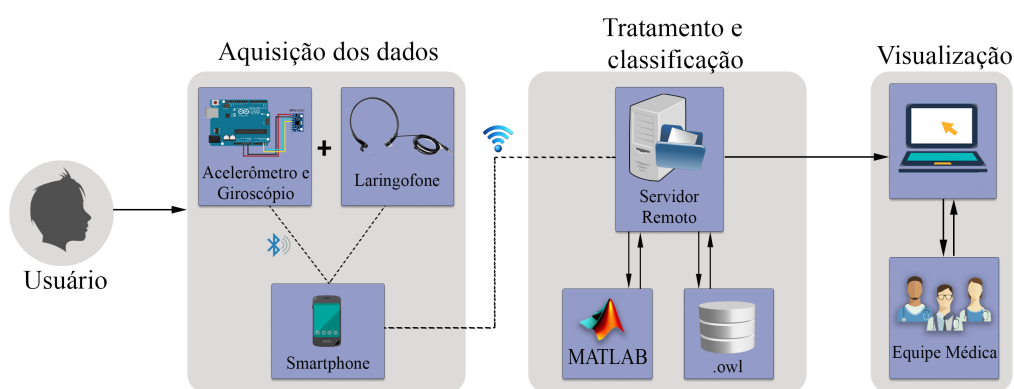
Figura 9 – Arquitetura em camada do sistema de monitoramento.



Fonte: Autoria Própria

para a equipe médica. Para que esse procedimento seja realizado com eficiência, o EMA foi desenvolvido em quatro etapas: (i) aquisição dos dados, (ii) tratamento dos dados, (iii) classificação dos dados e (iv) visualização dos dados. A Figura 10 apresenta a visão geral do projeto com a sequência de passos para o seu funcionamento e os equipamentos de *hardware* e *software* necessários em cada módulo.

Figura 10 – Visão geral do EMA com a sequência de passos para o seu funcionamento.



Fonte: Autoria Própria

Os módulos do EMA referente ao tratamento, classificação e visualização dos dados foram integrados por meio de uma aplicação desenvolvida na linguagem de

programação java.

3.2 ETAPA (I) - AQUISIÇÃO DOS DADOS

A etapa de aquisição dos dados referentes ao processo de mastigação e deglutição é realizada através da utilização de um laringofone (ou microfone de pescoço de alta precisão), de uma placa de acelerômetro e giroscópio e um dispositivo móvel com o sistema operacional *Android* com um aplicativo próprio para a aquisição de dados. É importante ressaltar que os equipamentos utilizados nessa e em todas as outras etapas são equipamentos não invasivos, tendo contato apenas com a área externa do corpo do paciente. A Figura 11 apresenta os equipamentos utilizados nessa etapa para a aquisição dos movimentos e sinais sonoros.

Figura 11 – Equipamentos para a aquisição de dados: (a) laringofone usado para capturar os sinais sonoros gerados durante o processo de deglutição; (b) placa de acelerômetro e giroscópio usada para capturar os movimentos gerados durante o processo de mastigação.



Fonte: Autoria Própria

Com o intuito de capturar os sinais sonoros gerados durante o processo da deglutição, foi utilizado um microfone estéreo (popularmente conhecido como laringofone) de 2 canais, 16 bits e 48000 Hz (*DVD Quality*). O laringofone é composto de um fone de ouvido mono e um *plug* P2 de conexão compatível com a maioria dos dispositivos, como mostra a Figura 11 (a). O seu formato é ideal para o posicionamento na garganta do paciente, possibilitando melhor captação do áudio gerado pelos movimentos dos órgãos presentes nessa região. Para esta pesquisa, o laringofone foi conectado diretamente com o *smartphone* por meio do *plug* P2.

Para a elaboração do protótipo optou-se pela utilização de *hardwares* de plataforma livre devido ao seu baixo custo e sua facilidade de manuseio, como é o caso do Arduino. Para a aquisição dos sinais e controle de cada módulo do dispositivo, foi utilizada uma placa de Arduino Uno, apresentado na Figura 11 (b). Esse equipamento permite a conexão com o computador via cabo USB que serve para a transferência dos programas que são executados pelo Arduino ou para transferir os dados entre a placa e o computador. A placa de Arduino é composta de 14 pinos que podem ser usados como entrada ou

saída digitais, 6 entradas analógicas, cristal oscilador de 16 MHz e conexão para fonte de energia, sendo possível também a alimentação via cabo USB.

Junto com a placa de Arduino, o acelerômetro e o giroscópio foram responsáveis pela captura do movimento gerado durante a mastigação dos alimentos. O modelo utilizado foi o PS-MPU-6000A-00, que contém o acelerômetro e giroscópio acoplado na mesma placa. O giroscópio possui três saídas digitais (x, y, z), sendo elas de escala de ± 250 , ± 500 , ± 1000 , e $\pm 2000^\circ/\text{s}$. Possui conversor digital e analógico de 16 bits, opera com uma corrente de 3,6 mA e 5 μA em *standby*. O acelerômetro também possui saída digital de três eixos (x, y, z), sendo as fontes de escala de ± 2 , ± 4 , ± 8 de $\pm 16/\text{s}$. O conversor analógico é de 16 bits integrado ao sistema. Para este trabalho, foram utilizados apenas os dados gerados pelo giroscópio. Isso ocorreu devido sua capacidade de indicar a posição de um objeto no espaço e por apresentar dados bastante representativos para este trabalho.

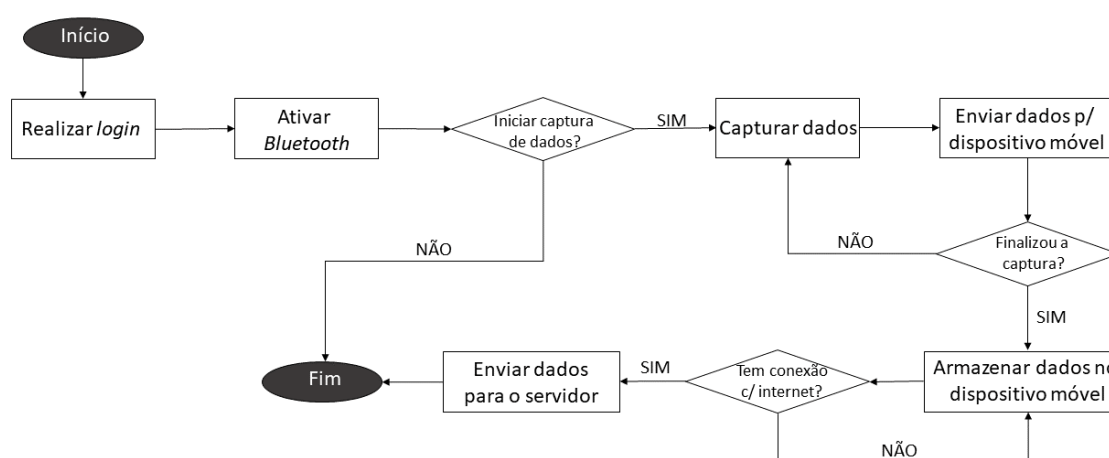
A aquisição dos dados por meio dos módulos do Arduino foi realizada devido à adaptação do software embarcado desenvolvido por Moreira (2015). Esse *software* é responsável por adquirir os dados do acelerômetro e giroscópio, capturar o tempo de execução da utilização do *hardware* em milissegundos a cada amostragem e realizar a transferência desses dados para o dispositivo móvel. Sua implementação foi realizada por meio da utilização da linguagem de programação padrão do Arduino, baseada C/C++. Para a transferência dos dados do Arduino para o dispositivo móvel, foi utilizado o módulo *Bluetooth* HC-06 conectado a própria placa de Arduino.

O aplicativo utilizado na aquisição de dados também foi um recurso de reuso do trabalho desenvolvido por Moreira (2015). Porém, foram necessários alguns reajustes devido à versão que o aplicativo foi desenvolvido. Para a sua implementação, foi utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado, do inglês *Integrated Development Environment* (IDE) *Android Studio* (GOOGLE, 2017), que disponibiliza ferramentas para agilizar o desenvolvimento de aplicativos, por exemplo, a criação de interfaces de forma gráfica. O aplicativo foi desenvolvido para ser executado no sistema operacional *Android*, um sistema baseado no *kernel* do Linux, mantido por um grupo de empresas lideradas pela Google (SILVA, 2010).

O *layout* do aplicativo é bastante simples, uma vez que possui poucos comandos a serem executados. Para a sua utilização, é necessário que o paciente realize o *login*, com o seu nome e a sua senha. É válido ressaltar que para o usuário realizar o *login* no aplicativo, é essencial que o mesmo esteja cadastrado no sistema, para que assim, a comunicação entre as partes do sistema aconteça de forma correta. Logo após o *login*, o usuário deve permitir a conexão do dispositivo com o *Bluetooth* conectado ao Arduino. Posteriormente, o aplicativo mostrará a tela de captura de dados. Essa tela é composta por dois botões, um referente à gravação e outro referente ao envio dos dados. Quando gravados, o áudio é armazenado como um arquivo temporário, e, em seguida,

é convertido para o formato .wav (*Waveform Audio File Format*). Os arquivos referentes aos dados gerados pelo acelerômetro e giroscópio são armazenados em um arquivo no formato .csv (*Comma-separated Values*). Caso exista conexão com a internet, o usuário tem a opção de enviar os dados capturados para o endereço de IP onde o servidor local do sistema está alocado. A Figura 12 apresenta o passo a passo da utilização do aplicativo no processo de aquisição de dados.

Figura 12 – Fluxograma da sequência de passos para a utilização do aplicativo no processo de aquisição de dados.



Fonte: Autoria Própria

3.3 ETAPA (II) - TRATAMENTO DOS DADOS

Com a finalização da etapa anterior, os dados são enviados e armazenados no servidor local do sistema. Uma vez armazenados, esses dados passam pelo processo de tratamento de dados. Para esta etapa, foi necessária a utilização do software *MatLab*® versão estudante (MATHWORKS, 2017), que permite a realização de cálculos matemáticos, desenvolvimento de algoritmos, processamento de sinais, geração de gráficos, entre outros.

Os arquivos .csv e .wav adquiridos na etapa anterior são enviados ao Matlab para que seja calculado o desvio padrão dos valores referentes aos movimentos e sinais sonoros gerados durante o processo de mastigação e deglutição. O desvio padrão (representado pela letra grega σ) indica a medida de dispersão dos valores em relação à média. Quando o desvio padrão resulta em um valor elevado, significa que há uma gama de valores dispersos, ou seja, há uma grande variação de valores. Nesta ocasião, o desvio padrão foi utilizado com o intuito de verificar a variação de valores do movimento mandibular e do sinal sonoro adquirido durante os processos de mastigação e deglutição. O desvio padrão utilizado está representado na Equação 3.1.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n}} \quad (3.1)$$

O arquivo .csv é composto por 4 vetores com diversos valores referente à captura de dados. O primeiro vetor refere-se à duração da utilização dos equipamentos, ou seja, refere-se à duração da refeição. Os demais vetores referem-se aos valores dos três eixos do giroscópio. Assim, o código implementado no Matlab calcula o desvio padrão de cada vetor do arquivo .csv e .wav, exceto o vetor referente à duração. O Algoritmo 1 ilustra todo o processo de tratamento de dados realizados pelo Matlab.

Algoritmo 1: TRATAMENTO DOS ARQUIVOS

Entrada: arquivo.csv e arquivo.wav
Saída: desvio padrão do movimento, desvio padrão do som e duração

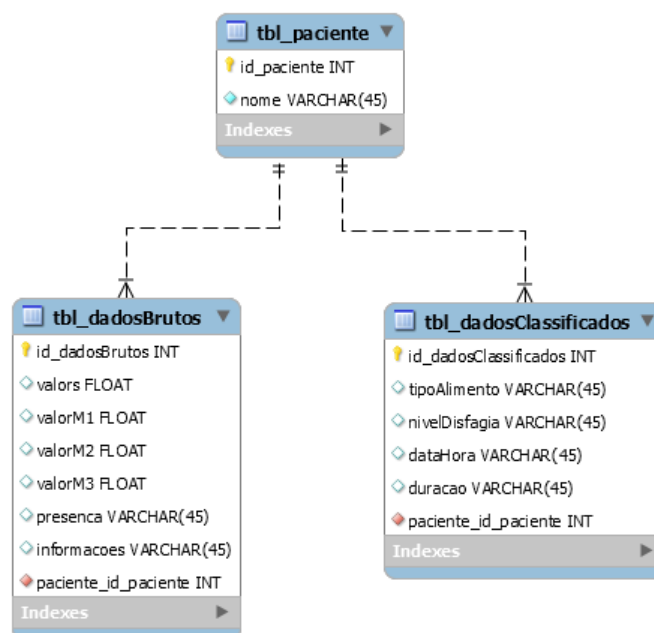
```

1 início
2   sensor[n][4] = arquivo.csv
3   áudio = arquivo.wav
4   duração = sensor[n][1]
5   para  $i = 2$  até  $i = 4$  faça
6     desvioPadrãoSensor[i] = desvioPadrão(sensor[n][i])
7   fim
8   desvioPadrãoÁudio = desvioPadrão(áudio)
9 fim
10 retorna desvioPadrãoSensor;
11 retorna desvioPadrãoÁudio;
12 retorna duração;
  
```

Após serem tratados, os dados são enviados para um banco de dados no servidor local. Para o desenvolvimento do banco de dados do sistema, foi utilizada a ferramenta MySQL, devido ser um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) do tipo relacional que permite o acesso a vários usuários ao mesmo tempo e também, devido a sua capacidade de realizar múltiplas tarefas. A Figura 13 apresenta a modelagem do banco de dados desenvolvido para armazenar os dados do sistema. A tabela “tbl_dadosBrutos” armazena os dados que passaram pelo processo de tratamento.

Para que os dados tratados possam ser analisados e classificados, foi implementado um serviço com a finalidade de verificação de novas informações no banco de dados. Em um determinado intervalo de tempo, esse serviço verifica se há novos dados na tabela “tbl_dadosBrutos”. Se houver, esses dados são inseridos na ontologia para a etapa de classificação. A ontologia desenvolvida realiza uma série de combinações entre o desvio padrão do conjunto de valores referente ao som e ao movimento, para assim, chegar a uma classificação do tipo físico do alimento deglutido e indicar o nível de Disfagia que o paciente se encontra. Após a classificação, novas informações são inseridas na tabela “tbl_dadosClassificados”.

Figura 13 – Modelagem do banco de dados do sistema.



Fonte: Autoria Própria

3.4 ETAPA (III) - CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS

Para a etapa de classificação de dados, foi desenvolvida uma ontologia de domínio com conceitos específicos baseados na seção 2.3 deste trabalho. Nesta ocasião, foi aplicada a metodologia de desenvolvimento *Ontology Development 101*, apresentada por Noy, McGuinness et al. (2001). A seguir, serão explanadas as etapas necessárias para o desenvolvimento da ontologia, nas quais serão definidas as principais características para que a ontologia seja capaz de analisar os dados tratados, classificar corretamente o tipo de alimento deglutido e o nível de Disfagia que o paciente se encontra.

Para o seu desenvolvimento, foi utilizada a linguagem de OWL (do inglês, *Web Ontology Language*) no ambiente de Protégé 5.0.0, um software *Open Source*, editor de ontologias implementado na linguagem Java pelos pesquisadores Noy e McGuinness, no ano de 2001, na Universidade de Stanford (Protégé, 2017). A escolha da metodologia e da ferramenta justifica-se pela simplicidade de uso de ambas e por conter funcionalidades adequadas para o desenvolvimento da ontologia, além de apresentarem robustez em seus processos, colaborando para o desenvolvimento de uma ontologia bem definida.

3.4.1 Desenvolvimento da Ontologia

3.4.1.1 Definição do Domínio e Escopo

Com a finalidade de esclarecer as funcionalidades da ontologia, foi desenvolvido um Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia (do inglês *Ontology Requirements Specification Document* - ORSD), com base na metodologia contida em Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Villazón-Terrazas (2009). Esse documento descreve o escopo da ontologia, seu objetivo, quais os usuários finais, quais são os requisitos que devem estar presentes e demais características que enriquecem a compreensão da ontologia. O domínio da ontologia consiste nos conhecimentos existentes na literatura relativos à Disfagia Orofaríngea e ao processo de ingestão de alimentos. A Tabela 4 apresenta as características supracitadas.

De acordo com Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Villazón-Terrazas (2009), o ORSD facilita o desenvolvimento de ontologias de diferentes maneiras: (1) permite a identificação de qual o conhecimento específico deve ser representado na ontologia; (2) facilita a reutilização do conhecimento existente; e (3) permite a verificação da ontologia no que diz respeito aos requisitos que devem ser cumpridos. Como em outras disciplinas, uma boa especificação estabelece a base para um acordo entre os usuários e desenvolvedores da ontologia, reduz o esforço de desenvolvimento, proporciona uma base para estimar custos e tempo, e apresenta uma linha de base para a verificação.

3.4.1.2 Reutilização de Ontologias existentes

No segundo passo da metodologia de desenvolvimento da ontologia, deve-se considerar a reutilização de ontologias já existentes para o seu desenvolvimento. Porém, nesse caso, nas bases de dados pesquisadas, não foi encontrada nenhuma ontologia que pudesse ser utilizada como auxílio ou reutilizada para a classificação do tipo físico do alimento e do nível de Disfagia.

3.4.1.3 Enumeração dos Termos

O terceiro passo consiste na enumeração dos termos essenciais para o desenvolvimento da ontologia. Esses termos foram identificados através do conhecimento específico nos assuntos referentes ao domínio da ontologia. De acordo com esse conhecimento, os principais termos definidos foram: nível da Disfagia, movimento, som, tipo do alimento e usuário. Esses termos serão utilizados na língua inglesa no decorrer do desenvolvimento da ontologia.

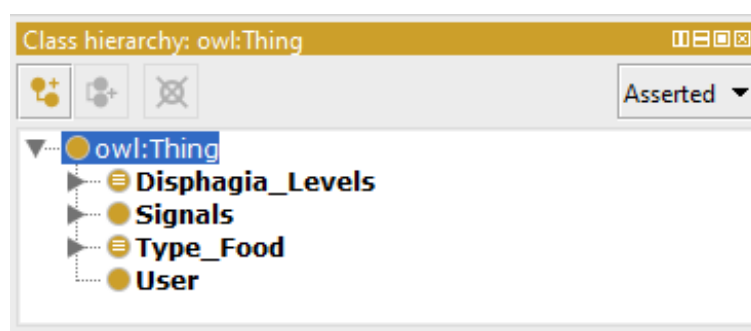
Tabela 4 – Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia.

Documento de Especificação de Requisitos da Ontologia	
1	Objetivo
	Analisar e classificar corretamente o tipo de alimento deglutido pelo usuário e posteriormente, indicar qual o nível de Disfagia que o paciente se encontra de acordo com a classificação do som e do movimento;
2	Escopo
	A ontologia concentra-se apenas no domínio de classificação do tipo físico alimento e no contexto da Disfagia. O nível de granularidade está direcionada às questões de competência e termos identificados;
3	Linguagem de Implementação
	A ontologia deve ser especificada em OWL-DL 2 (Web Ontology Language – Descripton Logic 2 version).
4	Usuário Finais Previstos
	Usuário 1. Pacientes com dificuldade de deglutição e/ou com Disfagia; Usuário 2. Equipe médica que está acompanhando o paciente com dificuldade de deglutição e /ou Disfagia;
5	Casos de Uso
	Uso 1. Auxiliar no monitoramento de ingestão de alimentos em paciente com dificuldade de deglutição; Uso 2. Permitir a classificação do tipo físico do alimento deglutido; Uso 3. Permitir a indicação do nível de Disfagia que o paciente se encontra com base no tipo de alimento classificado;
6	Requisitos da Ontologia
	a. Requisitos não-funcionais
	RNF 1. A terminologia utilizada na ontologia deve ser retirada do domínio encontrado no contexto do processo de ingestão de alimentos e da Disfagia seguindo as questões conceituais apresentadas nas questões de pesquisa.
	b. Requisitos Funcionais: Responder as seguintes Questões de Competência
	QC1. Qual uma classificação dos valores referentes aos sinais sonoros? Os sons sonoros podem ser classificados em: S_High, S_Medium, S_Low, e S_Unknown; QC2. Qual uma classificação dos valores referentes aos sinais de movimento? Os sinais de movimento podem ser classificados, em: M_High, M_Medium, M_Low, M_Unknown, e M_Liquid; QC3. Qual o tipo físico do alimento deglutido pelo paciente? Sólido, Líquido, Pasty e Desconhecido; QC4. Qual o nível de Disfagia que o paciente se encontra? N1, N2_N3, N4_N5, N6_N7;

3.4.1.4 Definição das classes e da hierarquia de classes

Para a definição das classes e sua hierarquia com mais praticidade, foi utilizado o *software Protégé*. A linguagem utilizada para o seu desenvolvimento, como citado anteriormente, foi a *OWL-DL* devido possuir maior robustez. Seguindo a abordagem de desenvolvimento *top-down*, foram definidas 24 classes para a ontologia. Primeiramente, foram definidas as classes com conceitos mais gerais sobre o domínio. Logo em seguida, foram definidas suas subclasses constituídas por conceitos mais específicos. Conforme mostra a Figura 14, foram implementadas quatro classes com conceitos mais abrangentes, sendo subclasse da classe nativa *owl:Thing*: *Dysphagia_Levels*, *Signals*, *Type_Food* e *User*.

Figura 14 – Principais classes da ontologia.



Fonte: Autoria Própria

Foram criadas duas classes primitivas. Essas classes possuem apenas axiomas de inclusão. Para melhor compreensão, têm-se o seguinte exemplo: para que o indivíduo “A” seja classificado como uma instância da classe “B”, “A” tem que satisfazer todas as condições necessárias dadas pelos axiomas de inclusão da classe “B”. Porém, este fato não garante que o indivíduo “A” seja um membro desta classe. Essas classes são mais utilizadas para o armazenamento de dados. A Tabela 5 apresenta as classes primitivas e suas descrições.

Tabela 5 – Características das classes primitivas da ontologia.

Classe	Descrição
Signals	Representa os sinais de obtidos durante o processo de mastigação e deglutição, no caso, os sinais sonoros e os sinais de movimentação
User	Representação dos pacientes que utilizam o sistema

Foram criadas 21 classes definidas. Essas classes possuem axiomas de equivalência, ou seja, possui pelo menos um conjunto de condições necessárias e suficientes. Para melhor compreensão, têm-se o seguinte exemplo: para que o indivíduo “A” seja classificado como uma instância da classe “B”, o indivíduo “A” tem que satisfazer

obrigatoriamente as condições necessárias e suficientes da classe “B”. Essas classes são mais utilizadas para classificar dados. A Tabela 6 apresenta as classes definidas, suas descrições e suas classes *disjoints*. A função *disjoint* é utilizada para desconectar um grupo de classes. Isso indica que quando uma instância é classificada como membro de uma classe do grupo, essa mesma instância não pode ser membro de nenhuma outra classe naquele mesmo grupo.

3.4.1.5 Definição das propriedades

Para relacionar as classes da ontologia, foram definidas cinco propriedades do tipo *Object Property*. Cada propriedade possui um domínio de uma imagem (*ranger*). As propriedades conectam indivíduos ou classes de um domínio a um indivíduo ou classe de uma imagem. Como exemplo, a Figura 15 que apresenta a classe *User* (domínio) sendo conectada a *Type_Food* (imagem) através da propriedade *isCompost*. Em linguagem natural, esse termo da ontologia indica que um usuário é composto por um tipo de alimento. A Tabela 7 apresenta todas as propriedades do tipo *Object Property* que foram definidas e suas principais características.

Figura 15 – Propriedade *isCompost* conectando duas classes da ontologia.



Fonte: Autoria Própria

Para instanciar as classes da ontologia, foram definidas seis propriedades do tipo *Data Type Property*. Essas propriedades também possuem domínio e imagem. Nesse caso, a imagem refere-se ao tipo de dado que será instanciado, por exemplo, se o dado será do tipo *float*, inteiro, *string* etc. A Tabela 8 apresenta as *Data Type Property* definidas e suas principais características.

A estrutura da final da ontologia após a definição das suas classes e propriedades é apresentada na Figura 16. As propriedades *has individual* e *has subclasse* são propriedades próprias do *software Protégé*.

3.4.1.6 Definição das restrições das propriedades

Todas as propriedades definidas nessa ontologia podem possuir características diferentes, porém, para esse domínio, todas as propriedades do tipo *Object Property* foram definidas como transitivas. Propriedades transitivas permitem uma herança de relação entre indivíduos. De maneira mais clara, têm-se o seguinte exemplo: uma propriedade transitiva *T* relaciona o indivíduo “a” ao indivíduo “b”, e essa mesma propriedade

Tabela 6 – Características das classes definidas da ontologia.

Classe	Descrição	Disjoint
Disphagia_Levels	Representa os níveis de Disfagia citados na literatura.	-
Type_Food	Representa os tipos físicos de alimentos existente na ontologia.	-
SubClasse de Disphagia_Levels		
N1	Representa o nível 1 da Disfagia	-
N2_N3	Representa os níveis 2 e 3 da Disfagia	-
N4_N5	Representa os níveis 4 e 5 da Disfagia	-
N6_N7	Representa os níveis 6 e 7 da Disfagia	-
SubClasse de Signals		
Movements	Representa os valores tratados referente aos movimentos	-
Sounds	Representa os valores tratados referente ao som	-
SubClasse de Movement		
M_High	Representa um conjunto de condições que classifica o movimento como alto	M_Medium, M_Low, M_Unknown
M_Liquid	Representa um conjunto de condições que classifica o movimento como muito baixo	-
M_Low	Representa um conjunto de condições que classifica o movimento como baixo	M_Medium, M_High, M_Unknown
M_Medium	Representa um conjunto de condições que classifica o movimento como médio	M_High, M_Low, M_Unknown
M_Unknown	Representa um conjunto de condições que classifica o movimento como desconhecido	M_Medium, M_Low, M_High
SubClasse de Sound		
S_High	Representa um conjunto de condições que classifica o som como alto	S_Medium, S_Low, S_Unknown
S_Low	Representa um conjunto de condições que classifica o som como baixo	S_Medium, S_High, S_Unknown
S_Medium	Representa um conjunto de condições que classifica o som como médio	S_High, S_Low, S_Unknown
S_Unknown	Representa um conjunto de condições que classifica o som como desconhecido	S_Medium, S_Low, S_High
SubClasse de Type_Food		
Liquid	Representa um conjunto de condições que classifica o tipo de alimento como líquido	Pasty, Solid, Unknown
Pasty	Representa um conjunto de condições que classifica o tipo de alimento como pastoso	Liquid, Solid, Unknown
Solid	Representa um conjunto de condições que classifica o tipo de alimento como sólido	Pasty, Liquid, Unknown
Unknown	Representa um conjunto de condições que classifica o tipo de alimento como desconhecido	Pasty, Solid, Liquid

Tabela 7 – Características das propriedades do tipo *Object Property* da ontologia.

Propriedade	Descrição	Domínio	Imagem
has_DL	Conecta o paciente ao nível de Disfagia	User	Disphagia_Levels
hasSignals	Indica que um tipo de alimento tem sinais	Type_Food	Signals
hasMovement	Indica um tipo e alimento tem sinais de movimento	Type_Food	Signals
hasSounds	Indica que um tipo de alimento tem sinais de som	Type_Food	Signals
isCompost	Indica que um nível de Disfagia é composto por um tipo de alimento	Disphagia_Levels	Type_Food

Tabela 8 – Características das propriedades do tipo *DataType Property* da ontologia.

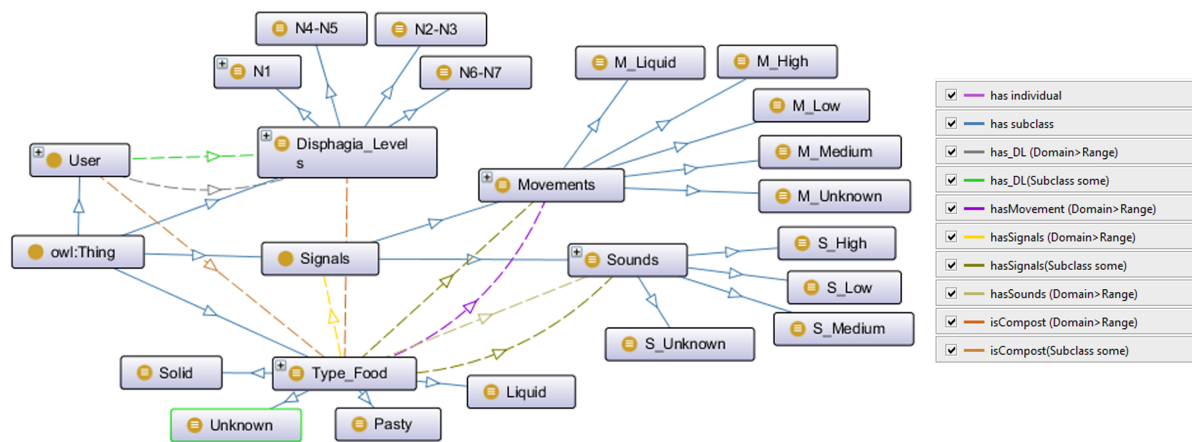
Propriedade	Descrição	Domínio	Imagem
hasID	Indica o número de identificação do paciente	User	xsd:float
hasValueM	Super Propriedade das propriedades <i>hasValue_V1</i> , <i>hasValue_V2</i> e <i>hasValue_V3</i>	Movements	-
hasValue_V1	Refere-se ao valor do primeiro vetor com o valor do movimento	Movements	xsd:float
hasValue_V2	Refere-se ao valor do segundo vetor com o valor do movimento	Movements	xsd:float
hasValue_V3	Refere-se ao valor do terceiro vetor com o valor do movimento	Movements	xsd:float
hasValueS	Refere-se ao valor do som	Sounds	xsd:float

relaciona o indivíduo “b” ao indivíduo “c”. Por fim, infere-se que o indivíduo “a” está relacionado ao indivíduo “c” por meio da propriedade T (HORRIDGE et al., 2004).

Após todas as definições das classes, sua hierarquia, as propriedades e suas características, foram definidos os axiomas de cada classe da ontologia. Para a delimitação dos axiomas das classes da ontologia, foram analisados os dados gerados durante o processo de mastigação e deglutição de três pessoas saudáveis. Os dados foram capturados e tratados de acordo com as sessões 3.2 e 3.3 desse trabalho. Cada participante alimentou-se de uma bolacha *cream cracker* (alimento sólido), uma banana amassada (alimento pastoso) e 200ml de água (alimento líquido). Após esse estudo empírico, as classes referentes a classificação do som, movimentos e tipo de alimento foram definidas. Os axiomas referentes as classes dos níveis de Disfagia foram definidos de acordo com a Tabela 1 desse trabalho. É importante ressaltar que foi analisado apenas um canal de captação do laringofone devido seus dois canais capturarem valores com diferenças irrisórias.

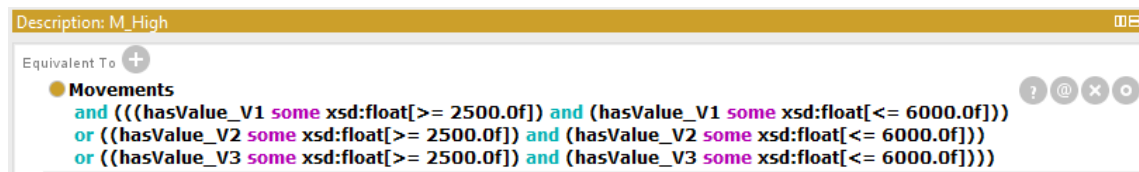
A Figura 17 apresenta os axiomas da classe definida *M_High*. Para que uma instância referente aos movimentos seja membro dessa classe, é obrigatório que essa

Figura 16 – Estrutura da ontologia.



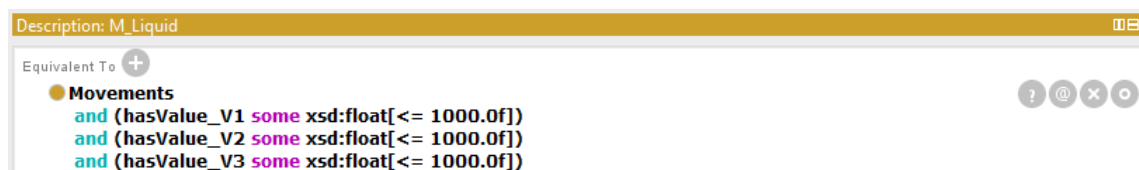
Fonte: Autoria Própria

instância possua três valores (*hasValue_V1*, *hasValue_V2* e *hasValue_V3*) dentro do intervalo descrito na figura.

Figura 17 – Classe definida *M_High*.

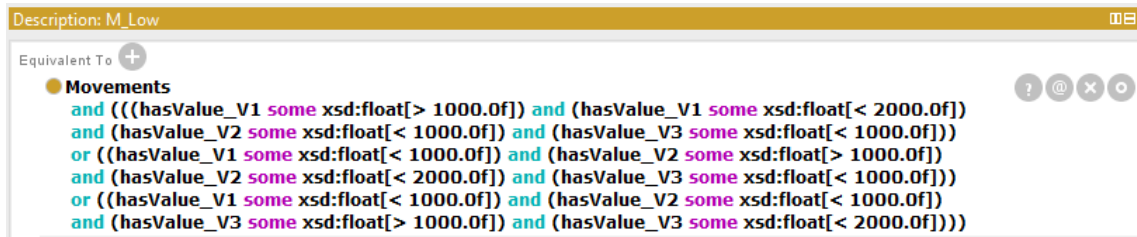
Fonte: Autoria Própria

Seguindo o raciocínio da Figura 17, a Figura 18 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *M_Liquid*.

Figura 18 – Classe definida *M_Liquid*.

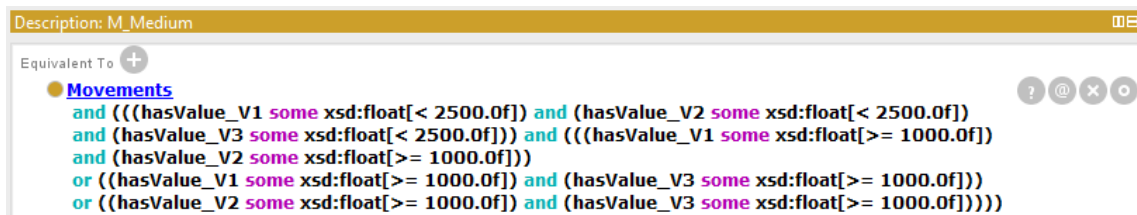
Fonte: Autoria Própria

A Figura 19 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *M_Low*.

Figura 19 – Classe definida *M_Low*.

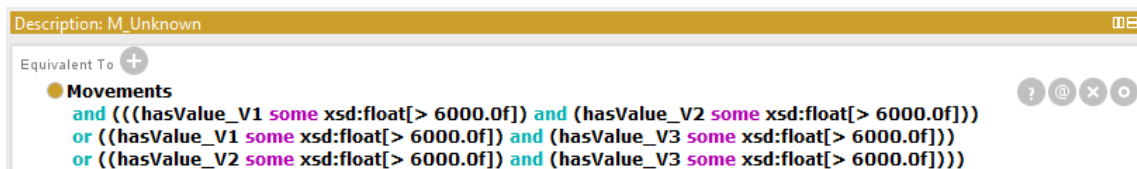
Fonte: Autoria Própria

A Figura 20 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *M_Medium*.

Figura 20 – Classe definida *M_Medium*.

Fonte: Autoria Própria

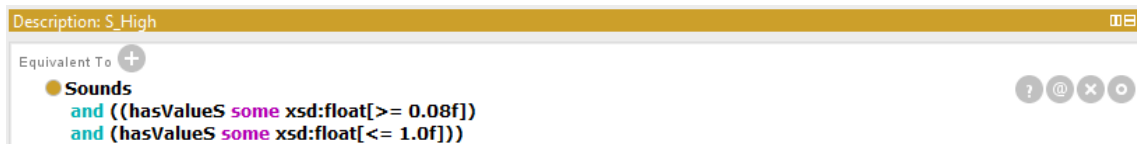
A Figura 21 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *M_Unknown*.

Figura 21 – Classe definida *M_Unknown*.

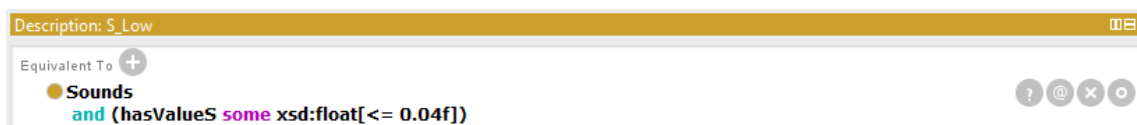
Fonte: Autoria Própria

A Figura 22 apresenta os axiomas da classe definida *S_High*. Para que uma instância referente ao som seja membro dessa classe, é obrigatório que essa instância possua apenas um valor (*hasValueS*) dentro do intervalo descrito na figura.

Seguindo o raciocínio da a Figura 22, a Figura 23 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância referente ao valor do som seja membro da classe *S_High*.

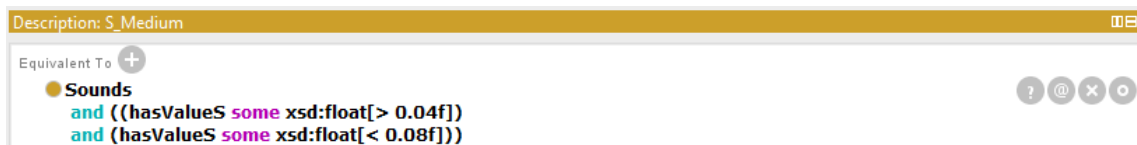
Figura 22 – Classe definida *S_High*.

Fonte: Autoria Própria

Figura 23 – Classe definida *S_Low*.

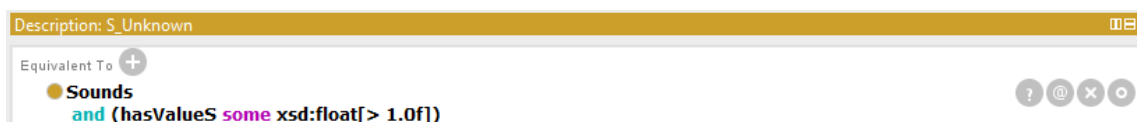
Fonte: Autoria Própria

A Figura 24 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância referente ao valor do som seja membro da classe *S_Medium*.

Figura 24 – Classe definida *S_Medium*.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 25 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância referente ao valor do som seja membro da classe *S_Unknown*.

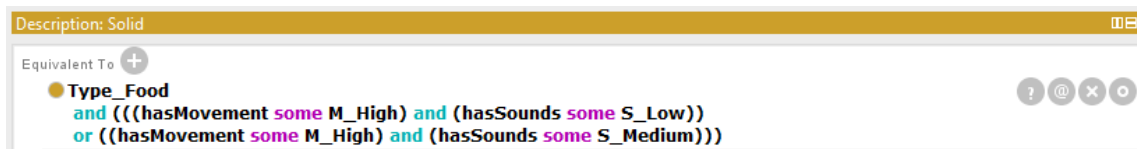
Figura 25 – Classe definida *S_Unknown*.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 26 apresenta os axiomas da classe definida *Solid*. Para que uma instância seja membro dessa classe, é obrigatório que essa instância tenha valores de som e

movimentos pertinentes as suas condições. Por exemplo, para que uma instância possa ser classificada como um tipo de alimento sólido, essa instância deve conter um movimento considerado alto (*M_High*) e um som considerado baixo (*S_Low*), ou o movimento deve ser considerado alto e o som deve ser considerado médio (*S_Medium*).

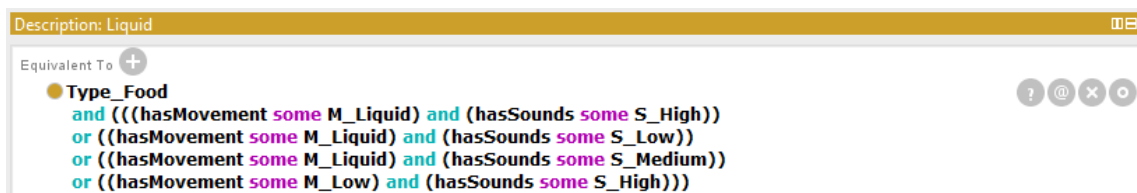
Figura 26 – Classe definida *Solid*.



Fonte: Autoria Própria

Seguindo o raciocínio da Figura 26, a Figura 27 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Liquid*.

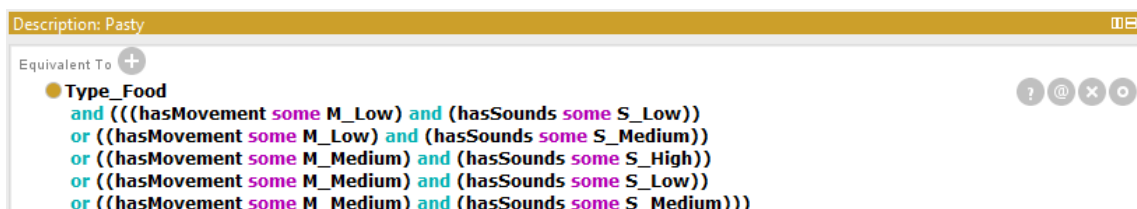
Figura 27 – Classe definida *Liquid*.



Fonte: Autoria Própria

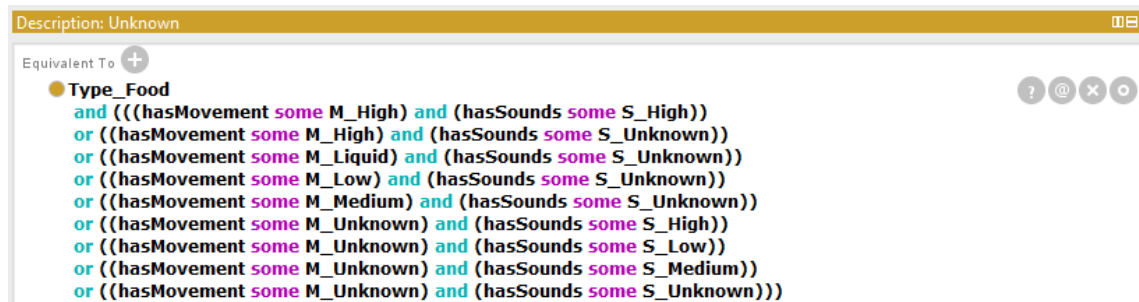
A Figura 28 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Pasty*.

Figura 28 – Classe definida *Pasty*.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 29 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Unknown*.

Figura 29 – Classe definida *Unknown*.

Fonte: Autoria Própria

A Figura 30 apresenta os axiomas da classe definida N1. Para que uma instância seja membro dessa classe, é obrigatório que essa instância seja composto por um tipo de alimento "*Unknown*".

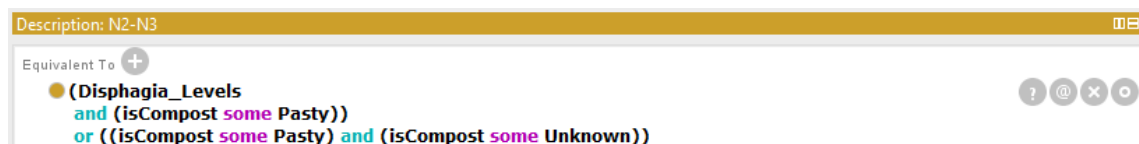
Figura 30 – Classe definida N1.



Fonte: Autoria Própria

Seguindo o raciocínio da Figura 30, a Figura 31 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro classe definida N2_N3.

Figura 31 – Classe definida N1_N3.

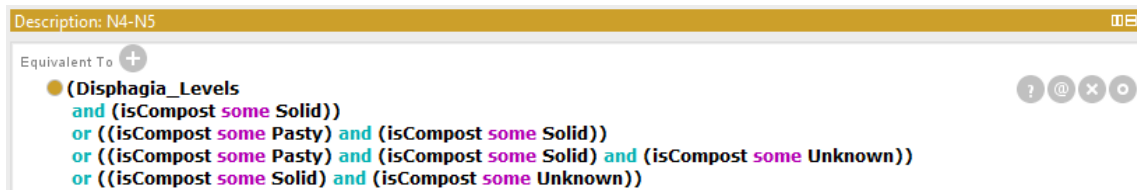


Fonte: Autoria Própria

A Figura 32 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro classe definida N4_N5.

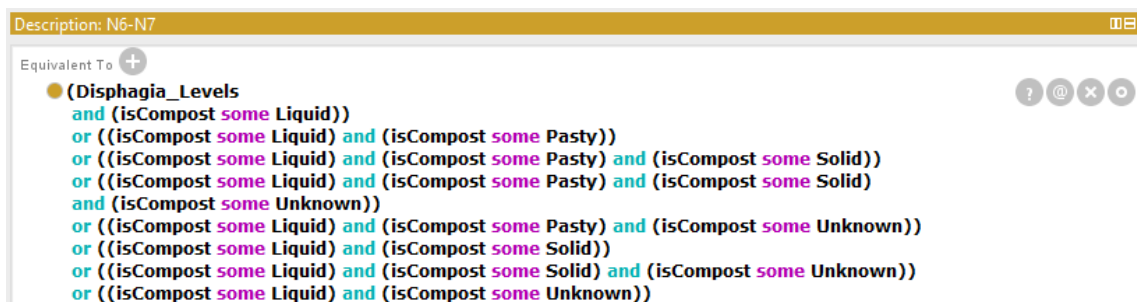
A Figura 33 apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro classe definida N6_N7.

Figura 32 – Classe definida N4_N5.



Fonte: Autoria Própria

Figura 33 – Classe definida N6_N7.



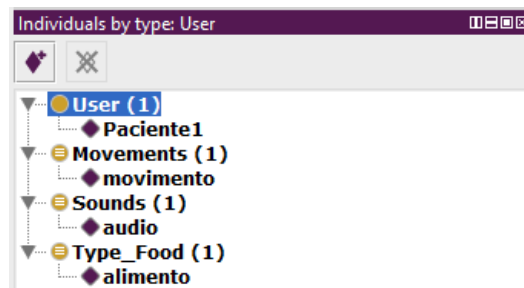
Fonte: Autoria Própria

Todos os axiomas lógicos definidos em cada classe desenvolvida no *Protégé*, foram escritos como regras em arquivos .txt para que esses axiomas fossem utilizados na aplicação java.

3.4.1.7 Criação das instâncias

Por fim, a última etapa da metodologia de desenvolvimento da ontologia consiste na criação de instâncias. Para essa ontologia, suas instâncias referem-se aos dados de entradas, ou seja, referem-se aos dados capturados e tratados referentes ao processo de mastigação e deglutição. Quando inseridas, essas instâncias são relacionadas pelas propriedades existentes na ontologia. A Figura 34 apresenta a criação de 4 instâncias no software *Protégé*. A instância “Paciente1” é do tipo *User*, a instância “movimento” é do tipo *Movements*, a instância “audio” é do tipo *Sounds* e a instância “alimento” é do tipo *Type_Food*.

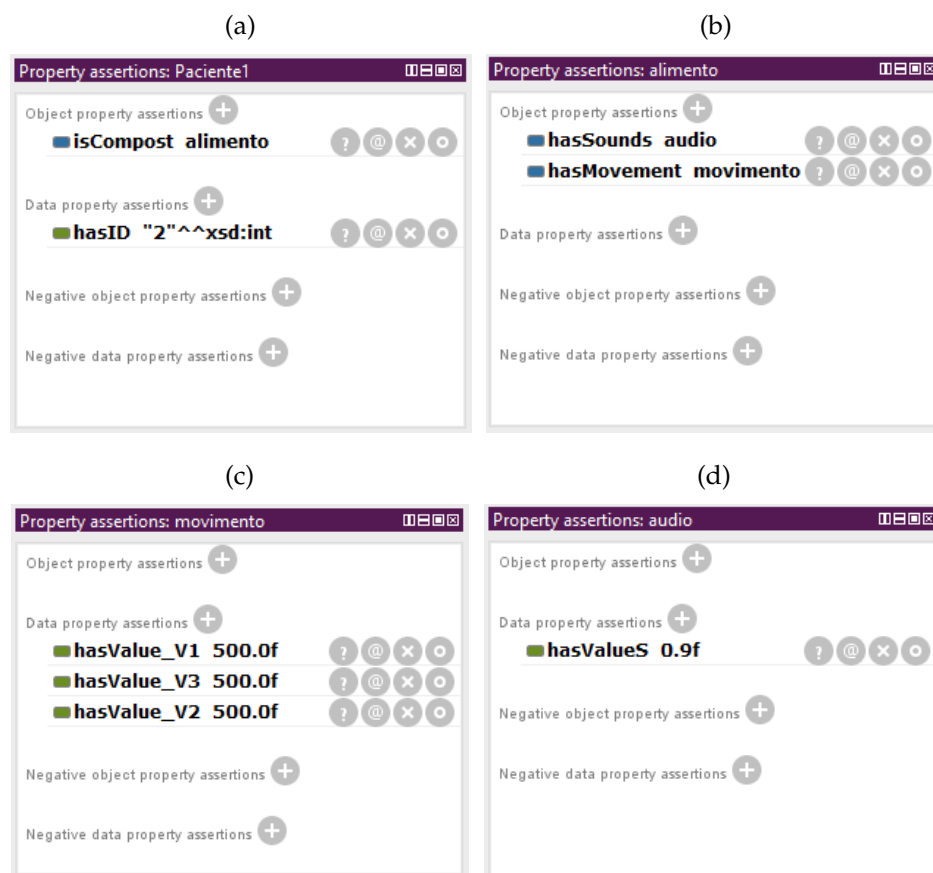
Logo após, a Figura 35 apresenta os relacionamentos entre as instâncias criadas. De acordo com essa figura, pode ser observado que a instância “Paciente1” se relaciona com a instância “alimento” por meio da propriedade *isCompost*, e a propriedade *hasID* tem valor 2. A instância “alimento” se relaciona com as instâncias “movimento” e “audio” por meio das propriedades *hasMovement* e *hasSounds*, respectivamente. As instâncias

Figura 34 – Instâncias da ontologia criadas no *Protégé*.

Fonte: Autoria Própria

“movimento” e “audio” têm suas propriedades preenchidas com valores referentes ao movimento e ao som capturados.

Figura 35 – Relações entre as instâncias criadas: (a) relações da instância Paciente1; (b) relações da instância alimento; (c) valores da instância movimento; (d) valor da instância audio.



Fonte: Autoria Própria

Nos próximos tópicos, será abordado com detalhes a realização dos testes para a

validação da ontologia.

3.4.2 Validação da Ontologia

De acordo com Vrandečić (2009), uma ontologia é responsável pela consistência e compartilhamento dos dados entre sistemas. É de suma importância que a ontologia apresente resultados corretos, para que outros sistemas possam utilizar esses resultados em suas aplicações. Partindo desse conceito, é necessária a avaliação de uma série de critérios para verificar a corretude da ontologia. Gomez-Perez, Fernández-López e Corcho (2006) apresentam a validação como um dos termos essenciais que descrevem a avaliação da ontologia. Ainda de acordo com os autores, a validação da ontologia pode ser conceituada como o significado do conhecimento que foi extraído do mundo real para responder aos objetivos da ontologia. Ou seja, é um procedimento que confere se a ontologia está suprimindo as necessidades do problema.

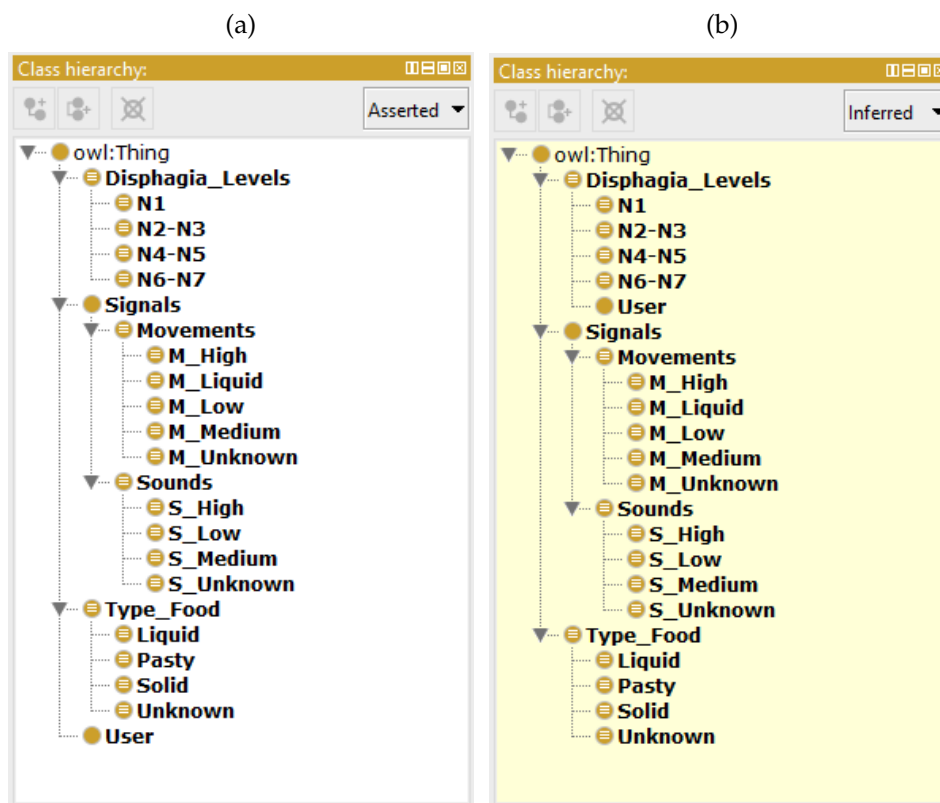
Para verificar a consistência da ontologia, foram utilizados mecanismos de inferências presentes no próprio ambiente de desenvolvimento *Protégé*. Quando executados, os motores de inferência têm como objetivo identificar as relações implícitas e explícitas entre as classes, permitindo a visualização da presença de inconsistências, caso existam. Neste trabalho, foi utilizado o motor de inferência FaCT++. A Figura 36 apresenta a hierarquia declarada (*Asserted Hierarchy*) de classes desenvolvidas manualmente e a hierarquia inferida (*Inferred Hierarchy*), a qual apresenta a hierarquia de classes após a execução do motor de inferência.

Observando a Figura 36, é possível perceber que as classes da ontologia são consistentes e não apresentam nenhum erro em relação a sua hierarquia.

Para verificar a completude da ontologia, foram realizados experimentos teóricos em que foram inseridos valores fictícios na ontologia com o intuito de verificar se a ontologia está classificando corretamente e, conseqüentemente, respondendo às questões de competência definidas na Tabela 4. Foram inseridos dados para a classificação dos alimentos sólidos, líquidos e pastosos. O motor de inferência do *Protégé* foi executado diante os dados inseridos na Figura 35. Os resultados das inferências são apresentados na Figura 37.

De acordo com a Figura 37, é possível relatar que a instância “movimento”, diante os valores das suas *DataType Property* foi classificado pelo motor de inferência como um membro da classe *M_Liquid*. A instância “audio”, diante o valor da sua *DataType Property* foi classificado pelo motor de inferência como um membro da classe *S_High*. A instância “alimento”, que possui relações com as instâncias “movimento” e “audio”, foi classificado pelo motor de inferência como um membro da classe *Liquid*. E, por fim, a instância “Paciente1” que tem relação com a instância “alimento”, foi classificada pelo motor de inferência como um membro da classe *N6_N7*. Assim, a ontologia conseguiu responder às questões de competência diante a inferência dos dados.

Figura 36 – Hierarquia das classes: (a) antes da execução do motor de inferência; (b) após a execução do motor de inferência.



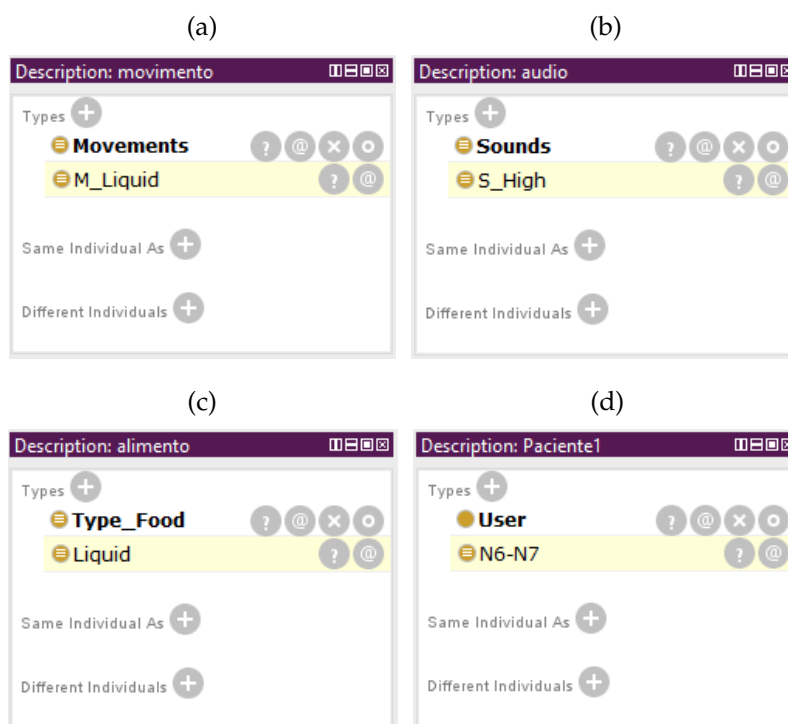
Fonte: Autoria Própria

Além desse exemplo, outras instâncias com outros valores foram inseridos na ontologia para um maior número de validação. Nos demais casos, a ontologia também apresentou a classificação esperada, respondendo corretamente às questões de competência e atingindo o seu objetivo. A validação com valores reais será realizada em paralelo com a validação geral do EMA com experimentos em ambiente real, o qual, será abordado no próximo capítulo.

3.4.3 Visualização da VOWL

A ferramenta *WebVOWL* (*Visual Notation for OWL Ontologies*) é uma notação visual para ontologias que proporciona a representação gráfica dos elementos do arquivo OWL. Com essa ferramenta, é possível perceber se a ontologia mostra-se conectada ou se existe algum dos seus elementos desconectados dos demais. A Figura 38 apresenta a visualização gráfica da ontologia desenvolvida.

Figura 37 – Resultados da execução do motor de inferência do *Protégé*: (a) classificação do movimento; (b) classificação do audio; (c) classificação do alimento; (d) classificação do Paciente1.



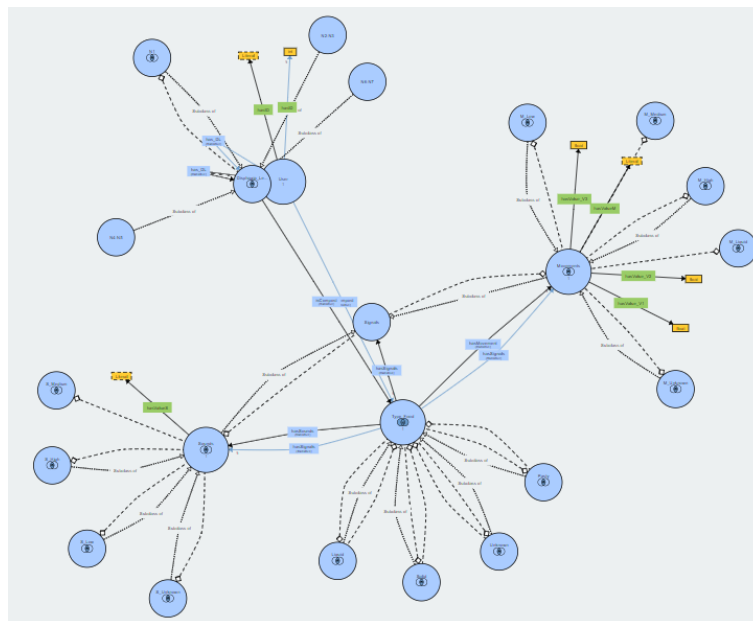
Fonte: Autoria Própria

3.5 ETAPA (IV) - VISUALIZAÇÃO DOS DADOS

Após a aquisição, o tratamento e a classificação, os dados ficam disponíveis para que a equipe médica possa monitorar remotamente o paciente visualizando informações sobre o seu processo de deglutição. Para a concretização dessa etapa, foi implementada uma interface gráfica *web* com o intuito de facilitar o acesso a essas informações.

A interface *web* foi desenvolvida na linguagem de programação orientada a objetos Java por meio do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) Eclipse Juno, um *software Open Source* que possui suporte às principais linguagens de programação. Para o seu desenvolvimento, foi utilizada a tecnologia *JavaServer Faces* (JSF) 2.2.9, um *framework* que permite a criação de aplicações Java para *web* utilizando componentes visuais pré-definidos. Foi utilizada também, a biblioteca *Prime Faces* 6.0, uma extensão do JSF que permite o desenvolvimento de interfaces com componentes mais sofisticados. Para manipular a comunicação da aplicação com os atributos do banco de dados de forma prática, foi utilizado o *framework* *Hibernate* na versão 5.2.12. Esse *framework* tem como objetivo diminuir a complexidade no desenvolvimento de aplicações Java que necessitam realizar a manipulações no banco de dados como: atualização, exclusão e consultas de dados.

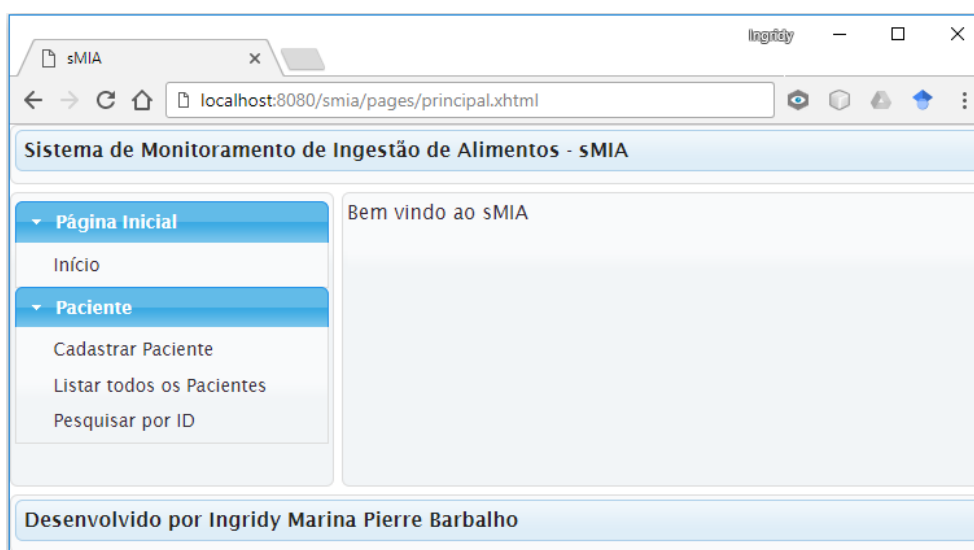
Figura 38 – Representação gráfica da ontologia desenvolvida.



Fonte: Autoria Própria

A Figura 39 apresenta a interface inicial do sistema desenvolvido. As principais funcionalidades dessa aplicação consistem em: cadastrar o paciente no sistema, listar todos os pacientes cadastrados e procurar um paciente pelo seu número de identificação (ID).

Figura 39 – Tela inicial do sistema web.



Fonte: Autoria Própria

4 ANÁLISE DO EMA: ESTUDO DE CASO EM AMBIENTE REAL

Este capítulo aborda com detalhes os experimentos realizados com o EMA desenvolvido nesse trabalho. Para melhor compreensão, as informações são descritas nas seguintes subseções:

4.1 Contextualização dos Experimentos: Aborda os principais detalhes que conduziram a realização dos experimentos e o processo de aquisição de dados por meio da utilização dos equipamentos necessários;

4.2 Avaliação dos Experimentos: Apresenta os dados referentes aos experimentos realizados com cada tipo de alimento;

4.3 Análise dos Resultados: Explana as considerações observadas diante o funcionamento do EMA e os resultados apresentados por meio da classificação da ontologia.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

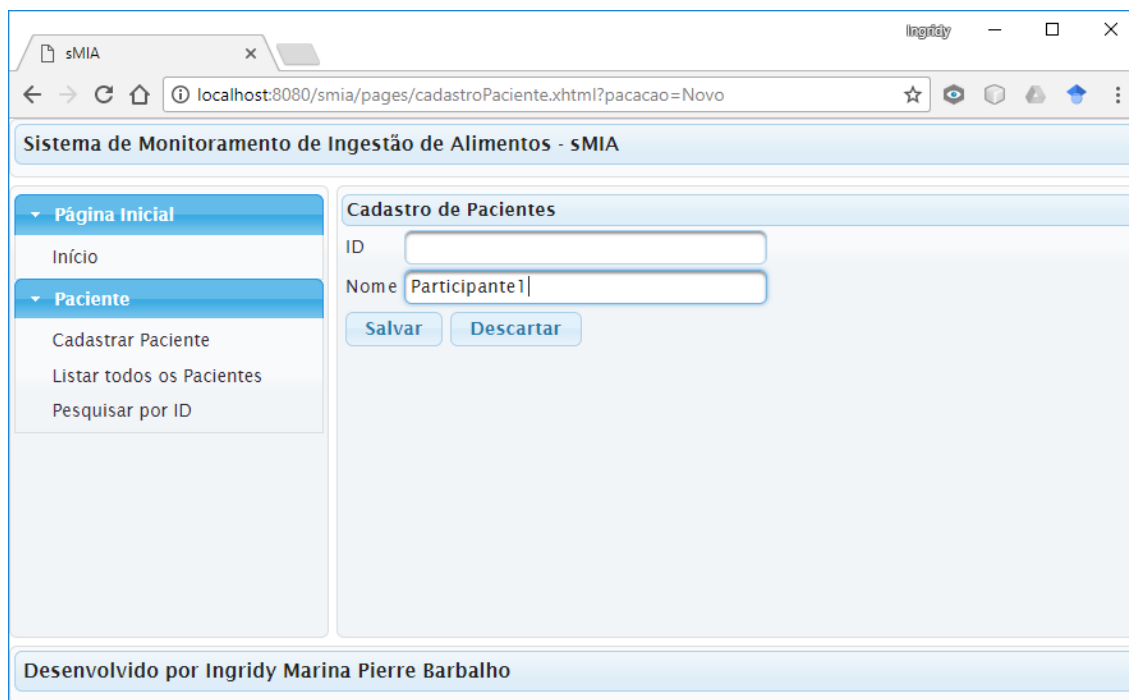
Esta pesquisa tem a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, sob o seguinte número de parecer: 2.332.026. Foram aptos a participar da pesquisa, pessoas de ambos os sexos, que residem na cidade de Mossoró-RN, maiores de 18 anos, membros ativos do Mestrado em Ciência da Computação PPgCC-UERN/UFERSA, membros do Laboratório de Engenharia de Software (LES) ou membro vinculados por meio do Departamento de Informática da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Para esse estudo não se faz necessária uma triagem mais rigorosa quanto às características étnicas, de gênero ou grupos sociais. Como critério de exclusão, foram excluídas pessoas com algum tipo de alergia ou impedimento a algum dos alimentos que serão utilizados nesta pesquisa. Os critérios de exclusão foram identificados no momento do recrutamento do sujeito da pesquisa por meio de perguntas. Ao total, foram realizados testes com dez sujeitos com média de 23 anos de idade.

Os participantes da pesquisa não possuem diagnóstico de Disfagia. Porém, esse fato não impede a realização da pesquisa, uma vez que esta validação pretende verificar se o EMA desenvolvido está apto a realizar corretamente as etapas necessárias para o seu funcionamento e promover a classificação correta do processo de ingestão de alimentos. Nessa ocasião, o monitoramento de ingestão de alimentos pode ser realizado com qualquer pessoa.

O procedimento realizado para a validação do EMA seguiu a sequência de passos apresentados na Figura 10. Primeiramente, os participantes da pesquisa foram cadastrados no sistema. A Figura 40 apresenta a tela do sistema referente ao cadastro

de pacientes/participantes. A priori, é necessário apenas inserir o nome do paciente, o número de ID é gerado automaticamente pelo sistema.

Figura 40 – Tela de cadastro de pacientes.

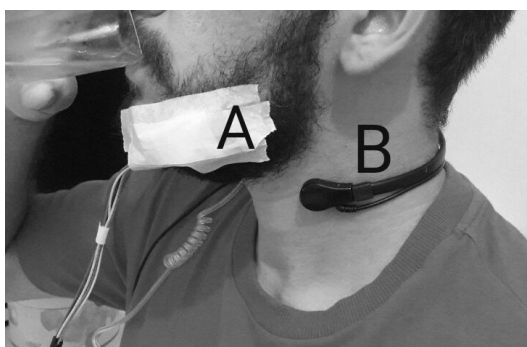


Fonte: Autoria própria

Após o cadastro do participante, foi realizada a etapa de aquisição de dados. Todos os equipamentos utilizados para essa etapa são descritos detalhadamente na seção 3.2 deste trabalho. É necessário que o participante posicione corretamente o laringofone e o giroscópio na garganta e no maxilar, respectivamente. Caso algum dos equipamentos seja posicionado no local inadequado, pode haver alterações no resultado da classificação. A Figura 41 apresenta o posicionamento correto de cada equipamento necessário para esta etapa.

Após o posicionamento correto do equipamento, deu-se início ao processo de captura através das funcionalidades contidas no aplicativo desenvolvido para essa tarefa. A Figura 42 apresenta uma sequência de telas para o procedimento de aquisição de dados. Esse procedimento tem início quando o usuário faz o *login* no aplicativo do sistema de monitoramento, como mostra a Figura 42 (a). Posteriormente, o usuário conecta o seu dispositivo móvel ao Arduino via bluetooth, Figura 42 (b), e aciona a opção de “Gravar”, Figura 42 (c). Quando acionado, o dispositivo móvel armazena os valores referentes aos movimentos e sinais sonoros gerados durante o processo de deglutição. Quando a gravação chega ao fim, o usuário tem a opção de enviar os dados coletados para o servidor por meio da conexão com a internet. Para que isso aconteça, é necessário o endereço de IP do servidor de destino. Caso não haja a conexão com a internet no

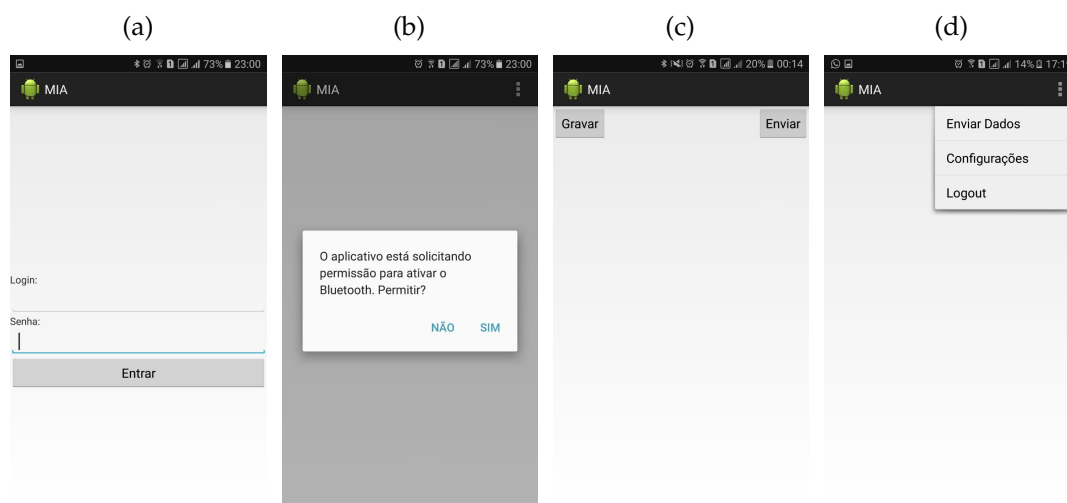
Figura 41 – Posicionamento correto dos equipamentos. (A) Placa de acelerômetro e giroscópio fixada no maxilar e (B) laringofone fixado no pescoço.



Fonte: Autoria própria

momento da gravação, o usuário tem a opção de armazenar temporariamente esses dados no próprio dispositivo. Na Figura 42 (d), o usuário tem a opção de enviar os arquivos adquiridos por meio da aba “Enviar Dados”, inserir o endereço de IP do servidor de destino por meio da aba “Configurações” e tem a opção de sair do aplicativo por meio aba *Logout*.

Figura 42 – Telas do aplicativo: (a) Tela de *login*; (b) Tela de ativação do *bluetooth*; (c) Tela de aquisição dos dados; (d) Funcionalidades do aplicativo.



Fonte: Autoria própria

Os experimentos foram realizados por meio de duas seções. Na primeira, os dez participantes alimentaram-se de uma bolacha *cream crack* (alimento sólido), uma banana amassada (alimento pastoso) e 200ml de água (alimento líquido). Na segunda, os mesmos participantes alimentaram-se de $\frac{1}{4}$ de maçã (alimento sólido), 40g de iogurte (alimento pastoso) e 200ml de água (alimento líquido). Os alimentos escolhidos para representar cada tipo de alimento foram definidos com base na Iniciativa Internacional de

Padronização da Dieta da Disfagia, do inglês *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative* (IDDSI). Devido não existir padronização quanto ao tipo físico dos alimentos para avaliar o processo de ingestão de alimentos (OLIVEIRA; SOUZA et al., 2016), a IDDSI foi fundada em 2013 com o objetivo de desenvolver uma nova terminologia e definições padronizadas globais para descrever alimentos modificados com diversas texturas que podem ser utilizados para indivíduos com Disfagia de todas as idades (IDDSI, 2016). Dessa maneira, a IDDSI disponibiliza uma gama de testes que podem ser realizados de acordo com seus procedimentos para inferir qual a textura indicada para representar cada tipo físico do alimento.

Por fim, cada seção de experimentos obteve 30 amostras, resultado, assim, em 60 amostras a serem analisadas e classificadas. É importante ressaltar que os dados utilizados para a definição dos axiomas não foram reutilizados para a etapa de validação do EMA.

Em ambas as seções de aquisição de dados, durante o processo de ingestão de alimentos, os participantes permaneceram sentados com os equipamentos fixados na parte externa no pescoço e maxilar. Não foi determinado tempo limite para a ingestão de cada tipo de alimento, proporcionando ao participante uma ingestão de alimentos mais natural possível.

4.2 AVALIAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Após a etapa de aquisição, os dados passaram pela etapa de tratamento descrito na seção 3.3 desse trabalho. Os valores referentes aos dados tratados estão expostos nas Tabelas 9, 10 e 11. A sigla N. P. refere-se ao número de identificação do participante. A coluna Seção refere-se à seção que o experimento foi realizado. A coluna Som apresenta o desvio padrão do valor pertinente ao sinal sonoro adquirido por meio do laringofone durante o processo de deglutição. As colunas x, y e z apresentam o desvio padrão dos valores referentes ao movimento gerado durante o processo de mastigação adquiridos por meio dos três eixos presentes no giroscópio. A coluna Classificação apresenta o resultado da classificação da ontologia de acordo com os valores do desvio padrão do som e do movimento. A coluna Alimento informa qual o alimento utilizado no experimento. E, por fim, a coluna N. D. indica qual o nível de Disfagia, por meio da classificação da ontologia, que o paciente se encontra com base no alimento deglutido.

A Tabela 9 apresenta os valores pertinentes aos dados do processo de ingestão de alimentos sólidos. Nessa tabela, é perceptível que, nas duas seções de experimentos com alimentos sólidos, os valores dos eixos do giroscópio apresentam o desvio padrão alto comparado ao desvio padrão dos demais tipos de alimentos. Isso justifica-se pelo fato de que, alimentos sólidos precisam ser triturados antes de serem ingeridos. Por conseguinte, o processo de trituração do alimento é realizado por meio da mastigação. Quanto mais sólido for o alimento, maior será o movimento gerado pelo maxilar para

realizar adequadamente a sua trituração. Em relação aos dados pertinentes ao sinal sonoro, seus valores apresentam-se relativamente baixos. Isso justifica-se pelo fato de que a deglutição de alimentos sólidos tem um intervalo de tempo maior, uma vez que o processo de trituração desses alimentos é relativamente demorado.

Em relação ao nível de acurácia pertinente aos experimentos dos alimentos sólidos, os resultados da classificação da ontologia apontam que todos os experimentos realizados foram classificados corretamente.

Tabela 9 – Dados dos experimentos realizados com alimentos sólidos.

N. P.	Seção	Som	x	y	z	Classificação	Alimento	N. D.
1	1	0,015	3711,27	2025,97	2355,89	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,038	2744,495	2514,70	3652,00	Sólido	Maçã	N4_N5
2	1	0,034	5230,22	5230,22	1264,16	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,037	5978,38	1955,99	4765,21	Sólido	Maçã	N4_N5
3	1	0,033	3840,52	2172,85	2848,26	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,024	5022,40	1559,06	2765,56	Sólido	Maçã	N4_N5
4	1	0,023	5501,34	1694,23	1853,25	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,014	5639,93	1315,38	3008,95	Sólido	Maçã	N4_N5
5	1	0,008	4926,10	1248,73	726,642	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,018	2247,23	1195,17	5498,34	Sólido	Maçã	N4_N5
6	1	0,027	3313,37	1707,63	1249,01	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,027	3183,25	1847,37	2621,17	Sólido	Maçã	N4_N5
7	1	0,016	3902,49	1385,25	869,41	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,040	2838,59	1557,97	3128,61	Sólido	Maçã	N4_N5
8	1	0,025	3344,23	1742,91	1970,68	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,030	5046,77	2366,90	5631,71	Sólido	Maçã	N4_N5
9	1	0,019	3946,56	1537,73	1685,466	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,023	2918,63	1897,86	2597,18	Sólido	Maçã	N4_N5
10	1	0,045	5332,44	1622,00	1885,30	Sólido	Bolacha	N4_N5
	2	0,027	3657,57	4013,53	4984,73	Sólido	Maçã	N4_N5

A Tabela 10 apresenta os valores pertinentes aos dados do processo de ingestão de alimentos líquidos. Os dados apresentados nessa tabela referentes aos valores dos eixos do giroscópio mostram-se significativamente baixos quando comparados aos dados referentes aos alimentos sólidos. Isso justifica-se pelo fato de que esse tipo de alimento não necessita de trituração para o seu processo de ingestão. Dessa maneira, não se faz necessário o processo de mastigação, o que significa que o movimento mandibular é irrisório quando comparado aos alimentos sólidos. Devido não precisar de trituração, os alimentos líquidos podem ser ingeridos de forma contínua, onde a sua deglutição apresenta um intervalo de tempo significativamente mais curto, resultando, assim, em sinais sonoros considerados altos.

Em relação ao nível de acurácia pertinente aos experimentos com alimentos líquidos, os resultados da classificação da ontologia apontam que, dos 20 experimentos realizados, apenas quatro não obtiveram a classificação esperada. Esses quatro resultados foram classificados como alimentos pastosos.

Tabela 10 – Dados dos experimentos realizados com alimento líquido.

N. P.	Seção	Som	x	y	z	Classificação	Alimento	N. D.
1	1	0,057	1485,51	851,86	996,88	Pastoso	Água	N2_N3
	2	0,035	567,73	516,19	884,05	Líquido	Água	N2_N3
2	1	0,088	913,90	404,94	621,94	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,129	590,85	213,78	407,74	Líquido	Água	N6_N7
3	1	0,039	1728,86	1418,81	1189,16	Pastoso	Água	N2_N3
	2	0,048	686,19	413,76	402,90	Líquido	Água	N6_N7
4	1	0,088	913,90	404,94	621,94	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,014	915,55	936,19	1254,83	Pastoso	Água	N2_N3
5	1	0,079	883,09	316,78	389,92	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,113	921,43	604,53	1265,05	Líquido	Água	N6_N7
6	1	0,028	1297,41	766,77	1280,97	Pastoso	Água	N2_N3
	2	0,124	846,92	448,59	824,95	Líquido	Água	N6_N7
7	1	0,091	894,40	600,17	600,17	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,108	624,40	431,20	797,64	Líquido	Água	N6_N7
8	1	0,111	1067,46	575,33	463,95	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,143	968,67	488,95	1462,38	Líquido	Água	N6_N7
9	1	0,071	807,42	318,96	476,63	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,103	688,19	465,73	765,11	Líquido	Água	N6_N7
10	1	0,132	1053,28	419,17	652,73	Líquido	Água	N6_N7
	2	0,096	610,88	614,82	560,67	Líquido	Água	N6_N7

A Tabela 11 apresenta os valores pertinentes aos dados do processo de ingestão de alimentos pastosos. Nessa tabela os dados dos eixos do giroscópio e do laringofone podem ser vistos como valores medianos quando comparados aos valores dos experimentos dos demais tipos de alimentos. Foi observado que o alimento pastoso não necessita de passar por um processo profundo de trituração. Porém, na maioria dos casos, houve um pequeno movimento do maxilar antes da sua deglutição. Devido a essa movimentação, o processo de ingestão de alimentos tem um intervalo de tempo maior quando comparado à ingestão do alimento líquido e menor quando comparado à ingestão do alimentos sólidos. Esse fato pode ser justificado pela consistência dos alimentos pastosos, no qual a sua textura não é líquida o suficiente para não existir o processo de mastigação e não é sólida o suficiente para haver o processo de mastigação e trituração do alimento.

Em relação ao nível de acurácia dos experimentos realizados com alimentos pastosos, os resultados da classificação apontam que, dos 20 experimentos realizados, cinco não obtiveram a classificação esperada. Desses cinco resultados, um foi classificado como líquido e quatro foram classificados como sólidos.

Não foi necessária a realização de experimentos para verificar a classificação dos alimentos desconhecidos (*Unknown*). A classe *Unknown* foi criada na ontologia com o objetivo de identificar obstruções nas vias aéreas, caso ocorresse algum episódio de tosse ou engasgo durante a aquisição de dados.

Os dados adquiridos pelos experimentos realizados podem ser representados

Tabela 11 – Dados dos experimentos realizados com alimentos pastosos.

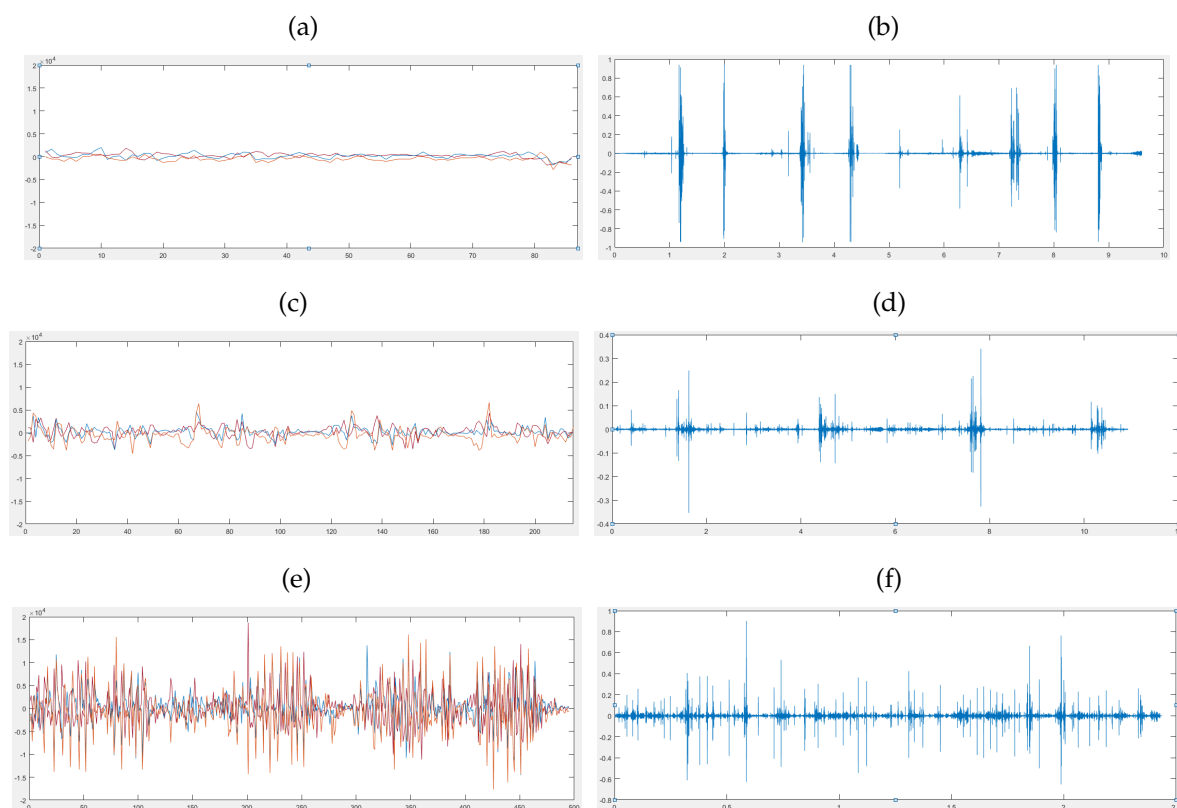
N. P.	Seção	Som	x	y	z	Classificação	Alimento	N. D.
1	1	0,046	2270,87	1278,72	1534,67	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,048	1173,83	1159,33	1637,22	Pastoso	Iogurte	N2_N3
2	1	0,057	2401,95	1783,75	1784,74	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,088	1938,21	1090,73	1750,30	Pastoso	Iogurte	N2_N3
3	1	0,028	1172,58	688,07	1368,44	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,026	1756,42	708,24	1232,94	Pastoso	Iogurte	N2_N3
4	1	0,115	993,86	586,97	576,74	Líquido	Banana	N6_N7
	2	0,015	1481,30	756,32	1376,37	Pastoso	Iogurte	N2_N3
5	1	0,022	3102,12	1178,82	949,88	Sólido	Banana	N4_N5
	2	0,041	1540,31	1438,65	1983,53	Pastoso	Iogurte	N2_N3
6	1	0,092	1168,80	731,88	1533,48	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,053	2155,30	898,12	1852,18	Pastoso	Iogurte	N2_N3
7	1	0,053	2612,97	1232,81	943,05	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,053	1241,59	913,15	1738,23	Pastoso	Iogurte	N2_N3
8	1	0,045	2660,52	1521,50	991,00	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,069	1441,20	1351,34	3092,28	Sólido	Iogurte	N4_N5
9	1	0,023	4294,33	3233,846	1260,52	Sólido	Banana	N4_N5
	2	0,038	1615,16	1116,67	2835,19	Sólido	Iogurte	N4_N5
10	1	0,028	1297,41	766,77	1280,97	Pastoso	Banana	N2_N3
	2	0,030	1286,23	1175,87	1650,89	Pastoso	Iogurte	N2_N3

graficamente. Esses gráficos podem ser vistos como fatores interessantes para que os profissionais de saúde possam analisar as características e apresentar suas próprias considerações. A Figura 43 apresenta os sinais capturados pelos eixos do giroscópio referente ao movimento e os sinais capturados pelo laringofone referente aos sinais sonoros de um alimento líquido, um alimento pastoso e um alimento sólido. Com a análise da Figura 43 é possível visualizar graficamente a divergência de valores captados diante a mastigação e deglutição de cada tipo de alimento.

Os resultados das classificações proporcionadas pela ontologia podem ser visualizados por meio da interface *web* do sistema. Além da função de cadastrar o paciente, a equipe médica tem a opção de listar todos os pacientes cadastrados no sistema, como mostra a figura 44. Através dessa interface, a equipe médica tem a opção de visualizar o histórico alimentar de cada um dos pacientes, excluir um paciente ou editar os dados do paciente.

A interface de visualização dos dados apresenta detalhadamente informações de cada processo de deglutição realizado pelo participante da pesquisa. Para cada participante, é gerado uma espécie de histórico alimentar contendo as seguintes informações: ID, nome, tipo físico do alimento ingerido, nível de Disfagia, a duração de cada refeição, a data e a hora que a refeição foi realizada. A Figura 45 apresenta a tela com as informações supracitadas de um participante da pesquisa.

Figura 43 – (a) movimento do alimento líquido; (b) sinal sonoro do alimento líquido; (c) movimento do alimento pastoso; (d) sinal sonoro do alimento pastoso; (e) movimento do alimento sólido; (f) sinal sonoro do alimento sólido.



Fonte: Autoria própria

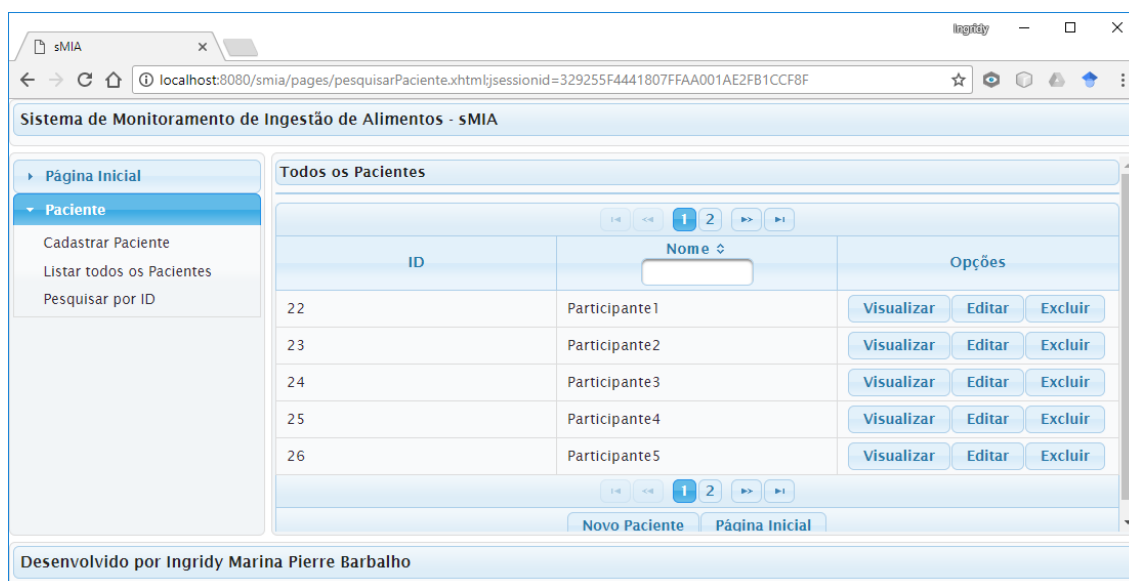
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Diante os experimentos realizados em ambiente real, é possível inferir que o EMA construído para o monitoramento de ingestão de alimentos obteve desempenho satisfatório em relação aos seus objetivos. Para a validação da ontologia de classificação desenvolvida para o EMA, foram realizados experimentos com diferente tipos de alimentos. No total, foram realizados 10 experimentos com bolacha *cream cracker*, 10 experimentos com maçã, 10 experimentos com banana, 10 experimentos com iogurte e 20 experimentos com água, resultado, assim em 60 amostras analisadas e classificadas.

Em relação à análise geral da classificação do EMA, a acurácia dos experimentos realizados resultou na taxa de acerto de 85%. Analisando separadamente cada experimento, houve 100% de acerto referente aos testes dos alimentos sólidos, 80% de acerto em relação aos experimentos dos alimentos líquidos e 75% de acerto referente aos testes dos alimentos pastosos, como mostra a Figura 46.

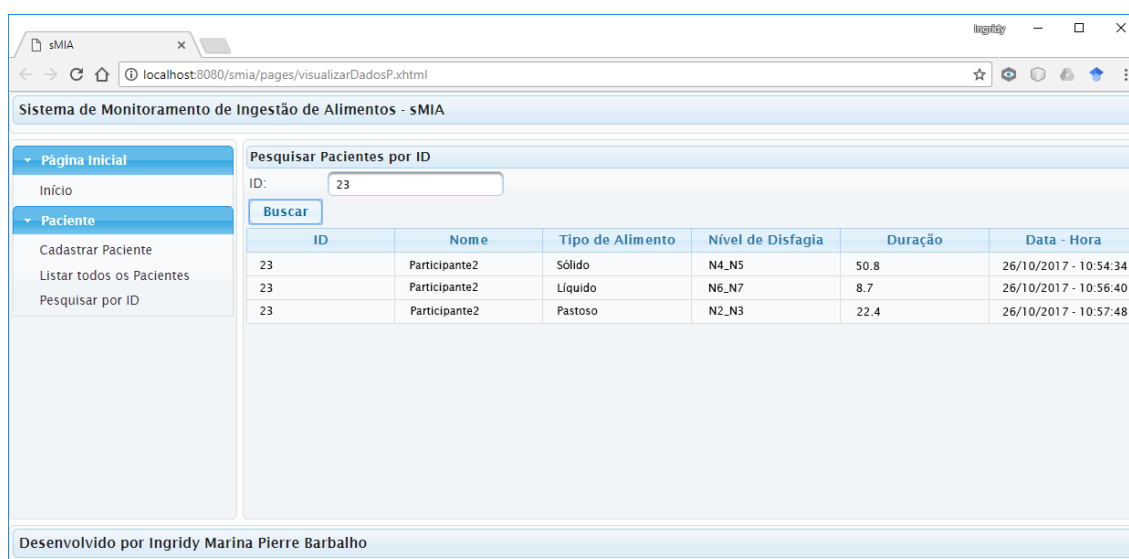
A classificação dos alimentos pastosos apresentou a menor taxa de acerto. Isso pode ter acontecido pelo fato de que o pastoso pode ser considerado um meio termo entre os tipos de alimentos citados, com o seu processo de deglutição semelhante tanto

Figura 44 – Interface do sistema.



Fonte: Autoria Própria

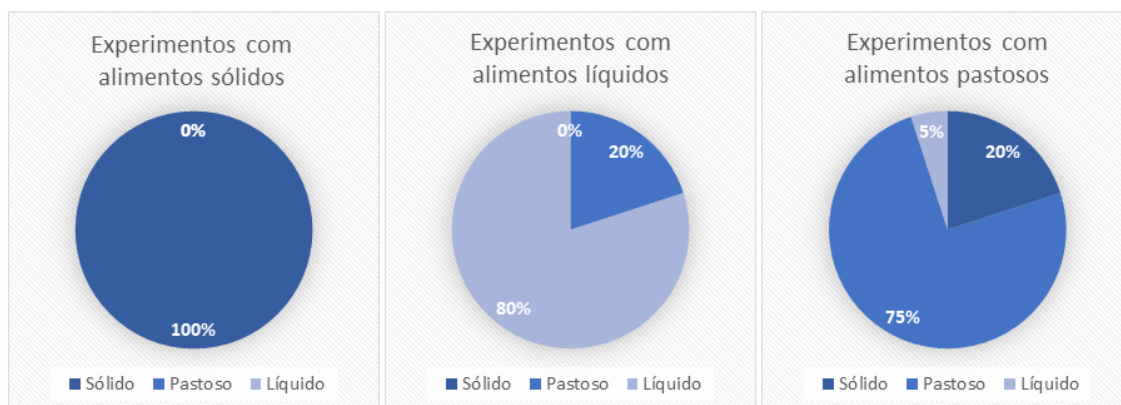
Figura 45 – Interface do sistema.



Fonte: Autoria Própria

com o alimento líquido quanto com o alimento sólido. Em alguns casos, observou-se que, os participantes realizaram grande movimentação no processo de mastigação do alimento pastoso, implicando nos mesmos resultados gerados diante o processo de deglutição dos alimentos sólidos. Porém, em mais da metade dos testes, o alimento pastoso foi classificado corretamente. A fim de melhorar a acurácia dos experimentos, é imprescindível estabelecer padrões mais específicos para o processo de mastigação

Figura 46 – Resultados dos experimentos.



Fonte: Autoria Própria

e deglutição dos alimentos pastosos e líquidos. Em relação à classificação do nível de Disfagia, o sistema classificou corretamente de acordo com o classificação do tipo do alimento.

5 CONCLUSÃO

Por fim, este capítulo apresenta a conclusão desse trabalho. Para melhor compreensão, as informações são descritas nas seguintes subseções:

5.1 Sumário da Pesquisa: Apresenta o objetivo alcançado de forma sintetizada, diante as respostas das questões de pesquisa;

5.2 Contribuições: Apresenta as contribuições do trabalho para o meio científico abordando as principais técnicas e ferramentas utilizadas;

5.3 Limitações: Apresenta as limitações existentes no EMA;

5.4 Trabalhos Futuros: Apresenta o que se pretende desenvolver após a concretização desse trabalho.

5.1 SUMÁRIO DA PESQUISA

Tendo em vista a necessidade de progressão diante dos sistema de monitoramento de ingestão de alimentos, este trabalho apresentou um EMA com a finalidade de monitorar remotamente pacientes com dificuldade de deglutição e/ou Disfagia, disponibilizando informações representativas para a equipe médica. Em busca de conhecimentos relevantes, a problemática desse trabalho definiu questões de pesquisa que enriqueceram o seu desenvolvimento. As questões foram respondidas ao decorrer do trabalho, proporcionando soluções para a problemática abordada através da aplicação de novos conhecimentos científicos, identificando o que realmente é eficaz para o desenvolvimento do EMA. De forma sintetizada, as respostas referentes às questões de pesquisa definidas no *Design Science* serão abordadas a seguir:

- **QC 1:** Quais os atuais problemas encontrados no monitoramento da Disfagia?

No caso da Disfagia, os recursos computacionais encontrados na literatura consistem em métodos para o seu diagnóstico. Existe uma lacuna quanto aos sistemas de monitoramento *mHealth* que auxiliem na recuperação de pacientes. Em muitos casos, a equipe médica não tem informações detalhadas durante o tratamento dos seus pacientes, o que pode prejudicar em diagnósticos e decisões futuras. De fato, foram identificados dispositivos de monitoramento de ingestão de alimentos, porém, os estudos abordados apresentam limitações referentes ao monitoramento adequado da Disfagia.

- **QT 2:** Como deve ser a estrutura de um sistema de monitoramento da Disfagia?

Com o intuito de solucionar a problemática abordada, foram definidas as principais características do EMA. Seus objetivos consistem em: identificar o tipo físico do alimento deglutido por meio dos sinais gerados durante o processo de

ingestão de alimentos e possibilitar o monitoramento remoto do paciente por meio da disponibilização dessas informações. Para a identificação do tipo físico do alimento, foi desenvolvida uma ontologia de domínio com conhecimento específico sobre o processo de ingestão de alimentos e sobre a Disfagia. Para o monitoramento remoto, tornou-se necessário a utilização de equipamentos capazes de capturar os sinais gerados durante o processo de ingestão de alimentos. Para a disponibilização das informações, foi desenvolvida uma interface de gerenciamento *web* que permite a visualização dos dados classificados com mais praticidade.

- **QP 3:** Como avaliar a eficiência desse sistema?

Para medir a eficiência do EMA, foi realizada uma série de experimentos em ambiente real com diferentes tipos de alimentos. Em todas as etapas do seu funcionamento, o EMA apresentou o comportamento esperado.

Por fim, a Questão Principal de Pesquisa que norteou o desenvolvimento desse trabalho abrangendo um contexto mais generalizado e que derivou as questões de pesquisa supracitadas, consiste em:

- *Como utilizar os recursos tecnológicos (técnicas de Inteligência Artificial) para otimizar a análise e classificação de dados no contexto do monitoramento de doenças (Disfagia Orofaríngea)?*

Após as respostas das questões anteriores, os recursos tecnológicos apresentam-se como soluções inovadoras para diversos problemas relacionados ao monitoramento de doenças. As técnicas de Inteligência Artificial é base fundamental para sistemas com grande volume de dados que necessitam expor resultados representativos. Neste sentido, surge a demanda de desenvolvimento, testes e aplicações de técnicas para otimizar o processo de tratamento de doenças.

Diante à análise das obras expostas na literatura, o monitoramento remoto de algumas doenças por meio da utilização de dispositivos móveis está se tornando mais acessível devido à popularização de sistemas e aplicativos *mHealth*. Essa tecnologia, em muitos casos, permite a troca de informações contínuas entre a equipe médica e pacientes, a distância, contribuindo de maneira significativa para a progressão do acompanhamento/monitoramento de pacientes que necessitam de cuidados abrangentes constantemente. Assim, é perceptível que esses sistemas estão reduzindo as dificuldades encontradas no contexto do monitoramento contínuo de doenças.

5.2 CONTRIBUIÇÕES

O EMA para o monitoramento de ingestão de alimentos apresentado nesse trabalho tem por finalidade o acompanhamento de pacientes portadores de doenças relacionadas à dificuldade de deglutição e/ou Disfagia Orofaríngea. Com a implementação

da solução apresentada, foi desenvolvida uma ontologia de domínio, que mostrou-se capaz de identificar o tipo físico do alimento deglutido por um paciente e relacioná-lo ao nível de Disfagia em que o paciente se encontra, de acordo com o histórico de alimentação do paciente.

As principais funcionalidades implementadas no EMA apresentou vantagens no processo de monitoramento. A implementação da interface *web* para o gerenciamento de dados no sistema, proporcionou mais comodidade em relação à organização da visualização e manipulação dos dados. O desenvolvimento da ontologia para a etapa de classificação de dados possibilitou a classificação de três tipos físicos de alimentos (líquido, pastoso e sólido) e do nível de Disfagia, expondo informações relevantes para o acompanhamento dos pacientes.

Os resultados dos experimentos apontam que a classificação da ontologia implementada possui um nível de acurácia satisfatório. De acordo com a problemática apresentada e com base nos resultados analisados, o uso de ontologias para a classificação de dados e reconhecimento de padrões é bastante viável. Com isso, é possível afirmar que as formas de representação do conhecimento, nesse caso, ontologias, quando bem desenvolvidas e estruturadas, conseguem expor resultados semelhantes a raciocínio humano. Com isso, o EMA de monitoramento pode ser utilizado para o acompanhamento da mastigação e deglutição de pacientes que possuem alguma dificuldade no processo natural da ingestão de alimento, contribuindo, assim, com uma melhor comunicação entre pacientes e a equipe médica que se encontram geograficamente distantes.

5.3 LIMITAÇÕES

O EMA apresentado consiste em um projeto de pesquisa que está em processo de desenvolvimento pelos componentes do LES da UERN. Como o projeto se encontra em desenvolvimento, é importante ressaltar que o EMA apresenta restrições. Dentre elas, estão:

- O EMA é capaz de monitorar e não de diagnosticar pacientes com Disfagia.

5.4 TRABALHOS FUTUROS

Essa problemática pode ainda ser explorada no sentido de considerar outros meios de aquisição de dados para a análise e demais técnicas de IA desenvolvidas para solucionar tal problema, o que deve conduzir a novos resultados que busquem a progressão do EMA. Por conseguinte, têm-se como perspectivas para trabalhos futuros:

- Realizar experimentos em ambiente real com pacientes diagnosticados com Disfagia Orofaríngea para verificar a viabilidade do uso do EMA nesse ambiente;

- Utilizar o EMA em outras áreas que tem interesse no monitoramento de ingestão de alimento, tendo em vista a verificação da usabilidade, utilidade e aceitação do EMA;
- Utilizar filtros para melhorar o tratamento e reduzir ruídos do ambiente externo dos sinais capturados durante a aquisição dos dados;
- Implementar a calibração de padrões de mastigação para cada paciente;
- Refinar os axiomas da ontologia com o intuito de aumentar o nível de acurácia da classificação, principalmente em relação aos alimentos pastosos;
- Adicionar funcionalidades como: verificação do resultado da classificação do EMA; identificação de outras funções fisiológicas como tosses e engasgos; envio de notificações dos profissionais de saúde para o dispositivo móvel com o objetivo de proporcionar informações e conselhos aos pacientes; e, indicar alimentos para o tratamento da Disfagia.

REFERÊNCIAS

- ABDULMASSIH, E. M. d. S. Doutorado Medicina Interna e Ciências da Saúde, *Avaliação da deglutição em pacientes com ataxia espinocerebelares tipos 2, 3, 6, 7 e 10 com queixa de disfagia orofaríngea: avaliação comparativa com estudo dinâmico da deglutição por videofluoroscopia e com captação do som pelo sonar doppler*. Curitiba: [s.n.], 2013. 81 f. Citado na página 33.
- ALAM, M.; KHANAM, T.; KHAN, R. Assessing the scope for use of mobile based solution to improve maternal and child health in bangladesh: A case study. In: *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Information and Communication Technologies and Development*. New York, NY, USA: ACM, 2010. (ICTD '10). ISBN 978-1-4503-0787-1. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2369220.2370755>>. Citado na página 22.
- ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação, Brasília, SciELO Brasil*, v. 32, n. 3, p. 7–20, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 25, 28 e 29.
- ALMEIDA, S. T. d. *Análise acústica da deglutição e do segmento pós-deglutição de crianças com disfagia orofaríngea e aspiração traqueal*. 2013. Citado na página 36.
- ANVISA, A. N. de V. S. *Resolução-RDC N 2 de 25 de Janeiro de 2010*. 2010. Disponível em: <<https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-2-de-25-de-janeiro-de-2010>>. Acesso em: 02 de Fev. de 2018. Citado na página 15.
- BESALEVA, L. I.; WEAVER, A. C. CrowdhelP: M-health application for emergency response improvement through crowdsourced and sensor-detected information. In: *2014 Wireless Telecommunications Symposium*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–5. ISSN 1934-5070. Citado na página 15.
- BESBES, G.; BAAZAOUÏ-ZGHAL, H. Fuzzy ontology-based medical information retrieval. In: *2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 178–185. Citado na página 26.
- BI, Y. et al. Autodietary: A wearable acoustic sensor system for food intake recognition in daily life. *IEEE Sensors Journal*, v. 16, n. 3, p. 806–816, Feb 2016. ISSN 1530-437X. Citado na página 37.
- BOTELHO, R. P.; PIRES, D. F. Uso de ontologias para a representação semântica de objetos de aprendizagem. In: ACM. *Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. [S.l.], 2008. p. 158–160. Citado na página 25.
- CHOU, W. et al. Wireless and wearable monitoring device for dysphagia evaluation. In: *2015 IEEE MTT-S 2015 International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 174–177. Citado na página 35.
- CONSULTING, V. W. mhealth for development: the opportunity of mobile technology for healthcare in the developing world. *Washington Dc and Berkshire, UK*, 2009. Citado na página 23.

- CORIOLOANO, M. d. G. W. d. et al. Monitorando a deglutição através da eletromiografia de superfície. *Revista CEFAC*, SciELO Brasil, v. 12, n. 3, 2010. Citado na página 34.
- DIAS, K. N. et al. A el ios m-health application to assist the hospital-acquired pneumonia diagnosis and treatment. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 3, p. 1335–1342, March 2016. ISSN 1548-0992. Citado na página 15.
- DONG, B. et al. A mobile food intake monitoring system based on breathing signal analysis. In: ICST (INSTITUTE FOR COMPUTER SCIENCES, SOCIAL-INFORMATICS AND TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING). *Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks*. [S.l.], 2013. p. 165–168. Citado na página 36.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. *Pattern classification*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012. Citado na página 24.
- DUDIK, J. M. et al. A comparative analysis of swallowing accelerometry and sounds during saliva swallows. *Biomedical engineering online*, BioMed Central, v. 14, n. 1, p. 3, 2015. Citado na página 36.
- DZIEKANIAK, G. V. Desenvolvimento de uma ontologia sobre componentes de ontologias. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 15, n. 1, p. 173–184, 2010. Citado na página 29.
- EYSENBACH, G.; GROUP, C.-E. et al. Consort-ehealth: improving and standardizing evaluation reports of web-based and mobile health interventions. *Journal of medical Internet research*, JMIR Publications Inc., v. 13, n. 4, 2011. Citado na página 15.
- FAVA, P. Tecnologia móvel para a saúde: Práticas fundamentais para implementadores de rrc. In: . [S.l.]: FAO/COOPI, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- FENG, D. D. *Biomedical information technology*. [S.l.]: Academic Press, 2011. Citado na página 23.
- FIGUEIREDO, C. M.; NAKAMURA, E. Computação móvel: Novas oportunidades e novos desafios. *T&C Amazônia*, v. 1, n. 2, p. 21, 2003. Citado na página 21.
- FREE, C. et al. The effectiveness of m-health technologies for improving health and health services: a systematic review protocol. *BMC research notes*, BioMed Central, v. 3, n. 1, p. 250, 2010. Citado na página 21.
- GOMEZ-PEREZ, A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; CORCHO, O. *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2006. Citado 4 vezes nas páginas 25, 27, 28 e 61.
- GOOGLE. *Android Studio*. 2017. Disponível em: <<http://developer.android.com/sdk/index.html>>. Acesso em: 02 de Jan. de 2017. Citado na página 44.
- GRUBER, T. What is an ontology. WWW Site <http://www-ksl.stanford.edu/kst/whatis-an-ontology.html> (accessed on 07-09-2004), 1993. Citado na página 25.
- GUARINO, N. et al. Formal ontology and information systems. In: *Proceedings of FOIS*. [S.l.: s.n.], 1998. v. 98, n. 1998, p. 81–97. Citado 3 vezes nas páginas 25, 28 e 29.

- HAAY, H.-M.; LUBI, T.-L. A survey of concept-based information retrieval tools on the web. In: *Proceedings of the 5th East-European Conference ADBIS*. [S.l.: s.n.], 2001. v. 2, p. 29–41. Citado na página 28.
- HAYKIN, S. *Redes neurais: princípios e prática*. [S.l.]: Bookman Editora, 2007. Citado na página 15.
- HEVNER, V. A. R. et al. Design science in information systems research. *MIS quarterly*, Springer, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004. Citado na página 17.
- HORRIDGE, M. et al. A practical guide to building owl ontologies using the protégé-owl plugin and co-ode tools edition 1.0. *University of Manchester*, 2004. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 53.
- IDDSI. *IDDSI Framework Testing Methods*. 2016. Disponível em: <<http://harborpower.com/iddsi/IDDSI%20Framework%20-%20Testing%20Methods.pdf>>. Acesso em: 02 de Jan. de 2017. Citado na página 68.
- ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. *Dados Abertos Conectados: Em busca da Web do Conhecimento*. [S.l.]: Novatec Editora, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.
- JABAR, M. A. et al. Overview of types of ontology in the software development process. In: *2013 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 83–88. Citado na página 28.
- JAIN, A. K.; DUIN, R. P. W.; MAO, J. Statistical pattern recognition: A review. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Ieee, v. 22, n. 1, p. 4–37, 2000. Citado na página 24.
- KOBASHI, N. Y. Fundamentos semânticos e pragmáticos da construção de instrumentos de representação de informação. *DataGramaZero-Revista de Ciência da Informação*, v. 8, n. 6, 2007. Citado na página 25.
- KREKELER, B. N. et al. Patient adherence to dysphagia recommendations: A systematic review. *Dysphagia*, Springer, p. 1–12, 2017. Citado na página 17.
- KURZWEIL, R. *The age of spiritual machines: When computers exceed human intelligence*. [S.l.]: Penguin, 2000. Citado na página 24.
- LI, C.-Y. et al. Sensor-embedded teeth for oral activity recognition. In: *Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers*. New York, NY, USA: ACM, 2013. (ISWC '13), p. 41–44. ISBN 978-1-4503-2127-3. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2493988.2494352>>. Citado na página 37.
- LIU, J. et al. An intelligent food-intake monitoring system using wearable sensors. In: *2012 Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 154–160. ISSN 2376-8886. Citado na página 37.
- LUCATELLI, M. V. *Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares*. Florianópolis, SC: [s.n.], 2002. Citado na página 15.
- LUZ, F. F. *Consulta a ontologias utilizando linguagem natural controlada*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013. Citado na página 26.

MARCONDES, C. H.; CAMPOS, M. L. de A. Ontologia e web semântica: o espaço da pesquisa em ciência da informação. *PontodeAcesso*, v. 2, n. 1, p. 107–136, 2008. Citado na página 16.

MATHWORKS, I. *MATLAB: The Language of Technical Computing*. 2017. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/matlab/>>. Acesso em: 02 de Jan. de 2017. Citado na página 45.

MATTOS, M. C. d. A metodologia methontology na construção de ontologias. *Revista de Iniciação Científica*, v. 5, n. 1, 2010. Citado na página 32.

MENDI, E. et al. Food intake monitoring system for mobile devices. In: *5th IEEE International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces IWASI*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 31–33. Citado na página 37.

MOREIRA, I. A. T. *Sistema de Monitoramento Contínuo da Ingestão de Alimentos*. 68 p. Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação — Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2015. Citado 5 vezes nas páginas 16, 36, 38, 40 e 44.

MORI, A.; GOTTSCHALG-DUQUE, C.; SILVA, M. de Fátima Souza e. Ontologias na modelagem de conhecimentos de políticas públicas habitacionais. In: *ACM. Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. [S.l.], 2008. p. 375–377. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 25.

MOSER, L. E.; MELLIAR-SMITH, P. M. Personal health monitoring using a smartphone. In: *2015 IEEE International Conference on Mobile Services*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 344–351. ISSN 2329-6429. Citado na página 22.

NACHABE, L. et al. M-health application for neonatal incubator signals monitoring through a coap-based multi-agent system. In: *2015 International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 170–173. ISSN 2377-5688. Citado na página 15.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. et al. *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. [S.l.]: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 47.

OLIVEIRA, G. M. M. et al. Terapia nutricional em disfagia: A importância do acompanhamento nutricional. *Revista de Atenção à Saúde (antiga Rev. Bras. Ciên. Saúde)*, v. 6, n. 16, 2008. Citado na página 34.

OLIVEIRA, J. F. F. d.; SOUZA de et al. Mastigação: avaliação clínica, textura alimentar e tendências tecnológicas. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v. 20, n. 2, p. 163–166, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 68.

OLIVEIRA, L. C. S. d. et al. Identificação das mudanças na mastigação e deglutição de indivíduos submetidos a glossectomia parcial. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, scielo, v. 13, p. 338 – 343, 00 2008. ISSN 1516-8034. Citado na página 32.

OLUBANJO, T.; MOORE, E.; GHOVANLOO, M. Detecting food intake acoustic events in noisy recordings using template matching. In: *2016 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 388–391. Citado na página 36.

- ORTIZ, K. Z. *Distúrbios neurológicos adquiridos—fala e deglutição*. [S.l.]: Manole Barueri, 2006. Citado na página 32.
- PADOVANI, A. R. et al. Protocolo fonoaudiológico de avaliação do risco para disfagia (pard) dysphagia risk evaluation protocol. *Rev Soc Bras Fonoaudiol, SciELO Brasil*, v. 12, n. 3, p. 199–205, 2007. Citado 3 vezes nas páginas 16, 33 e 34.
- PEASE, A.; NILES, I. Ieee standard upper ontology: a progress report. *The Knowledge Engineering Review*, Cambridge University Press, v. 17, n. 1, p. 65–70, 2002. Citado na página 28.
- PäBLER, S.; FISCHER, W. J. Acoustical method for objective food intake monitoring using a wearable sensor system. In: *2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 266–269. ISSN 2153-1633. Citado na página 32.
- RAMAPRASAD, A.; PAPAGARI, S. S. Ontological design. In: *ACM. Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology*. [S.l.], 2009. p. 5. Citado na página 26.
- RAUTENBERG, S. et al. Uma metodologia para o desenvolvimento de ontologias. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 10, n. 2, p. 237–262, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.
- REZENDE, S. O. *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações*. [S.l.]: Editora Manole Ltda, 2003. Citado na página 24.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Inteligência Artificial: uma abordagem moderna*. Ed. [S.l.]: Campus, 2ª Edição, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 24.
- SACONATO, M.; GUEDES, Z. C. F. Estudo da mastigação e da deglutição em crianças e adolescentes com sequência de möbius. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 2009. Citado na página 32.
- SANTORO, P. P. Editorial ii-disfagia orofaríngea: panorama atual, epidemiologia, opções terapêuticas e perspectivas futuras. *Revista CEFAC, SciELO Brasil*, v. 10, n. 2, p. 0–0, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 34.
- SANTOS, L. A. d. *Eficácia e importância da avaliação clínica da deglutição*. 77 p. Mestrado em Ciências Médicas — Universidade de São Paulo, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 33.
- SANTOS, R. S.; FILHO, E. D. M. Sonar doppler como instrumento de avaliação da deglutição. *Arq Int Otorrinolaringol*, v. 10, n. 3, p. 182–191, 2006. Citado na página 34.
- SHANNON, R. E.; MAYER, R.; ADELSBERGER, H. H. Expert systems and simulation. *Simulation*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 44, n. 6, p. 275–284, 1985. Citado na página 25.
- SHAW, I. S. *Controle e modelagem fuzzy*. [S.l.]: Edgard Blucher, 1999. Citado na página 15.
- SILVA, L. A. da. *Android: Programando passo a passo*. [S.l.: s.n.], 2010. Citado na página 44.

- SILVA, L. B. d. C. *Distúrbios da Deglutição: Receitas e Viscosidades*. [S.l.]: Editora Rubio, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 34.
- SIVERTSEN, J.; GRAVERHOLT, B.; ESPEHAUG, B. Dysphagia screening after acute stroke: a quality improvement project using criteria-based clinical audit. *BMC nursing*, BioMed Central, v. 16, n. 1, p. 27, 2017. Citado na página 16.
- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. [S.l.]: Person Education, 9ª Edição, 2011. Citado na página 41.
- SPADOTTO, A. A. et al. Oropharyngeal dysphagia identification using wavelets and optimum path forest. In: *2008 3rd International Symposium on Communications, Control and Signal Processing*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 735–740. Citado na página 34.
- STAAB, S. et al. Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent Systems*, v. 16, n. 1, p. 26–34, Jan 2001. ISSN 1541-1672. Citado na página 29.
- STEINWART, I.; CHRISTMANN, A. *Support vector machines*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2008. Citado na página 15.
- SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; VILLAZÓN-TERRAZAS, B. How to write and use the ontology requirements specification document. In: SPRINGER. *OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems"*. [S.l.], 2009. p. 966–982. Citado na página 48.
- SWARTOUT, B. et al. Toward distributed use of large-scale ontologies. In: *Proc. of the Tenth Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*. [S.l.: s.n.], 1996. p. 138–148. Citado na página 25.
- TENNINA, S. et al. An energy efficient protocol architecture for m-health systems. In: *2014 IEEE 19th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 144–148. ISSN 2378-4865. Citado na página 15.
- VALENZA, G. et al. Advanced technology meets mental health: How smartphones, textile electronics, and signal processing can serve mental health monitoring, diagnosis, and treatment. *IEEE Pulse*, v. 5, n. 3, p. 56–59, May 2014. ISSN 2154-2287. Citado na página 15.
- VRANDEČIĆ, D. Ontology evaluation. In: *Handbook on Ontologies*. [S.l.]: Springer, 2009. p. 293–313. Citado na página 61.
- W3C. *W3C Vocabulary*. 2017. Disponível em: <<https://www.w3.org/standards/semanticweb/ontology>>. Acesso em: 22 de Nov. de 2016. Citado na página 25.
- WHO et al. mhealth: New horizons for health through mobile technologies: second global survey on ehealth. 2011. *Global Observatory for eHealth Series*, v. 3, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 21.
- ZHAO, L. et al. Fast decision making using ontology-based knowledge base. In: *2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 173–178. Citado na página 26.

APÊNDICE A – PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Ao decorrer do desenvolvimento deste trabalho, algumas pesquisas foram submetidas para evento na área de Ciência da Computação com temas relativos a *mHealth* e ontologias . Os resultados obtidos foram:

- **Título:** Dispositivo de Monitoramento de Ingestão de Alimentos - Uma Abordagem *M-Health* como Comunicação Alternativa entre Médicos e Pacientes;
Autores: Ingridy M. P. Barbalho, Felipe R. dos S. Fernandes, Cicilia R. M. Leite, Patrício de A. Silva;
Veículo: VII Congresso Brasileiro de Comunicação Alternativa;
Resultado: Aceito.
- **Título:** A Utilização do *Design Science* para o Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Ingestão de Alimentos;
Autores: Ingridy M. P. Barbalho, Felipe R. dos S. Fernandes, Sidney D. F. Bezerra, Salatiel D. Silva, Cicilia R. M. Leite, Patrício A. Silva;
Veículo: Computer on the Beach 2018;
Resultado: Aceito.
- **Título:** *An Investigation on the use of Ontologies for pattern classification - Study applied to the monitoring of food intake*;
Autores: Ingridy M. P. Barbalho, Felipe R. dos S. Fernandes, Cicilia R. M. Leite, Patrício de A. Silva, Francisco M. Mendes Neto;
Veículo: 9th Euro American Conference on Telematics and Information Systems - EATIS;
Resultado: Submetido.
- **Título:** *An mHealth System for Continuous Monitoring of Food Intake in Patients with Dysphagia*;
Autores: Ingridy M. P. Barbalho, Felipe R. dos S. Fernandes, Cicilia R. M. Leite, Patrício de A. Silva;
Veículo: IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics;
Resultado: Submetido.

Anexos

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UERN - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO
NORTE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Dispositivo não-invasivo para monitoramento contínuo da mastigação e ingestão de alimentos

Pesquisador: CÍCILIA RAQUEL MAIA LEITE

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 66445817.8.0000.5294

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

Patrocinador Principal: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.332.026

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma pesquisa para dissertação de mestrado do programa de computação da UERN/UFERSA. A metodologia da presente proposta foi dividida em quatro etapas: i) revisão bibliográfica para delimitar as principais abordagens sobre os assuntos relacionados a proposta, bem como, o estado da arte dos dispositivos M-Health para o monitoramento de doenças, e as técnicas de inteligência artificial utilizadas para a classificação de dados; ii) levantamento de requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento do sistema proposto; iii) desenvolvimento do protótipo; iv) validação do sistema proposto através de testes e análise dos resultados. Os sinais extraídos do acelerômetro e do microfone serão analisados com o objetivo de identificar padrões que indiquem quando o indivíduo está se alimentando, quantas vezes ao dia e o tipo físico do alimento. Após a captura dos dados, a análise será realizada com o uso de ontologias, uma técnica de inteligência artificial que pode ser utilizada na classificação de dados.

Endereço: Avenida Professor Antônio Campos, s/nº, BR 110, km 48 - Campus Central - UERN

Bairro: Presidente Costa e Silva

CEP: 59.610-090

UF: RN

Município: MOSSORO

Telefone: (84)3312-7032

E-mail: cep@uern.br

**UERN - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO
NORTE**

Continuação do Parecer: 2.332.026

Critério de Inclusão: Serão aptas a participar da pesquisa, pessoas de ambos os sexos, que residem na cidade de Mossoró-RN, maiores de 18 anos, membros ativos do Mestrado em Ciência da Computação PPGCC-UERN/UFERSA, e membros do Laboratório de Engenharia de Software (LES), vinculado ou Departamento de Informática da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. **Critério de Exclusão:** Serão excluídas pessoas que tiverem algum tipo de alergia ou impedimento à algum dos alimentos que serão utilizados durante os testes. O orçamento é de R\$ 3750,00.

Objetivo da Pesquisa:

Implementar um sistema inteligente, integrado a um dispositivo não invasivo para o monitoramento de pacientes portadores de Disfagia Orofaríngea, no qual, o dispositivo será capaz de detectar o movimento mandibular e os sinais sonoros do processo de ingestão de alimentos e realizar a classificação do tipo físico do alimento que está sendo ingerido através da utilização de ontologias

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Adequados à pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa interdisciplinar de grande relevância para a área da saúde/médica

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A nova folha de rosto e o projeto contemplaram as solicitações do CEP.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO 878827.pdf	28/09/2017 21:38:41		Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	28/09/2017 21:35:22	INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO	Aceito

Endereço: Avenida Professor Antônio Campos, s/nº, BR 110, km 48 - Campus Central - UERN

Bairro: Presidente Costa e Silva

CEP: 59.610-090

UF: RN

Município: MOSSORO

Telefone: (84)3312-7032

E-mail: cep@uern.br

UERN - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO
NORTE

Continuação do Parecer: 2.332.026

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_atualizado.pdf	28/09/2017 14:34:12	INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_atualizado.pdf	24/07/2017 21:52:36	INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Ingridy.pdf	05/07/2017 15:26:51	Francisca Keyla Guimarães de Oliveira	Aceito
Outros	Carta_Anuencia.pdf	18/03/2017 01:14:11	INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao.pdf	18/03/2017 01:12:23	INGRIDY MARINA PIERRE BARBALHO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

MOSSORO, 17 de Outubro de 2017

Assinado por:
Pablo de Castro Santos
(Coordenador)

Endereço: Avenida Professor Antônio Campos, s/nº, BR 110, km 48 - Campus Central - UERN
Bairro: Presidente Costa e Silva **CEP:** 59.610-090
UF: RN **Município:** MOSSORO
Telefone: (84)3312-7032 **E-mail:** cep@uern.br

ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA PERIÓDICO

Email – ingridymarina@hotmail.com

Novo | Responder | Excluir | Arquivar | ...

RE: Manuscript No. JBHI-00799-2017 - Journal of Biomedical and Health Informatics

IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics <onbehalfof+jbhi-eic+embs.org@manuscriptcentral.com>

ter 31/10/2017, 09:24

Você: ingridymarinapb@gmail.com

RE: Manuscript No. JBHI-00799-2017

Dear Miss Ingridy Barbalho :

I am pleased to acknowledge receipt of your manuscript entitled, "An mHealth System for continuous monitoring of swallowing with Dysphagia", for possible publication in Journal of Biomedical and Health Informatics. The manuscript was received on 26/10/2017.

This manuscript has been assigned a permanent reference number that must be used in all future correspondence: JBHI-00799-2017. Please mention the above manuscript number in all future correspondences. If there are any corrections to your contact details, please let us know.

Your manuscript will be forwarded to our Associate Editors for peer review. At the conclusion of the review process, you will receive feedback and a status update.

Thank you for your interest in the Journal of Biomedical and Health Informatics.

Sincerely,

Journal of Biomedical and Health Informatics Editorial Office