



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

CYNTHIA MOREIRA MAIA

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA PARA TRIAGEM E
MONITORAMENTO DA DISFAGIA OROFARÍNGEA**

MOSSORÓ-RN

2020

CYNTHIA MOREIRA MAIA

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA PARA TRIAGEM E
MONITORAMENTO DA DISFAGIA OROFARÍNGEA**

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 Dr^a. Cícilia Raquel Maia Leite

Coorientador: Prof^o Dr. Patrício de Alencar Silva

MOSSORÓ-RN

2020

© 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.

M217s Maia, Cynthia Moreira Maia
SISTEMA DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA PARA
TRIAGEM E MONITORAMENTO DA DISFAGIA
OROFARÍNGEA. / Cynthia Moreira Maia Maia. - Mossoró,
2020.

109p.

Orientador(a): Profa. Dra. Cícilia Raquel Maia Leite
Leite.

Coorientador(a): Prof. Dr. Patrício de Alencar Silva
Silva.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-
Graduação em Ciência da Computação). Universidade do
Estado do Rio Grande do Norte.

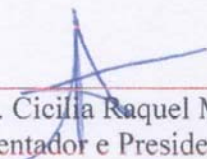
1. Transtornos de Deglutição. 2. Inteligência Artificial.
3. Tomada de Decisão Médica. 4. E-Saúde. I. Leite, Cícilia
Raquel Maia Leite. II. Universidade do Estado do Rio
Grande do Norte. III. Título.

CYNTHIA MOREIRA MAIA

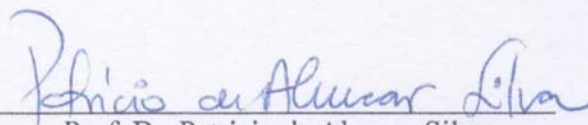
SISTEMA DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA PARA TRIAGEM E MONITORAMENTO DA
DISFAGIA OROFARÍNGEA

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

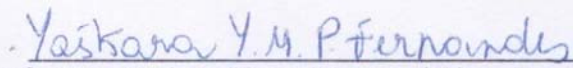
APROVADA EM: 19 / 02 / 2020




Prof. Dra. Cícilia Raquel Maia Leite
Orientador e Presidente



Prof. Dr. Patricio de Alencar Silva
Coorientador - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA



Prof. Dra. Yaskara Ygara Menescal Pinto Fernandes
Membro Interno - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA



Prof. Dr. Rodrigo Rafael Villarreal Goulart
Membro Externo - Universidade Feevale

*Minha Mãe,
Gerucilânia Moreira Maia*

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por todos os momentos que esteve presente ao meu lado, me fortalecendo em todos os sentidos. Depois, agradeço a minha família no geral, que sempre me incentivaram para conclusão deste trabalho. Agradeço especialmente á minha mãe, Gerucilânia Moreira Maia, aos meus avós, Maria Moreira Maia e Pedro Maia Filho, ás minhas irmãs, Maria Isabele Moreira Diógenes e Cibelle Moreira Diógenes e ao meu padrastro, Vlademir Diógenes de Oliveira.

Agradeço aos meus amigos da vida que sempre estiveram presentes em todos os momentos e avanços deste trabalho, em especial, André Maia, Duane Sameq, Juliete Chaves, Olivia Maria, Rute Gadelha, Rebeca de Moura e Wesliane Maia.

Agradeço aos amigos da estrada acadêmica, a Paulo Morais, Elizeu Sandro, Queiroz Neto, Otilia Santos, Thyago Sobreira, Geofrangite, Christina Pacheco e Jefferson Reis, por sempre estarem ao meu lado diante dos desafios. Agradeço em especial, a Júlio Cartier Maia Gomes, que sempre se fez presente nos momentos mais difíceis e alegres, obrigada por tudo. Sem você não teria chegado a esta etapa da minha vida.

Agradeço a minha orientadora, Cícilia Raquel Maia Leite, com quem aprendi muito como ser uma pesquisadora e professora, sempre instigando a sempre ver a fundo as coisas e sair mais do comodismo, com novos pensamentos e ideias. Agradeço também ao meu co-orientador Patrício de Alencar Silva, por todo incentivo e apoio desde da graduação, com pensamentos de ir sempre além, com apresentação de novas ideias para o aprimoramento deste trabalho. E agradeço também aos ensinamentos da professora Christina Pacheco. Levarei os ensinamentos de vocês para sempre.

"Há para todas as coisas um tempo determinado por Deus"

Eclesiastes 3

Resumo

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) voltadas para área da saúde, se tornaram um importante instrumento de apoio para realização de diferentes atividades de cuidados à saúde, por exemplo, para elaboração de medicamentos, prestação de serviços, auxílio no diagnóstico, entre outras. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão clínica para triagem e monitoramento da disfagia orofaríngea. A disfagia orofaríngea é um sintoma relacionado à dificuldade de deglutição dos alimentos, condição esta que demanda assistência adequada. Um monitoramento mais contínuo do estado clínico de pacientes disfágicos pode reduzir complicações mais graves e auxiliar em uma recuperação mais eficiente. O sistema é projetado para funcionamento nas plataformas web e móvel. A plataforma web foi implementada para os profissionais de saúde (fonoaudiólogos e nutricionistas) para que possa auxiliar na triagem e monitoramento da disfagia. Já a plataforma móvel foi desenvolvida para os pacientes, que podem receber informações que contribuam para sua reabilitação. Este trabalho seguiu a metodologia de pesquisa *Design Science*, com todo delineamento do projeto de pesquisa. Ao final, o sistema foi validado por meio de alguns casos de pacientes portadores de doenças relacionadas à disfagia e realizou-se uma validação prévia com um profissional de saúde. O sistema apresentou resultados satisfatórios na sua construção, diante que na maioria dos testes realizados foi capaz de classificar as respostas esperadas. Os resultados foram em relação ao uso de diferentes técnicas de inteligência artificial que podem otimizar e auxiliar nas tomadas de decisões, sendo uma outra forma de projeção das decisões tomadas pelos profissionais. O uso dessas técnicas de acordo com os resultados levantados podem contribuir significativamente nas tomadas de decisões e cada técnica aplicada apresentou diferentes vantagens.

Palavras-chave: Transtornos de Deglutição, Inteligência Artificial, Tecnologias de Informação, Tomada de Decisão Médica, E-Saúde.

Abstract

Information and Communication Technologies (ICTs) focused on the health area, have become an important support tool for carrying out different health care activities, for example, for the elaboration of medicines, provision of services, diagnosis assistance, among others. Thus, the objective of this work is the development of a clinical decision support system for screening and monitoring of oropharyngeal dysphagia. Oropharyngeal dysphagia is a symptom related to the difficulty in swallowing food, a condition that requires adequate assistance. More continuous monitoring of the clinical status of dysphagic patients can reduce more serious complications and assist in a more efficient recovery. The system is designed to work on the web and mobile platforms. The web platform was implemented for health professionals (speech therapists and nutritionists) so that it can assist in the screening and monitoring of dysphagia. The mobile platform was developed for patients, who can receive information that contributes to their rehabilitation. This work followed the Design Science research methodology, with the entire outline of the research project. In the end, the system was validated through some cases of patients with diseases related to dysphagia and a previous validation was carried out with a health professional. The system presented satisfactory results in its construction, given that in most tests performed it was able to classify the expected responses. The results were in relation to the use of different artificial intelligence techniques that can optimize and assist in decision making, being another way of projecting the decisions made by professionals. The use of these techniques according to the results obtained can significantly contribute to decision making and each applied technique presented different advantages.

Keywords: Deglutition Disorders, Artificial Intelligence, Information Technologies, Medical Decision Making, eHealth.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Relação entre o contexto social e o contexto de pesquisa.	20
Figura 2 – Configuração de metodologia de pesquisa de acordo com a <i>Design Science</i>	22
Figura 3 – Componentes da arquitetura do sistema de apoio a decisão clínica.	30
Figura 4 – Etapas da metodologia de Uschold e King (1995).	34
Figura 5 – Procedimentos da metodologia <i>Tove</i> para o desenvolvimento de ontologias.	35
Figura 6 – Estágios e atividades da metodologia <i>Methontology</i>	36
Figura 7 – Fases da metodologia <i>On-to Knowledge</i>	37
Figura 8 – Fases da metodologia <i>Ontology Development 101</i>	37
Figura 9 – Hierarquia das tarefas de AM.	40
Figura 10 – Fases do método <i>Stacking</i>	42
Figura 11 – Componentes de um sistema <i>Fuzzy</i>	43
Figura 12 – Fluxograma para seleção dos estudos.	47
Figura 13 – Visão geral do sistema e a sequência de passos para seu funcionamento.	52
Figura 14 – Diagrama de componentes do sistema de apoio à decisão clínica.	53
Figura 15 – Principais caso de uso (Fonoaudiólogo).	56
Figura 16 – Principais caso de uso (Nutricionista).	56
Figura 17 – Diagrama de sequência da plataforma Web.	57
Figura 18 – Diagrama de sequência da plataforma Web.	57
Figura 19 – Fluxograma do protocolo de triagem para identificação do risco de disfagia.	58
Figura 20 – Visualização do uso do algoritmo J48.	61
Figura 21 – Módulo de triagem no sistema Web.	63
Figura 22 – Hierarquia das classes construídas na ferramenta Protégé.	66
Figura 23 – Propriedade <i>hasConsistency</i>	67
Figura 24 – Instâncias da ontologia criadas na ferramenta Protégé.	68
Figura 25 – Visualização parcial da ontologia.	72
Figura 26 – Visualização completa da ontologia.	72
Figura 27 – Visualização da consistência nas hierarquias das propriedades da ontologia.	74
Figura 28 – Visualização de consistência das hierarquias de classe e subclasses da ontologia.	74
Figura 29 – Resultados das inferências da ontologia: (a) classificação do nível de disfagia; (b) classificação do alimento; (c) classificação do áudio; (d) classificação do movimento.	75

Figura 30 – Resultados das inferências da ontologia: (a) classificação do nível de disfagia N2-N3; (b) classificação da consistência dos alimentos de acordo com nível N2-N3; (c) classificação dos alimentos indicados de acordo com nível N2-N3.	76
Figura 31 – Visualização no sistema Web das informações classificadas.	76
Figura 32 – Tela principal da plataforma móvel.	79
Figura 33 – Principais caso de uso (Paciente).	79
Figura 34 – Diagrama de sequência da plataforma Web.	80
Figura 35 – Informações das técnicas alimentares adequadas a partir do nível N2-N3.	81
Figura 36 – Fluxograma da linha de execução com um serviço.	82
Figura 37 – Escala de classificação das pontuações SUS.	86

Lista de tabelas

Tabela 1 – Uma breve descrição dos objetivos dos <i>stakeholders</i>	18
Tabela 2 – Informações do nível de disfagia e suas condições alimentares.	29
Tabela 3 – Características dos estudos selecionados.	48
Tabela 4 – Dados extraídos dos estudos selecionados.	49
Tabela 5 – Descrição das medidas de avaliação utilizadas.	61
Tabela 6 – Resultados individuais dos algoritmos.	62
Tabela 7 – Resultados do comitê <i>Stacking</i>	62
Tabela 8 – Documento de especificação de requisitos da ontologia.	65
Tabela 9 – Propriedades <i>ObjectProperty</i>	67
Tabela 10 – Alguns detalhes da ontologia construída.	73
Tabela 11 – Descrição dos pacientes voluntários com patologias.	84
Tabela 12 – Resultados dos pacientes voluntários com patologias.	85
Tabela 13 – Respostas do profissional de saúde.	87

Lista de abreviaturas e siglas

AM	Aprendizado de Máquina
AUC	Área Sob a Curva
AVC	Acidente Vascular Cerebral
COHM	Centro de Oncologia e Hematologia de Mossoró
CI	Critérios para Inclusão
CE	Critérios para Exclusão
.CSV	<i>Comma Separated Values</i>
FELUMA	Instituto de Pesquisa Fundação Educacional Lucas Machado
FOIS	<i>Functional Oral Intake Scale</i>
FN	<i>False Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
.FCL	<i>Fuzzy Control Language</i>
IA	Inteligência Artificial
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IESS	Instituto de Estudos de Saúde Suplementar
k-NN	<i>k-Nearest-Neighbors</i>
LMECC	Liga Mossoroense de Estudos e Combate ao Câncer
MAN	<i>Mini Nutritional Assessment</i>
MUST	<i>Malnutrition Universal Screening Tool</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
NB	<i>Naive Bayes</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
OWL	<i>Web Ontology Language</i>

OWL-DL 2	<i>Web Ontology Language – Descripton Logic 2 version</i>
ORSO	<i>Ontology Requirements Specification Document</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis</i>
QGP	Questão Geral de Pesquisa
QC	Questões Conceituais
QT	Questões Tecnológicas
QP	Questões Práticas
QP	<i>Quadratic programming</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RDFs	<i>Resource Description Framework Schema</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SMO	<i>Sequential Minimal Optimization</i>
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TAE	Teoria de Aprendizado Estatístico
TP	<i>True Positive</i>
TN	<i>True Negative</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
XHTML	<i>eXtensible Hypertext Markup Language</i>
.WAV	<i>Waveform Audio File Format</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	13
1.2	Motivação	14
1.3	Organização do Documento	15
2	PROJETO DE PESQUISA COM <i>DESIGN SCIENCE</i>	17
2.1	Introdução	17
2.2	Objetivos	17
2.2.1	Objetivos dos <i>Stakeholders</i>	17
2.2.2	Objetivos da Pesquisa	19
2.3	Questões de Pesquisa	20
2.4	Metodologia	22
2.5	Discussão	24
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
3.1	Introdução	26
3.2	Disfagia	27
3.3	Sistemas de Apoio à Decisão Clínica	29
3.4	Ontologias	31
3.4.1	Conceitos de Ontologias	31
3.4.2	Componentes das Ontologias	32
3.4.3	Tipos de Ontologias	32
3.4.4	Metodologias para Construção das Ontologias	33
3.5	Aprendizado de Máquina	38
3.5.1	Conceitos Básicos de Aprendizado de Máquina	38
3.5.2	Tipos de Aprendizado de Máquina	39
3.5.3	Comitês de Classificadores	41
3.6	Lógica <i>Fuzzy</i>	42
3.7	Discussão	43
4	REVISÃO INTEGRATIVA EM SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA DISFAGIA	45
4.1	Introdução	45
4.2	Metodologia da Revisão Integrativa	45
4.3	Resultados da Revisão Integrativa	47
4.4	Discussão	50

5	SISTEMA DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA PARA TRIAGEM E MONITORAMENTO DA DISFAGIA OROFARÍNGEA	51
5.1	Introdução	51
5.2	Visão Geral do Sistema	52
5.3	Plataforma Web	56
5.3.1	Aplicação do comitê <i>Stacking</i> para triagem de identificação do risco de disfagia	58
5.3.2	Uma ontologia para classificação de consistências e alimentos adequados de acordo com o nível de disfagia	63
5.3.3	Uso de lógica fuzzy para detecção de obstruções durante o processo de ingestão alimentar	77
5.3.4	Visualização das Informações Alimentares dos indivíduos	78
5.3.5	Módulo de Verificação de Risco Nutricional	78
5.4	Plataforma <i>Móvel</i>	78
5.4.1	Módulo de Verificação das Informações	80
5.4.2	Módulo de Confirmação da Textura Alimentar	81
5.5	Discussão	82
6	VALIDAÇÃO	83
6.1	Introdução	83
6.2	Estudos de Caso com Pacientes Diagnosticados com Disfagia	84
6.2.1	Contextualização dos experimentos	84
6.3	Opinião do Especialista de Domínio	85
6.3.1	Contextualização do Experimento	86
6.3.2	Resultados e Discussão da Validação	86
6.4	Discussão	87
7	CONCLUSÃO	89
7.1	Sumário de Pesquisa	89
7.2	Contribuições	92
	REFERÊNCIAS	94
	APÊNDICES	103

1 INTRODUÇÃO

Os hospitais têm como deveres fundamentais oferecer aos pacientes um atendimento de qualidade nos cuidados de saúde, que seja humanizado e acolhedor, garantir sua segurança e que se tenha o mínimo de erros médicos ao longo da sua assistência (BRASIL, 2009). O uso de diretrizes, guias de condutas eletrônicas, sistemas de apoio à decisão, permitem o aprimoramento no processo de tomada de decisão dos profissionais de saúde e consequentemente auxiliam na qualidade da assistência ao paciente (BRASIL, 2005). De acordo com o relatório de coleta de dados da pesquisa TIC Saúde 2018 do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação, em 2018 de acordo com a percepção dos médicos e enfermeiros alguns dos benefícios do uso dos sistemas eletrônicos de saúde incluem: à segurança e confidencialidade das informações, maior eficiência nos atendimentos, redução de erros na administração de medicamentos ao paciente e melhoria na eficiência dos processos de trabalho das equipes (CETIC, 2019).

Os sistemas de otimização de decisões relacionados à saúde, são definidos como sistemas de apoio à decisão clínica. Esses sistemas são desenvolvidos para auxiliar na tomada de decisão dos clínicos em relação aos pacientes no momento em que essas decisões forem tomadas. Seu foco está no uso de tecnologias de informação em saúde para melhoria nos cuidados. Os sistemas incluem uma variedade de recursos, incluindo lembretes ou alertas para pacientes e médicos, modelos de documentação, suporte ao diagnóstico ou diretrizes clínicas (SHAHSAVARANI *et al.*, 2015).

Os sistemas de apoio à decisão clínica são aplicados para diferentes domínios na saúde seja para prestação de cuidados primários e preventivos, realização de triagens, recomendações de vacinação (HUNT *et al.*, 1998) (AHMADIAN *et al.*, 2011), auxiliar no diagnóstico e tratamento de doenças crônicas, como diabetes (O'CONNOR *et al.*, 2011), câncer (CLAUSER *et al.*, 2011), demência (LINDGREN, 2011) e doença cardíaca (DEBUSK; HOUSTON-MILLER; RABY, 2010). No domínio da disfagia, pouco se tem discutido sobre o uso desses sistemas. A disfagia é um distúrbio que acontece durante o processo de deglutição, resultante de causas neurológicas e/ou estruturais (ASHA, 2004). Os pacientes com disfagia podem apresentar complicações graves no seu estado clínico, como: desnutrição, desidratação e mortalidade prematura (EKBERG *et al.*, 2002). Este é um sintoma comum em indivíduos idosos e pacientes com: Alzheimer, Doenças Oncológicas, Parkinson e Acidente Vascular Cerebral (AVC) (DUTHEY, 2013). Além das complicações físicas, existem as complicações psicológicas que também são comuns nesses indivíduos (LACY *et al.*, 2015). Por meio de uma revisão integrativa realizada investigou-se o estado da arte dos sistemas de apoio à decisão, voltados para o acompanhamento e reabilitação

da disfagia e foram encontrados poucos trabalhos (MAIA *et al.*, 2019). Assim, surge uma necessidade de ampliar as pesquisas no campo da disfagia (SAITOH *et al.*, 2018). Com a revisão, verificou-se que existem estudos na área tanto no Brasil como no exterior, mas os estudos são escassos com lacunas que podem ser analisadas em futuras pesquisas.

Diante desse contexto, este trabalho visou desenvolver um sistema de apoio à decisão clínica para a triagem e monitoramento da disfagia. A implementação do sistema teve foco em dispositivos móveis. A implementação dos sistemas de apoio à decisão em dispositivos móveis têm sido um foco de crescente interesse (BERNER, 2007), fornecendo diferentes vantagens, como: portabilidade, baixo custo, comunicações instantâneas, acesso a várias redes sem fio e acesso rápido às tomadas de decisões.

O sistema desenvolvido apresenta algumas finalidades. A primeira funcionalidade é para auxiliar os profissionais de saúde na realização de uma triagem de pacientes com suspeita de disfagia orofaríngea, como uma forma de verificar a ausência ou presença de disfagia, antes da realização de uma avaliação mais detalhada através de exames instrumentais. A segunda funcionalidade é para contribuir no monitoramento remoto desses pacientes, com fornecimento de informações relacionadas ao seu processo de ingestão alimentar que contribuam para as análises dos profissionais de saúde. A terceira finalidade é para auxiliar no fornecimento de informações relacionadas as condutas alimentares adequadas aos pacientes, de acordo com sua situação clínica. Como este trabalho busca auxiliar na solução de um problema prático do mundo real, foi utilizado a metodologia denominada *Design Science* para sua condução. Para este trabalho seguiu-se uma estrutura lógica para resolução do problema.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema de apoio à decisão clínica para triagem e monitoramento da disfagia orofaríngea. Os objetivos específicos incluem:

- Contribuir nas tomadas de decisões dos profissionais de saúde;
- Auxiliar no monitoramento remoto de pacientes disfágicos;
- Apoiar os pacientes com informações relacionadas a sua reabilitação;
- Obter resultados satisfatórios nas respostas classificadas pelo sistema, como acurácia e precisão.

1.2 Motivação

De acordo com a *American Speech Language Hearing Association* (ASHA), a disfagia é um distúrbio que acontece durante o processo de deglutição, resultante de causas neurológicas e/ou estruturais. A disfagia pode provocar a entrada de alimentos nas vias aéreas, gerando como consequências: tosse, asfixia, problemas pulmonares e aspiração (ASHA, 2004). A aspiração é um termo genérico que se refere quando o paciente aspira material orofaríngeo pela laringe e atinge os pulmões (CRARY *et al.*, 2004), em muitos casos de pacientes com disfagia está relacionada a uma alta incidência de infecção do trato respiratório baixo, principalmente pneumonias (BARONI; FÁBIO; DANTAS, 2012). A pneumonia é uma das complicações mais comuns na disfagia e tem sido uma das principais causas de morte na última década (SAITOH *et al.*, 2017).

Os pacientes com disfagia podem também apresentar outras complicações como: desnutrição, desidratação e mortalidade prematura (EKBERG *et al.*, 2002). Assim essas complicações afetam de forma negativa a capacidade de alimentação do paciente (JENNIFER; MIKOTO, 2000).

A prevalência de disfagia na população geral varia de 16% a 23% (RUTH; MÅNSON; SANDBERG, 1991) (CHIOCCA *et al.*, 2005). A disfagia é um sintoma comum em pacientes com Alzheimer, Idosos, com Doenças Oncológicas, Parkinson, AVC, entre outras, em suas fases moderadas e avançadas (DUTHEY, 2013). Em pacientes com câncer, pode ser decorrente de tumores malignos na região da cabeça e do pescoço, em particular na faringe, língua e esôfago. A disfagia pode esta associada em alguns casos à radiação (quimioterapia) ou pós-cirúrgico ou pós-operatório (RABER-DURLACHER *et al.*, 2012). Mais de 80% de pacientes com Parkinson desenvolvem disfagia ao longo da doença (SUTTRUP; WARNECKE, 2016). A prevalência de disfagia, nas fases de moderada a grave é de 84% a 93% em pacientes com alzheimer (HORNER *et al.*, 1994) (FEINBERG *et al.*, 1992).

O paciente idoso apresenta um risco maior em desenvolver disfagia devido ao processo de envelhecimento que resulta em diferentes alterações fisiológicas, a massa muscular reduz e o tecido conjuntivo perde de forma evolutiva sua elasticidade. Assim, têm-se consequências como: à perda de força e a capacidade de ampliação dos movimentos realizados durante processo de deglutição (SURA, 2012). Nos primeiros 3 (três) dias após AVC, 42–67% dos pacientes apresentam disfagia (MALAGELADA *et al.*, 2014). Durante o primeiro ano após o AVC, cerca de 20% dos pacientes morrem de pneumonia por aspiração (BROWN; GLASSENBERG, 1973).

Além das complicações físicas, têm-se as complicações psicológicas que também são comuns em pacientes com disfagia (LACY *et al.*, 2015). Estes podem ficar isolados, sentir-se excluídos por outros, ansiosos e na hora de realizar as refeições podem sentir-se angustiados (STRINGER, 1999). Com essas complicações graves tem-se uma redução

significativa da qualidade de vida do paciente, gerando como consequência um aumento no seu tempo de reabilitação. Assim existe uma necessidade de ampliar o interesse de cuidados dedicados ao paciente e de pesquisas no campo emergente da disfagia (SAITOH *et al.*, 2017). A reabilitação em disfagia orofaríngea tem como objetivo estabilizar o aspecto nutricional, eliminar os riscos de aspiração e complicações associadas (DEPIPPPO *et al.*, 1994). Quando o paciente consegue se alimentar via oral, ganhar peso ou tem-se a redução da ocorrência de pneumonia aspirativa, a eficácia da reabilitação é evidenciada (SILVA, 2007).

A partir dessas observações surgiu o interesse de realizar uma revisão integrativa para investigar as pesquisas que estão sendo desenvolvidas no contexto da disfagia, de forma mais específica, em relação aos sistemas de apoio à decisão para auxiliar no acompanhamento e reabilitação de indivíduos com disfagia. Diante, que esses sistemas na área da saúde são desenvolvidos para fins de gerenciamento de tratamento, monitoramento, controle e apoio ao diagnóstico de doenças. Assim, por meio da revisão verificou-se que foram apresentados poucos estudos na área e os estudos encontrados apresentaram lacunas.

Portanto, a motivação para este trabalho é desenvolver um sistema que auxilie no processo de triagem de pacientes com disfagia para analisar a ausência ou presença de disfagia, no monitoramento em relação a seu processo de reabilitação por meio do fornecimento de informações relacionadas às condutas alimentares adequadas de acordo com seu caso específico de disfagia, com intuito de evitar complicações mais graves no seu estado clínico. Assim, se torna necessária o desenvolvimento de uma tecnologia nova para cobrir uma demanda crescente de monitoramento de indivíduos com disfagia, que permita o fornecimento a distância de informações acerca da terapia de reabilitação para os pacientes e que possibilite um acompanhamento mais periódico dos profissionais de saúde em relação ao estado clínico do paciente.

1.3 Organização do Documento

- **Capítulo 2** apresenta a metodologia de pesquisa utilizada para este trabalho, a metodologia *Design Science*. Buscou-se elicitare e compreender os principais questionamentos, objetivos, componentes, atividades e pessoas envolvidas no estudo;
- **Capítulo 3** descreve uma breve definição dos assuntos que englobam esta pesquisa, assim, investiga-se os termos e conceitos de: disfagia, sistemas de apoio à decisão clínica, ontologias, aprendizagem de máquina e lógica *fuzzy*;
- **Capítulo 4** apresenta uma revisão integrativa do uso de sistemas de apoio à decisão no contexto da disfagia, com um estudo comparativo entre os trabalhos coletados;

- **Capítulo 5** apresenta a maior contribuição deste trabalho, o sistema de apoio à decisão clínica com os módulos criados e integrados. São explicados e descritos todos os módulos desenvolvidos, com representações gráficas que permitem uma melhor visualização dos artefatos;
- **Capítulo 6** apresenta as validações do sistema. Com explicações sobre como aconteceu os experimentos, observações e avaliações do sistema desenvolvido;
- **Capítulo 7** apresenta as conclusões desta pesquisa e fornece uma visão sobre as limitações e trabalhos futuros.

2 PROJETO DE PESQUISA COM *DESIGN SCIENCE*

2.1 Introdução

A metodologia *Design Science* tem como objetivo investigar o contexto da pesquisa, e o projeto de um ou mais artefatos computacionais que possam ser usados para tratar um problema de pesquisa em um determinado contexto social bem definido (WIERINGA, 2014). E tem como abordagem principal a área de Tecnologia e Gestão da Informação, mas tem seu enfoque também no campo da gestão em geral (LACERDA *et al.*, 2013). Dessa forma, para este trabalho foi utilizado essa metodologia como uma forma de projetar os principais questionamentos, objetivos, componentes, atividades e pessoas envolvidas na pesquisa. A metodologia busca compreender e identificar os pontos essenciais dos problemas da pesquisa, como forma de resolução destes.

Este capítulo está organizado da seguinte maneira. Na **Seção 2.2**, são apresentados os objetivos da pesquisa. Em seguida na **Seção 2.3**, são apresentadas as questões de pesquisa. Posteriormente, na **Seção 2.4** é descrita a metodologia do trabalho. E finalmente na **Seção 2.5**, tem-se uma discussão geral do capítulo.

2.2 Objetivos

Conhecer os objetivos do estudo, o contexto social das partes interessadas é importante para o caminhar de resultados satisfatórios e úteis da pesquisa (WIERINGA, 2014). Nessa subseção, são apresentados os objetivos do estudo e das partes interessadas (*stakeholders*).

2.2.1 Objetivos dos *Stakeholders*

Compreender os diferentes objetivos dos *stakeholders*, traçar todos os objetivos de forma clara podem otimizar a elaboração e implementação do projeto. Este trabalho visa contribuir significativamente com os profissionais de saúde, em especial os fonoaudiólogos e nutricionistas que necessitam realizar o controle e monitoramento do processo de ingestão alimentar dos seus pacientes. Desta forma, os indivíduos diagnosticados com disfagia possam receber informações da sua condição clínica, dessa forma as partes envolvidas e os objetivos de cada um estão listados na **Tabela 1**.

Para listagem dos objetivos buscou-se compreender juntamente com os especialistas alguns pontos que norteiam o estudo. Em relação aos fonoaudiólogos, foram realizados

Tabela 1 – Uma breve descrição dos objetivos dos *stakeholders*.

<i>Stakeholders</i>	Objetivos
Fonoaudiólogos	Realizar triagem de indivíduos com suspeita de disfagia. Obter informações da condição clínica do indivíduo com disfagia.
Nutricionistas	Criar e alterar as condutas alimentares adequadas à condição clínica do paciente com disfagia. Verificar o risco nutricional dos indivíduos com disfagia.
Pacientes	Obter informações adequadas das condutas alimentares de acordo com a sua condição clínica.

Fonte: Autoria Própria (2020).

alguns acompanhamentos de consultas de pacientes com disfagia. Buscou-se entender o passo a passo de como realizam a avaliação e monitoramento dos seus pacientes. Pode-se verificar que o processo desde da realização da triagem é realizado tipicamente de forma manual, no qual inicialmente realizam uma triagem por meio de uma avaliação fonoaudiológica funcional documentada em papéis. Na triagem, coletam dados de identificação do paciente, realizam perguntas em relação ao processo de mastigação, e posteriormente, já realizam a avaliação da deglutição para classificação do nível de disfagia por meio da escala funcional de ingestão por via oral (do inglês, *Functional Oral Intake Scale - FOIS*). A partir da escala de classificação, já são indicadas as consistências adequadas a condição clínica e encaminham o paciente para o nutricionista que ficará responsável por estabelecer dietas alimentares aos pacientes, de acordo com as consistências alimentares indicadas pelos fonoaudiólogos. Observou-se também que após os pacientes saírem do ambiente hospitalar, os fonoaudiólogos não mantêm um monitoramento remoto dos seus pacientes, apenas quando estão dentro do consultório clínico.

O nutricionista recebe as consistências adequadas a condição clínica do paciente e são responsáveis pela montagem de dietas alimentares. Um outro objetivo desse profissional é a investigação por meio de triagens se o paciente sofre risco de desnutrição, considerando que a desnutrição é uma complicação grave no estado clínico do paciente. Para o nutricionista, não foram realizados acompanhamentos das consultas. Apenas foi investigado por meio de conversas com o especialista sobre os aspectos de triagens para verificação do risco de desnutrição, outro ponto explorado neste trabalho.

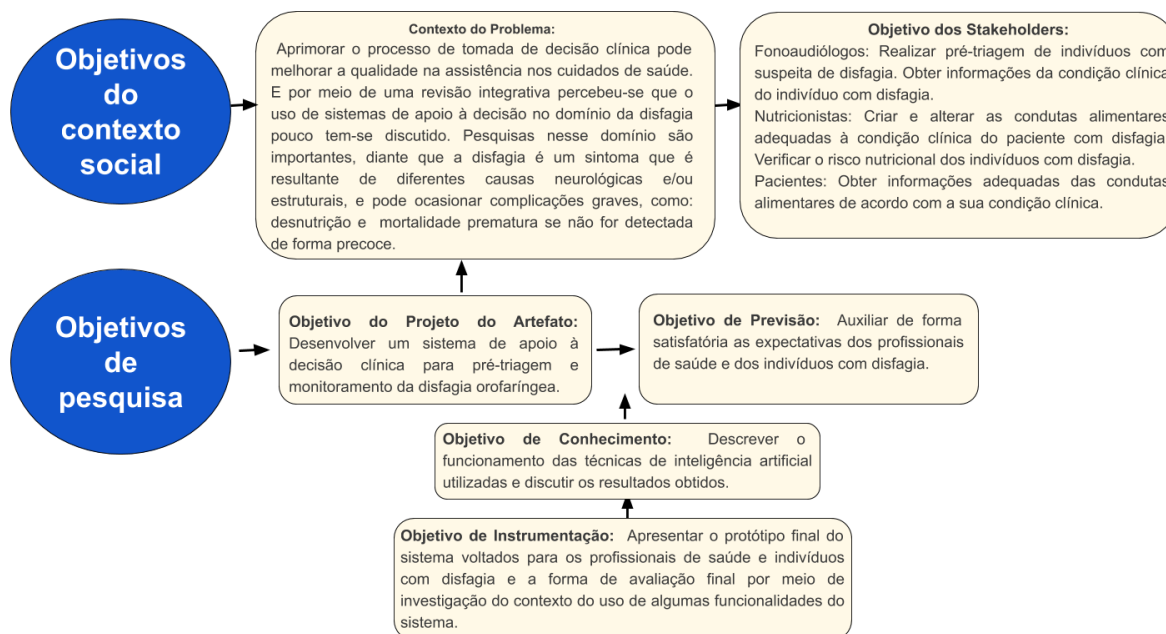
Em relação aos indivíduos que sofrem de disfagia, por meio do acompanhamento de algumas das consultas, verificou-se que alguns são acompanhados por cuidadores que têm como responsabilidade receber todas as informações repassadas pelos especialistas e aplicar nos indivíduos para auxiliar na reabilitação. Então sentiu-se a necessidade de auxiliá-los por meio de um sistema que receba todos os dados de dietas alimentares, descrições definidas pelos especialistas, assim que recebam de forma prática e segura todas essas informações.

2.2.2 Objetivos da Pesquisa

Os objetivos da pesquisa em *Design Science* podem ser divididos em: objetivo do projeto do artefato, objetivo de previsão, objetivo de conhecimento e objetivo de instrumentação (WIERINGA, 2014). O objetivo do projeto do artefato ou também denominado de objetivo técnico da pesquisa, é aquele que visa resolver ou otimizar algum problema de acordo com um determinado contexto social. O objetivo de previsão visa prever como um artefato irá interagir de acordo com o contexto de um problema, ou seja, uma concepção sobre um estado futuro. Já o objetivo de conhecimento visa explicar os fenômenos, bem como seus componentes internos e detalhes do contexto. Quanto ao objetivo de instrumentação, compreende a construção de ferramentas necessárias para projetar as simulações de interação entre o artefato e o contexto. Assim, esses objetivos são descritos a seguir de acordo com o propósito deste trabalho.

- **Objetivo do Projeto do Artefato:** desenvolver um sistema na área da saúde, mais especificamente, um sistema de apoio à decisão clínica para triagem e monitoramento da disfagia orofaríngea;
- **Objetivo de Previsão:** auxiliar de forma satisfatória as expectativas dos profissionais de saúde e dos indivíduos com disfagia. A triagem inteligente deverá ter uma acurácia de 90% de acertos na previsão do risco de disfagia. O sistema deverá classificar de forma eficaz as condutas alimentares adequadas de acordo com o nível de disfagia e fornecerá as informações necessárias de forma correta que contribuam para as análises do profissionais de saúde;
- **Objetivo de Conhecimento:** projetar os mecanismos de Inteligência Artificial (IA) e discutir os resultados obtidos. Para este trabalho fez uso de: Aprendizado de Máquina (AM), Ontologias e Lógica *Fuzzy*;
- **Objetivo de Instrumentação:** apresentar o protótipo final do sistema para ser usado por profissionais de saúde e indivíduos com disfagia, e será descrito a forma de validação do sistema, por meio de cenários práticos e teóricos. Na **Figura 1** são ilustradas as relações entre os objetivos do contexto social e os objetivos de pesquisa.

Figura 1 – Relação entre o contexto social e o contexto de pesquisa.



Fonte: Autoria Própria (2020).

2.3 Questões de Pesquisa

Como definido anteriormente, os objetivos de conhecimentos visam descrever e explicar os fenômenos que envolvem o trabalho. Esses objetivos podem ser refinados em questões de conhecimento, que são questões que buscam mudanças no conhecimento sobre o mundo (não uma mudança propriamente dita no mundo), ou seja, modificam o estado do conhecimento e aplica-se no mundo real (WIERINGA, 2014). Para este trabalho, são definidas questões de conhecimentos empíricas, que demandam dados sobre o mundo real para respondê-las. Existem algumas maneiras de classificar questões de conhecimento empírica, algumas são apresentadas a seguir:

- **Questões Descritivas:** são questões que perguntam o que aconteceu sem pedir explicações;
- **Questões Explanatórias:** são questões que perguntam por que algo aconteceu;
- **Questões Empíricas:** as questões empíricas podem ser subdivididas em:
 - **Questões de Trade-Off:** perguntam qual é a diferença entre os efeitos de diferentes artefatos no mesmo contexto;
 - **Questões de Sensitividade:** perguntam qual é a diferença entre efeitos do mesmo artefato em diferentes contextos;

- **Questões de Satisfação de Requisitos:** perguntam se os efeitos satisfazem os requisitos;
- **Questões de Efeito:** perguntam qual efeito um artefato tem em um contexto.

As questões de pesquisa deste trabalho foram organizadas em: Questão Geral de Pesquisa (QGP) que pode ser categorizada em Questões Conceituais (QC), Questões Tecnológicas (QT) e Questões Práticas (QP), considerando o conjunto problema da pesquisa. Portanto, a questão geral de pesquisa é:

Como auxiliar os profissionais de saúde na realização da triagem e monitoramento da disfagia orofaríngea por meio de um sistema de apoio à decisão clínica?

A seguir são apresentadas as questões mais específicas:

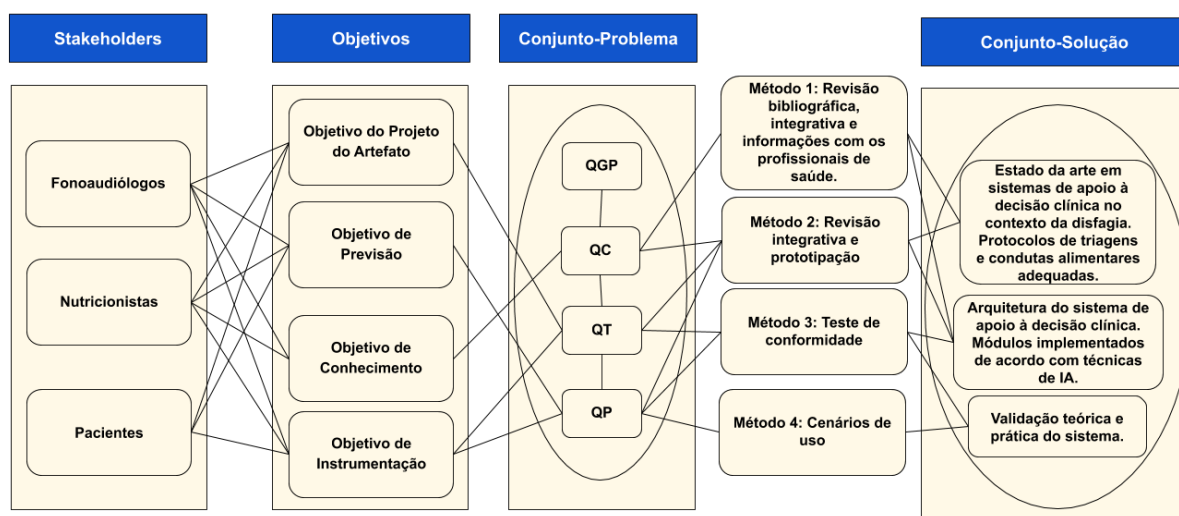
- Questão Conceitual (QC): Quais são os requisitos para construção de um Sistema de Apoio à Decisão Clínica para triagem e monitoramento remoto de indivíduos com Disfagia Orofaríngea?
 - QC1 (Descritiva) Quais são os protocolos de triagem existentes para verificar a ausência ou presença de disfagia?
 - QC2 (Descritiva) Quais são as condutas alimentares adequadas aos pacientes disfágicos de acordo com seu nível de disfagia?
 - QC3 (Descritiva) Quais são as formas de triagem para verificar o risco de desnutrição?
 - QC4 (Descritiva) Quais opções ou modelos de sistemas de apoio à decisão clínica no contexto da disfagia são atualmente catalogados na literatura?
- Questão Tecnológica (QT): Como projetar/implementar a arquitetura do sistema de apoio à decisão clínica?
 - QT1 (Descritiva) Quais são os requisitos funcionais do sistema?
 - QT2 (Descritiva) Quais ferramentas e linguagens utilizar no desenvolvimento do sistema?
 - QT3 (Descritiva) Considerando que o sistema seja baseado em técnicas de inteligência artificial, como desenvolver o sistema baseado nessas técnicas?
- Questões Prática (QP): Como avaliar se o sistema auxilia no monitoramento e triagem de pacientes com Disfagia Orofaríngea?
 - QP1 (Satisfação de Requisitos): O sistema apresenta um desempenho satisfatório nas respostas fornecidas?

- QP2 (Satisfação de Requisitos): Os resultados obtidos atendem aos requisitos de usabilidade?
- QP3 (Descritiva): Como será o processo de validação do sistema em indivíduos com disfagia?
- QP4 (Satisfação de Requisitos): As soluções geradas pelo sistema são aceitas pelos profissionais de saúde?

2.4 Metodologia

Como apresentado anteriormente, este trabalho é orientado pelo modelo *Design Science*, na **Seção 2.3** foi apresentado o conjunto problema da pesquisa (questões de conhecimento). Nesta seção são apresentados os métodos que conduzirão para o conjunto solução (artefatos). É apresentado na **Figura 2** os métodos que serão utilizados neste trabalho, para que a partir do conjunto problema seja alcançado o conjunto solução.

Figura 2 – Configuração de metodologia de pesquisa de acordo com a *Design Science*.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Os métodos para alcançar o conjunto solução são: Revisão Bibliográfica, Revisão Integrativa, Prototipação e Estudos de Casos.

- **Revisão Bibliográfica:** tem o objetivo de obter informações que norteiam os principais pontos da pesquisa, em relação aos sistemas de apoio à decisão clínica, técnicas de inteligência artificial, formas de triagens e disfagia. As bases de dados consultadas foram: ACM ACM Digital Library, IEEE Xplore Digital Library e Science Direct. Com objetivo de aperfeiçoar e confirmar os conhecimentos da literatura em relação a disfagia, foram realizadas buscas em bases de dados e também junto com profissionais de saúde (fonoaudiólogos e nutricionistas);

- **Revisão Integrativa:** o objetivo é investigar por meio de um processo formal, estudos que abordam o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão voltados para o contexto da disfagia, para identificar nesses estudos os métodos, limitações, arquiteturas, requisitos e validações. Com buscas nas seguintes bases de dados: *ACM Digital Library*, *IEEE Xplore Digital Library*, *Scopus*, *PubMed* e *Science Direct*;
- **Prototipação:** o processo de prototipação têm como objetivo projetar e implementar os artefatos da pesquisa. Inicialmente no processo de prototipagem tem-se a criação da ontologia responsável por classificar a partir do nível de disfagia as consistências e alimentos adequados à condição clínica do paciente. Para criação da ontologia, foi usada a metodologia *Ontology Development 101*. Essa metodologia segue uma abordagem iterativa para o desenvolvimento de ontologias, uma modelagem prática, sendo realizada inúmeras iterações até alcançar o modelo adequado, para então ser validado e possibilita refinamentos ao longo do seu desenvolvimento (NOY; GUINNESS, 2002). Para construção da ontologia foi usada a ferramenta Protégé¹. O motivo da escolha da ferramenta Protégé é a sua ampla utilização no desenvolvimento de ontologias e também por algumas vantagens que a ferramenta proporciona, por exemplo: *software* livre, código aberto, boa usabilidade, escalabilidade, extensibilidade, ferramenta em constante atualização, possibilita uma variedade de formatos como: OWL (*Web Ontology Language*), XML (*eXtensible Markup Language*), RDF (*Resource Description Framework*), RDFS (*Resource Description Framework Schema Schema*). A ferramenta também gera automaticamente códigos Java das ontologias, é extensível e disponibiliza um ambiente baseado em *plug-ins* (AZEVEDO, 2008).

A triagem inteligente foi implementada com base em tecnologia de aprendizado de máquina. Para a triagem inteligente foi usado um comitê de classificador, denominado de *Stacking*, que permite combinar diferentes algoritmos bases como uma forma de melhorar o desempenho da resposta final. Assim, foi feita uma combinação de 4 classificadores bases distintos, que são: máquina de vetores de suporte (SVM, do inglês, *support-vector machines*) com o uso de otimização sequencial mínima (SMO, do inglês, *Sequential Minimal Optimization*); redes bayesianas (NB, do inglês, *Naive Bayes*); o vizinho mais próximo (k-NN, do inglês, *k-Nearest-Neighbors*) e árvore de decisão (J48).

Posteriormente, foi criado um módulo de identificação de obstrução por meio de lógica *fuzzy*. O uso de lógica *fuzzy* diferente da lógica tradicional apresenta alguma vantagens, como: facilidade de compreensão, diante da naturalidade da sua abordagem; sua flexibilidade; tolerância com dados imprecisos, que permitem uma habilidade de codificação que melhor se aproxime dos processo de decisões; baseada na linguagem natural, base da comunicação humana. E tem sido bastante empregada

¹ Disponível em <http://protege.stanford.edu>

em vários campos de pesquisa, por ser capaz de modelar e descrever processos reais desconhecidos, com características não lineares e variáveis no tempo (PEREIRA, 2010).

Para fornecer suporte aos sistema de apoio à decisão foram implementados artefatos que não precisaram de técnicas de inteligência artificial, diante que as informações já eram consistentes e completas. Assim, para triagens de risco nutricional não foram usadas técnicas de Inteligência Artificial;

- **Teste de Conformidade:** o objetivo é de verificar se os requisitos estabelecidos foram cumpridos. A ontologia foi verificada com testes de corretude, completude e consistência. Na triagem para validação tem-se o uso da validação cruzada *leave-one-out*, para treinar e validar o modelo de aprendizagem de máquina. Para avaliação do comitê *Stacking*, as métricas estatísticas, como: acurácia, coeficiente Kappa, sensibilidade, especificidade e área sob a curva (AUC) são analisadas. Em relação ao uso de lógica *fuzzy*, têm-se testes de corretude e consistência;
- **Cenários de Uso:** para analisar e validar o sistema de apoio à decisão clínica, são realizadas validações teóricas e práticas. Na validação teórica faz uso da validação da literatura e de observações dos profissionais de saúde. Na validação prática foram usados cenários reais, por meio de experimentos em indivíduos com patologias relacionadas a disfagia e com um profissional de saúde (fonoaudiólogo). Na validação prévia com o profissional de saúde (fonoaudiólogo), utilizou-se o *System Usability Scale* (SUS) que é uma escala de dez itens que oferece uma visão global das avaliações subjetivas de usabilidade. Optou-se pelo *System Usability Scale*, diante que é um instrumento de avaliação gratuito e possui um número pequeno de questões, o que acarreta na facilidade de aderência à pesquisa.

2.5 Discussão

Este capítulo forneceu uma descrição de como *Design Science* foi usada para definir o projeto de pesquisa deste trabalho. Por meio dessa metodologia foram delineados os principais questionamentos, no qual, se tem a questão geral (principal) do trabalho e essa questão é decomposta em subquestões mais específicas, que são categorizadas em Questões Conceituais (QC), Questões Tecnológicas (QT) e Questões Práticas (QP). Ao final busca-se responder a todos esses questionamentos como uma forma de resolução da problemática do trabalho. Assim, em *Design Science*, esses questionamentos correspondem ao conjunto-problema da pesquisa e as soluções dessas questões correspondem ao conjunto-solução. Foi descrito também os objetivos da pesquisa, que podem ser os objetivos dos *Stakeholders* e da pesquisa. E ao final, teve-se todo o detalhamento da metodologia utilizada para se

chegar no conjunto-solução do trabalho, no qual, fez uso de: revisão bibliográfica, revisão de integrativa, prototipação, testes de conformidade e cenários de uso.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Introdução

Um sistema de apoio a tomada de decisão é um sistema de informação baseado em computador, que têm como objetivo central a redução de incertezas durante o processo de tomada de decisão, para melhorar a eficácia das decisões (TURBAN, 1990). Algumas de suas características são: sistemas que visam facilitar o processo de tomada de decisão; capacidade de respostas rápidas; sistemas que fazem uso de análises sofisticadas e de ferramentas para modelagem; os usuários podem controlar as entradas e saídas, flexibilidade e adaptabilidade (MORTON, 1980) (LAUDON; LAUDON, 2001). Alguns dos benefícios desses sistemas são para melhorar a eficiência e qualidade nas tomadas de decisões, recuperação rápida de informações relevantes para a decisão, fornecer melhores formas de visualizar ou resolver problemas e agilidade na resolução de problemas (MORTON, 1980) (UDO; GUIMARAES, 1994).

Esses sistemas podem ser voltados para diferentes domínios de aplicação. Para o domínio da saúde, são denominados de sistemas de apoio à decisão clínica. Ou seja, os sistemas de apoio à decisão clínica, tiveram origem dos sistemas de apoio à decisão.

Os sistemas de apoio à decisão clínica são projetados para diferentes fins, tais como otimizar o sistema de diagnóstico clínico e apoiar a equipe clínica em suas decisões. Os sistemas inteligentes de apoio à decisão usam diferentes técnicas da área de inteligência artificial para apoiar a equipe de saúde na seleção do melhor método para auxiliar nas suas determinadas categorias de problemas, especialmente quando as informações são incompletas ou incertas.

Nesse sentido, o escopo desse trabalho inclui o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão clínica, mais especificamente, para o domínio da disfagia. Para esta pesquisa, fez uso de diferentes técnicas de inteligência artificial, que foram: ontologias, algoritmos de aprendizagem de máquina e lógica *fuzzy*.

Este capítulo está organizado da seguinte maneira. Na **Seção 3.2**, é apresentado de forma breve os conceitos sobre a disfagia. Em seguida na **Seção 3.3**, é apresentado definições dos sistemas de apoio à decisão clínica. Posteriormente, na **Seção 3.4** é discutido as técnicas de inteligência artificial utilizadas neste trabalho. Finalmente na **Seção 3.5**, têm-se uma discussão geral do capítulo.

3.2 Disfagia

O processo de ingestão alimentar pode ser dividido em dois subprocessos: mastigação e deglutição (PÄSSLER; FISCHER, 2011). A mastigação é um ato fisiológico e complexo, que envolve atividades neuromusculares e digestivas sequenciais. Pode ser dividida em três fases: incisão ou mordida, trituração e pulverização (OLIVEIRA *et al.*, 2008). A deglutição é uma atividade complexa e dinâmica, cujo objetivo é transportar alimentos e líquidos da cavidade oral para o estômago (SPEYER *et al.*, 2010). O processo envolve atividades motoras automáticas como: boca, faringe, laringe, esôfago e estômago. A deglutição consiste em quatro fases: oral preparatória, oral propulsiva, faríngea e esofágica (MATSUO; PALMER, 2008), apresentadas a seguir:

1. **Fase Oral-Preparatória:** consiste em receber o bolo alimentar pela boca, cujo objetivo é realizar a sua trituração com o auxílio da saliva, transformando em pedaços pequenos para serem conduzidos pela próxima fase;
2. **Fase Oral-Propulsiva:** essa fase conduz o bolo alimentar da cavidade oral à região faríngea;
3. **Fase Faríngea:** essa fase ocorre quando o bolo alimentar é transportado da faringe até o esôfago;
4. **Fase Esofágica:** permite o transporte do bolo alimentar do esôfago até o estômago.

Durante as fases de deglutição podem acontecer alterações que interrompam o fluxo do bolo alimentar. Essas alterações, são definidas como disfagia. O termo disfagia é derivado das palavras gregas “*dys*” + “*phagein*”, que significa “dificuldade para comer” (KARKOS *et al.*, 2009).

De acordo com Malagelada *et al.* (2014, p. 3), a disfagia pode ser compreendida como:

“A dificuldade de iniciar a deglutição (geralmente denominada disfagia orofaríngea) ou a sensação de que alimentos sólidos e/ou, líquidos estão retidos na transição da boca para o estômago (geralmente denominada disfagia esofágica)”.

Na esofágica, têm-se alterações durante a passagem de alimentos do esôfago para o estômago, ou seja, incapacidade de mover o bolo alimentar ou fluido do esôfago para estômago, a fase afligida é a esofágica (ASLAM; VAEZI, 2013). Na orofaríngea, tem-se a incapacidade de iniciar a deglutição dos alimentos, com transferência prejudicada dos alimentos da cavidade oral para o esôfago, ou seja, incapacidade de mover o bolo alimentar ou fluido da boca ao esôfago, assim a fase preparatória oral e/ou faríngea

sofre alterações (DENK-LINNERT, 2012). Algumas das causas da disfagia esofágica são em relação: obstrução mecânica e distúrbios de motilidade. E da disfagia orofaríngea estão relacionadas: doenças neuromusculares, doenças sistêmicas ou obstruções mecânicas (FERGUSON; DEVAULT, 2004).

A avaliação da disfagia no paciente consiste inicialmente na realização de uma triagem para verificar a sua ausência ou presença. Posteriormente, para uma avaliação adicional, tem-se o uso de exames instrumentais. Após a avaliação mais detalhada por meio dos exames, é determinado o nível de disfunção do paciente e também sua condição alimentar, com estratégias a serem utilizadas para a reabilitação (SAITOH *et al.*, 2017).

Alguns exames instrumentais para seu diagnóstico, são videofluoroscopia e videoesndoscopia, que são considerados os padrões ouros para avaliação da disfagia. A Videofluoroscopia é um exame radiológico que permite visualizar a deglutição em detalhes do bolo alimentar, por meio da ingestão de alimentos contrastados com bário em diferentes consistências, uma das ferramentas mais utilizadas para verificar disfagia nos pacientes (LOGEMANN, 2008). A Videoesndoscopia permite visualizar a deglutição, especialmente na fase faríngea, avaliando a capacidade de deglutição dos pacientes (HISS; POSTMA, 2003).

Em Oliveira *et al.* (2008) são apresentados 7 níveis de disfagia, sendo o nível 1 o mais crítico e o nível 7 consiste na deglutição normal, e também a condição alimentar do paciente de acordo com nível atribuído. Na **Tabela 2**, são apresentadas essas informações, as estratégias alimentares variam de acordo com a gravidade da disfagia. De acordo com a Classificação Internacional de Funcionalidade e Saúde da Organização Mundial de Saúde, os métodos não invasivos para reabilitação da disfagia podem ser classificados em técnicas de reconstituição, compensatórias (manobras posturais) e adaptativas (WHO, 2001).

Os métodos de reconstituição incluem técnicas de estimulação térmica e tátil para estimular as regiões intra-orais (OLSZEWSKI, 2006). Os métodos compensatórios consistem em técnicas para deglutição, com manobras de postura e exercícios que auxiliem no processo. As técnicas adaptativas consistem em mudanças na textura alimentar com dietas e a ingestão alimentar adequada, para melhorar a segurança e eficiência da deglutição (LOGEMANN, 2008).

As estratégias adaptativas para modificação das consistências alimentares com dietas adequadas são frequentemente utilizadas para reabilitação de pacientes com disfagia (CARVALHO-SILVA, 2015). Nesse sentido, para esse trabalho o sistema indica os tipos de técnicas adaptativas que poderão ser aplicadas para auxiliar na reabilitação dos pacientes com disfagia.

Tabela 2 – Informações do nível de disfagia e suas condições alimentares.

Nível	Descrição	Consistência dos Alimentos	Dieta Indicada
1	Disfagia Grave: o paciente encontra-se com incapacidade de alcançar a deglutição. Pode apresentar retenção severa de faringe, perda ou retenção severa do bolo alimentar em cavidade oral, aspiração silenciosa 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.	Pastoso.	Uso parcial de dieta via oral.
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.	Pastoso.	Dieta semi-sólida.
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.	Pastoso e sólido.	Dieta branda ou semi-sólida, assistida.
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 alimentar em cavidade oral.	Pastoso e sólido.	Dieta branda assistida.
6	Deglutição Funcional: o paciente pode ter retardo oral ou faríngeo leve, retenção leve de alimentos na faringe, sem aspiração de alimentos.	Pastoso, sólido e líquido.	Dieta geral.
7	Deglutição Normal: o paciente não sente dificuldades durante a deglutição.	Pastoso, sólido e líquido.	Dieta geral.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2008).

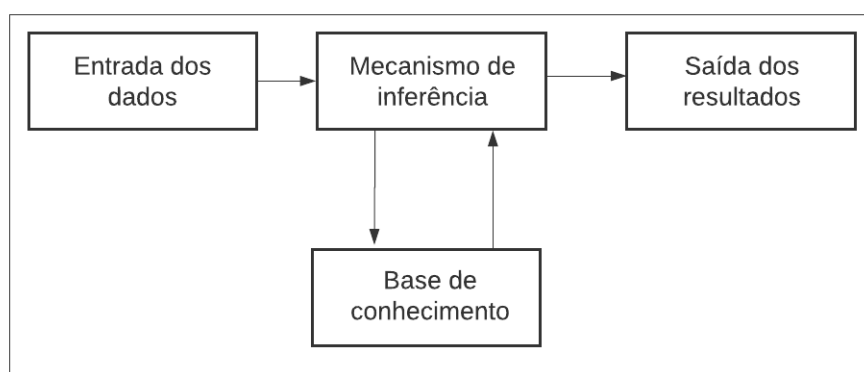
3.3 Sistemas de Apoio à Decisão Clínica

Para prevenção de erros clínicos têm-se utilizado diferentes métodos que visem auxiliar, aprimorar, otimizar o processo de decisão dos profissionais de saúde no momento em que essas decisões são tomadas para otimizar a qualidade da prestação de serviços em saúde. Os sistemas de apoio à decisão clínica são sistemas projetados para auxiliar nas tomadas de decisões e há uma variedade desses sistemas que podem auxiliar potencialmente nos processos decisórios (BERNER, 2007).

Segundo Metzger e MacDonald (2003), Perreault e Metzger (1999), esses sistemas podem ser descritos em diferentes dimensões. De acordo com sua estrutura, eles podem ser diferenciados entre si no momento que vão fornecer suporte, seja antes, durante ou depois da decisão. Pode ser também em relação a quão ativo ou passivo o suporte é. No modo passivo, eles podem ser utilizados somente quando forem solicitados, ou seja, responderá passivamente à entrada do tomador de decisão ou as informações específicas do usuário. Já no modo ativo, o suporte será ativamente por meio de recomendações e alertas.

Outro esquema de categorização para esses sistemas são se eles são baseados em conhecimentos ou não (BERNER, 2016). Os sistemas de apoio à decisão clínica sem conhecimento, são aqueles que usam técnicas de inteligência artificial, como aprendizagem de máquina, que permite que o computador aprenda com experiências passadas e possa reconhecer padrões nos dados clínicos (SIMPAO *et al.*, 2014) (MURDOCH; DETSKY, 2013). A maioria dos sistemas disponíveis atualmente envolve sistemas baseados em conhecimento com regras, diretrizes ou outro conhecimento derivado da literatura médica. Na **Figura 3** apresenta-se um modelo geral dos sistemas de apoio à decisão clínica.

Figura 3 – Componentes da arquitetura do sistema de apoio a decisão clínica.



Fonte: Adaptado de (BERNER, 2016)

Existe um mecanismo de entrada através do qual, o usuário fornece informações apropriadas para o sistema e o sistema fornece a saída. O sistema possui um mecanismo de inferência e uma base de conhecimento. O mecanismo de inferência é um componente que permite combinar a entrada e outros dados de acordo com alguns esquemas lógicos para saída. Para que o sistema funcione, deve-se possuir algum tipo de conhecimento médico, proveniente do projetista, responsável pela inserção dos conhecimentos. Assim o método de codificação desse conhecimento deve corresponder ao tipo de mecanismo de inferência. Esses conhecimentos correspondem a base de conhecimento. E a saída do sistema, corresponde às possibilidades e classificações do sistema.

Existem sistemas que não seguem este modelo, por exemplo, o mecanismo de inferência pode variar de acordo com os sistemas de apoio à decisão com ou sem conhecimento.

Os sistemas sem conhecimento empregam como mecanismo de inferência, por exemplo, técnicas de aprendizagem de máquina e mineração de dados. Já os com conhecimento, fazem uso de lógica *fuzzy* e ontologias (ABBASI; KASHIYARNDI, 2006) (BOUAMRANE; RECTOR; HURRELL, 2011). Para Farooq *et al.* (2017), alguns benefícios desses sistemas incluem:

1. **Segurança do paciente:** pois auxiliam as organizações de saúde a adquirirem padrões mais altos de segurança do paciente, com procedimentos clínicos padronizados;
2. **Qualidade no atendimento ao paciente:** otimizam a qualidade no atendimento, com apoio na assistência médica;
3. **Tomada de decisão colaborativa:** auxilia as partes interessadas na área da saúde sejam médicos e outros profissionais de saúde, por meio de modelos de atendimento seguros e eficientes, com abordagens colaborativas que possam beneficiar o paciente e o clínico.

3.4 Ontologias

3.4.1 Conceitos de Ontologias

Historicamente, a palavra ontologia é derivada do grego "ontos", ser, e "logos", estudos, isto é, “estudo do ser”. No entanto, seu termo de origem é a palavra Aristotélica categoria, utilizada no sentido de classificação (ALMEIDA; BAX, 2003). Os filósofos utilizam ontologia para distinguir o estudo do ser em relação ao estudo dos vários tipos de seres vivos existentes no mundo natural. Assim, buscavam responder às perguntas: “*O que é um ser?*” e “*Quais são as características comuns de todos os seres?*”, categorizando o ser a partir de suas especificidades ou particularidades (MAEDCHE; STAAB, 2001). Na filosofia, a ontologia é focada no fornecimento de sistemas de categorização para a organização da realidade em relação aos domínios naturais do mundo (GUARINO, 1998).

Ontologias, no contexto da Computação, vêm sendo adotadas principalmente por estudiosos da área de IA para aprimorar as formas de categorização e representação das informações (KOBASHI, 2007). Isso se deve ao fato de ontologias possibilitarem o compartilhamento e reutilização das informações (FENSEL, 2000).

Na literatura são apresentadas diferentes definições para o termo ontologia. Uma das definições mais conhecidas é apresentada por Gruber (1991, p. 1): “*Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização*”. Ou seja, é uma descrição de conceitos de acordo com um domínio no qual está inserido. Já Swartout *et al.* (1996) descrevem a ontologia como sendo um conjunto de conceitos organizados de forma hierárquica para descrever um determinado domínio, servindo de estrutura para uma base de conhecimentos.

Para Foskett (1997), as ontologias apresentam mapas de conhecimentos com definição de conceitos e os relacionamentos que existem entre esses conceitos. Já Guarino (1998), refere ontologia a um artefato composto por um vocabulário que retrata uma realidade específica, acompanhado de fatos explícitos e reconhecidos que fazem referência ao sentido proposto para as palavras do vocabulário. De maneira geral, pode-se dizer que uma ontologia é um conjunto de conceitos compartilhados para descrever um determinado domínio, apresentando mapas de conhecimentos. Com base nessa definição, é possível observar algumas das vantagens das ontologias como: fornecem um vocabulário para a representação do conhecimento, possibilitando uma conceitualização comum das palavras, permitem o compartilhamento e a reutilização do conhecimento. Para isso as ontologias dispõem de diversos elementos para seu desenvolvimento.

3.4.2 Componentes das Ontologias

As ontologias são diferentes em termos de estruturação, mas possuem componentes básicos comuns. De acordo com Gómez-Pérez (1999), os componentes básicos são: conceitos, relações, funções, axiomas e instâncias. Os conceitos podem representar qualquer coisa em um domínio, por exemplo: tarefa, função, estratégica e ação. Tais tipos de conceitos referem às interações da ontologia com um domínio específico. Eles são normalmente organizados em forma de taxonomia. A relação refere-se ao relacionamento existente entre os conceitos do domínio. Por exemplo, considerando os conceitos *aluno* e *notas*, pode-se ter entre eles o relacionamento de *aluno* que tem *notas*. No contexto das relações, há um caso especial, que são as funções. Nelas, tem-se que um conjunto de elementos tem uma relação única com um outro elemento. Por exemplo, considerando que os conceitos *professor* e *aluno*, eles se relacionam, conjuntamente, com o conceito *disciplina*.

Na modelagem do conhecimento, há regras que são tidas sempre como verdadeiras. Elas são denominadas *axiomas*. Por exemplo, no domínio da matemática, pode-se afirmar que é sempre verdadeiro o fato do todo ser maior que as partes. Para representar ocorrências específicas em uma ontologia, têm-se as instâncias, que são usadas para representar elementos ou indivíduos na ontologia.

3.4.3 Tipos de Ontologias

De acordo com Guarino (1998), as ontologias podem ser classificadas de maneira genérica em:

- **Ontologias de Alto-Nível:** essas ontologias descrevem conceitos e termos gerais para se compreender aspectos do mundo, por exemplo: espaço, tempo, evento e ação. Assim, não dependem de um problema particular ou domínio;

- **Ontologias de Domínio:** ontologias relacionadas a um domínio específico, de uma área genérica do conhecimento. Por exemplo, pode-se desenvolver uma ontologia para a área de medicina;
- **Ontologias de Tarefa:** ontologias relacionadas a uma tarefa genérica, especializando os termos introduzidos na ontologia de alto nível. Por exemplo, pode-se desenvolver uma ontologia para auxiliar no diagnóstico de doenças;
- **Ontologias de Aplicação:** essas ontologias descrevem conceitos das ontologias de domínio e das ontologias de tarefas, que são em muitas vezes especializadas em ambas as ontologias. Procuram solucionar um problema específico de um domínio ou tarefa. Por exemplo, pode-se desenvolver uma ontologia para auxiliar no diagnóstico do câncer de mama.

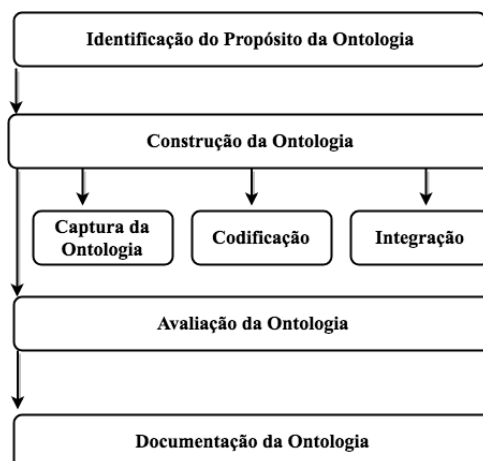
3.4.4 Metodologias para Construção das Ontologias

As metodologias utilizadas para a construção de ontologias têm o intuito de sistematizar seu desenvolvimento e a manipulação (LÓPEZ *et al.*, 1999). Nesta subseção serão apresentadas algumas dessas metodologias para o desenvolvimento de ontologias. A escolha pelas metodologias a serem mostradas a seguir, ocorreu pelo motivo que o uso dessas metodologias foi recorrente na literatura consultada. Diante disso, julgou-se pertinente dar ênfase nas metodologias mais discutidas na literatura.

A metodologia *Enterprise Ontology* (USCHOLD; KING, 1995) abrange quatro estágios para o desenvolvimento da ontologia, tais estágios são ilustrados na **Figura 4**.

1. **Identificação do propósito da ontologia:** objetiva deixar de maneira clara a necessidade do desenvolvimento da ontologia, caracterizar os usuários da ontologia e o grau de formalismo;
2. **Construção da ontologia**, se subdivide em:
 - Captura da ontologia: objetiva conceitualizar o domínio de interesse;
 - Codificação da ontologia: codifica em uma linguagem formal;
 - Integração da ontologia: objetiva integrar a ontologia desenvolvida com ontologias já existentes.
3. **Avaliação da ontologia:** realiza-se a avaliação da ontologia para saber se é fácil de usar, é útil na resolução de um problema de recuperação da informação ou se é aceita por uma comunidade de usuários;
4. **Documentação da ontologia:** é elaborada a documentação da ontologia desenvolvida.

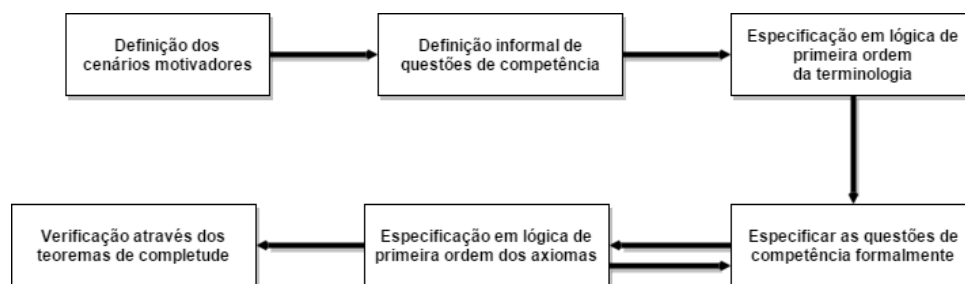
Figura 4 – Etapas da metodologia de Uschold e King (1995).



Fonte: Autoria Própria (2020).

A metodologia Tove (GRÜNINGER; FOX, 1995) baseia-se na experiência de desenvolvimento de uma ontologia, identificando cenários para a utilização da ontologia. Essa metodologia é composta por seis estágios, como se observa na **Figura 5**.

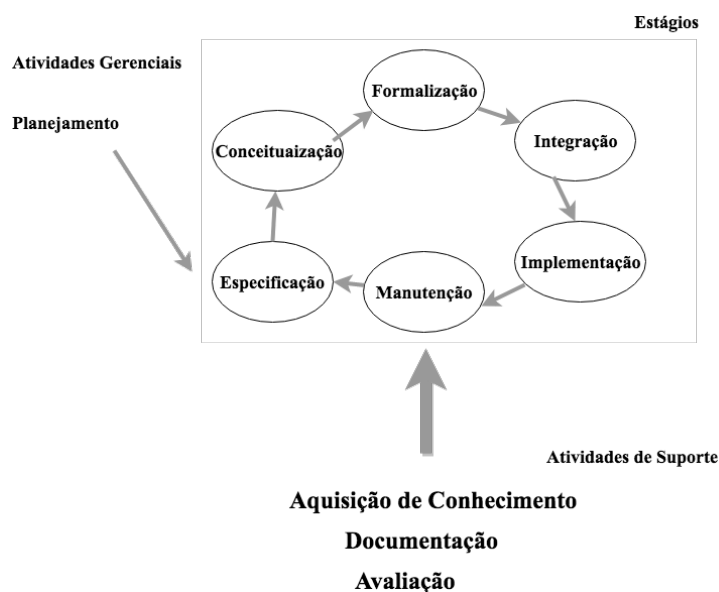
1. **Definição dos cenários motivadores:** os cenários de motivação são descrições de problemas existentes na ontologia onde, a partir dos cenários, as ontologias deverão ser capazes de solucionar esses problemas;
2. **Definição informal de questões de competência:** esse estágio está relacionado à elaboração das questões de competências da ontologia, que de acordo com os cenários de motivação, possibilitem a ontologia responder a estas questões, para que ao final, possa validá-la;
3. **Especificação em lógica de primeira ordem da terminologia:** depois de definidas as questões de competência da ontologia, será definido um conjunto de conceitos, que servirão de base, para a especificação da ontologia;
4. **Especificar as questões de competência formalmente:** depois de definidas de maneira informal as questões de competência, estas passam a ser definidas em uma linguagem formal;
5. **Especificação em lógica de primeira ordem dos axiomas:** são definidas as regras da ontologia, em linguagem formal;
6. **Verificação através dos teoremas de completude:** etapa que avalia a competência da ontologia, definindo condições que sejam capazes de responder de maneira formal.

Figura 5 – Procedimentos da metodologia *Tove* para o desenvolvimento de ontologias.

Fonte: Adaptado Grüninger e Fox (1995).

A metodologia *Methontology* (FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997) é baseada no desenvolvimento de uma ontologia a partir do conhecimento de um domínio. Suas atividades principais podem ser observadas na **Figura 6**, e são descritas como:

1. **Planejamento:** planejar as atividades que serão executadas ao longo do desenvolvimento da ontologia, com cronograma para a realização das atividades;
2. **Especificação:** definir os questionamentos que auxiliem na construção das ontologias (por exemplo, porque esta ontologia está sendo desenvolvida ou quais suas utilizações);
3. **Aquisição de conhecimento:** fase de obtenção dos conhecimentos referentes a ontologia;
4. **Conceitualização:** depois da aquisição dos conhecimentos, deve-se definir o domínio do conhecimento em um modelo conceitual;
5. **Formalização:** transformar o modelo conceitual em um modelo formal ou semi-informal;
6. **Integração:** integrar as possíveis ontologias existentes à nova ontologia desenvolvida;
7. **Implementação:** para tornar a ontologia computável, deve-se implementar em uma linguagem formal, por exemplo, na OWL;
8. **Avaliação:** nesta fase é realizada a avaliação da ontologia, para então ser disponibilizada a ontologia;
9. **Documentação:** nesta fase é feita a documentação da ontologia desenvolvida;
10. **Manutenção:** é realizada a manutenção da ontologia quando for necessária. Realizando atualizações nas informações das ontologias, para que a ontologia não fique em desuso.

Figura 6 – Estágios e atividades da metodologia *Methontology*.

Fonte: Adaptado de Fernández-López, Gómez-Pérez e Juristo (1997).

Como se observa na Figura 6, a *Methontology* engloba um conjunto de atividades que são executadas durante o seu ciclo de aplicação. As atividades são: desenvolvimento (especificação, conceitualização, formalização, integração, implementação e manutenção), atividades gerenciais, planejamento, que inclui um escalonamento e controle das tarefas, e as atividades de suporte, que inclui: avaliação, documentação e aquisição de conhecimento.

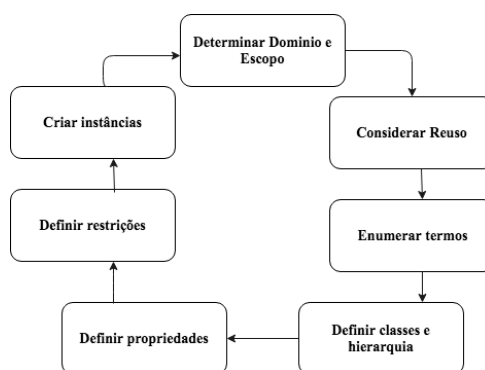
A metodologia *On-to Knowledge* (STAAB *et al.*, 2001) é composta por quatro etapas: *kick-off*, refinamento, avaliação e manutenção, como ilustrado na **Figura 7**.

1. **Kick-off**: nessa fase são capturados e especificados os requisitos necessários para o desenvolvimento da ontologia. São identificadas as questões de competências, realizados estudos de ontologias potencialmente reutilizáveis e é desenvolvida uma primeira versão da ontologia;
2. **Refinamento**: a partir da primeira versão da ontologia, são realizados refinamentos para tornar a ontologia mais evoluída;
3. **Avaliação**: nessa fase são realizadas avaliações nos requisitos e nas questões de competências;
4. **Manutenção**: compreende atividades de atualização da ontologia, mudanças nos requisitos e reparação de erros.

Figura 7 – Fases da metodologia *On-to Knowledge*.

Fonte: Autoria Própria (2020).

A metodologia *Ontology Development 101* (NOY; GUINNESS, 2002), envolve o desenvolvimento de ontologias baseadas no processo iterativo, possibilitando realizar várias iterações até que seja alcançado o modelo desejado. É composta por sete etapas, apresentadas a seguir. A **Figura 8**, ilustra essas etapas.

Figura 8 – Fases da metodologia *Ontology Development 101*.

Fonte: Autoria Própria (2020).

1. **Determinar o domínio e escopo da ontologia:** é realizado um planejamento geral da ontologia, respondendo alguns desses questionamentos: “qual o propósito da ontologia?” “a ontologia deve fornecer respostas a quais informações?” “quem irá utilizar a ontologia?”, entre outras questões;
2. **Considerar a reutilização de ontologias existentes:** é verificada a existência de outras ontologias referentes a área do domínio;
3. **Seleção dos termos referentes ao domínio da ontologia:** essa etapa consiste em criar uma lista abrangente com todos os termos da ontologia, através de um vocabulário, com a finalidade de nomear os conceitos, identificar suas propriedades e as relações desejadas;

4. **Definir as classes e a hierarquia:** são definidas as classes em conjunto com suas hierarquias. Existem algumas estratégias para o desenvolvimento das hierarquias de classes, como a *top-down*. Nela, inicialmente são definidos os conceitos mais gerais do domínio e, posteriormente, especializa os conceitos. Alternativamente, há a estratégia *bottom-up*, que inicia com a definição das classes mais específicas, as folhas da hierarquia e, posteriormente, agrupa essas classes em conceitos mais gerais. Com a combinação das abordagens *top-down* e *bottom-up*, tem-se o *middle-level*. Nela, os principais conceitos são definidos primeiro e, posteriormente, são refinados e/ou generalizados para a definição das demais classes;
5. **Definição das propriedades das classes:** definir as propriedades pertencentes às classes, pois essas por si só não irão fornecer informações suficientes para responder às perguntas da competência do escopo. Uma vez definidas as classes, deve-se descrever a estrutura interna dos conceitos;
6. **Definição das restrições:** são definidas as restrições das propriedades. Cada propriedade é modelada por um conjunto de restrições que definem os valores que podem ser assumidos, os tipos de valores, o número dos valores e outras características dos valores;
7. **Criar as instâncias:** o último passo é a criação de instâncias individuais de classes na hierarquia. As instâncias são entidades do domínio que atendem às especificações de uma classe.

3.5 Aprendizado de Máquina

Aprendizado de máquina é um campo da Inteligência Artificial que tem como objetivo desenvolver e aplicar técnicas computacionais na construção de sistemas que sejam capazes de adquirir conhecimento de forma automática. Aprende a induzir uma função ou hipótese, sendo capaz de resolver um determinado problema (FACELI *et al.*, 2011). A compreensão de alguns dos conceitos básicos são importantes, a seguir são apresentados alguns desses conceitos.

3.5.1 Conceitos Básicos de Aprendizado de Máquina

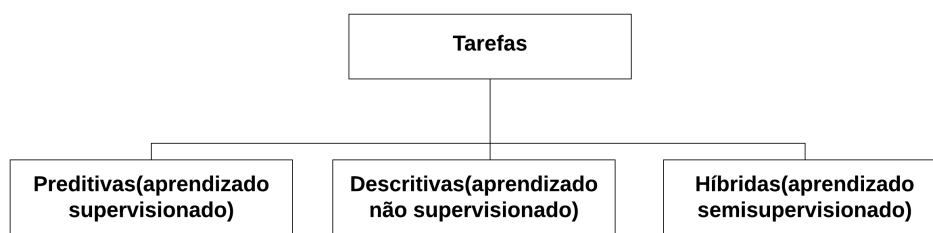
- **Instâncias:** a entrada para um esquema de aprendizado de máquina é formado por um conjunto de instâncias. Essas instâncias correspondem as características que devem ser classificadas, associadas ou agrupadas (WITTEN, 2005);

- **Atributos:** cada instância individual é composta por seus valores em um conjunto fixo e predefinido de atributos. Assim, são utilizados para descrever características ou aspectos de uma instância (WITTEN, 2005);
- **Classe ou Rótulo:** corresponde ao atributo-alvo, ou seja, o conceito que se deseja aprender para que se torne viável as previsões a seu respeito (FACELI *et al.*, 2011);
- **Conjunto de Instâncias:** é composto por um número de instâncias com seus valores de atributos e pode-se ter a classe associada ou não. Um conjunto de instâncias pode ser dividido em dois subconjuntos distintos: conjunto de treinamento e conjunto de testes. O conjunto de treinamento é usado para as aprendizagens dos conceitos, ou seja, é utilizado como entrada pelos algoritmos de aprendizagem. Já o conjunto de teste é usado para medição do grau de efetividade dos conceitos que foram aprendidos (MONARD; BARANAUSKAS, 2003);
- **Indutor:** é o algoritmo de aprendizado que faz uso de um processo indutivo para gerar um modelo de aprendizagem (FACELI *et al.*, 2011).

3.5.2 Tipos de Aprendizado de Máquina

As tarefas de AM podem ser divididas em: preditivas, descritivas e híbridas. As preditivas, tem como objetivo encontrar um modelo ou hipótese de acordo com os dados utilizados no conjunto de dados de treinamento que possa ser utilizado para prever um rótulo, com base nos valores dos atributos de entrada. Ou seja, nessa tarefa, o conjunto de dados de treinamento possui os atributos de entrada associados aos seus rótulos. Já as tarefas descritivas, têm como objetivo explorar um conjunto de dados, no conjunto de dados de treinamento não se tem os atributos de entrada associados aos seus rótulos, ou seja, não se tem os atributos de saída apenas os de entrada (FACELI *et al.*, 2011). E têm-se as tarefas híbridas, que tem como objetivo utilizar no conjunto de dados de treinamento atributos de entrada associados aos seus rótulos e como também ter apenas atributos de entrada sem seus rótulos associados, com um aprendizado híbrido (FEITOZA *et al.*, 2019). Essas tarefas seguem alguns paradigmas de aprendizado, nas tarefas preditivas tem-se o aprendizado supervisionado. Já nas descritivas, seguem o paradigma de não supervisionado. E têm-se os modelos híbridos que seguem o paradigma de semi-supervisionado. Na **Figura 9** é apresentado as tarefas de AM em forma hierárquica.

Figura 9 – Hierarquia das tarefas de AM.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Como observado as tarefas seguem alguns paradigmas de aprendizado. O supervisionado é utilizado quando no conjunto de instâncias os valores dos atributos estão associados aos seus respectivos rótulos, ou seja, os rótulos são conhecidos. Nessa aprendizagem faz uso de algoritmos de classificação e regressão. Como este trabalho está voltado para classificação dos dados, a seguir serão descritos de forma breve os algoritmos utilizados.

1. **Algoritmo k-NN:** é uma extensão do 1-NN, em vez de considerar 1 vizinho mais próximo, considera k vizinhos mais próximos, o valor do k é definido pelo usuário. Esse algoritmo tem como objetivo classificar uma amostra desconhecida, como pertencente a uma determinada classe, em que pode se utilizar a distância euclidiana. A equação 3.1 apresenta a distância euclidiana, essa distância é a raiz da soma dos quadrados das diferenças entre os valores opostos, em que: DE é o resultado da distância euclidiana, x e y correspondem aos pontos de entrada do vetor em que serão calculados (FACELI *et al.*, 2011);

$$DE(x, y) = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^2\right)} \quad (3.1)$$

2. **Algoritmo Naive Bayes:** é um classificador de probabilidade, baseado no teorema *bayes*, como apresentado na equação 3.2;

$$P(C | D) = \frac{P(D | C)P(C)}{P(D)} \quad (3.2)$$

No teorema é calculado a probabilidade de um evento pertencer a uma classe $P(C | D)$, por meio de algumas probabilidades: a probabilidade *a priori* da classe, $P(C)$, a probabilidade desses eventos ocorrerem, $P(D)$, e a probabilidade de observar vários eventos que pertencem á classe (MONTGOMERY; RUNGER; CALADO, 2000).

3. **Algoritmo J48:** é um algoritmo de árvore de decisão, em que, é um conjunto de nós de decisão conectados por ramos, que partem do nó raiz e concluem nos nós folhas. A cada nó de decisão, os atributos vão sendo testados e cada resultado possível resulta

em uma ramificação (GHATAK, 2017). Vários algoritmos de construção para árvores de decisão são propostos na literatura. O algoritmo J48 é uma reimplementação do C4.5 (SALZBERG, 1994);

4. **Algoritmo SMO:** é um algoritmo de máquina de vetores de suporte, baseado na Teoria de Aprendizado Estatístico (TAE). No qual, o problema de aprendizado pode ser formulado como um problema que busca uma função capaz de classificar os dados. Assume-se que toda entrada tem o formato de um vetor de números reais, independente do domínio de aplicação. Esse modelo busca classificadores com boa capacidade de generalização, ou seja, busca-se estimar funções por meio de um modelo genérico que seja capaz de classificar os dados da maneira mais correta (VAPNIK, 2013). O treinamento de uma máquina de vetores requer a solução de um problema de otimização de programação quadrática (do inglês, *Quadratic Programming- QP*). O SMO decompõe esse problema em problemas menores, que podem ser resolvidos de forma analítica, o que faz com que tenha uma diminuição computacional na sua execução (PLATT, 1999).

Diferente do aprendizado supervisionado, o não supervisionado, é utilizado quando no conjunto de instâncias os valores dos atributos não estão associados aos seus respectivos rótulos, ou seja, não ocorre um treinamento com o conhecimento nos valores dos atributos. No aprendizado não supervisionado, faz uso de algoritmos de: agrupamento, associação e sumarização. Já no aprendizado semi-supervisionado, é empregado estratégias do aprendizado supervisionado e não supervisionado, ou seja, o conjunto de instâncias é composto de valores dos atributos associados aos rótulos e como também tem valores não associados aos rótulos, ou seja, tem-se dados rotulados e não rotulados. Nesse tipo de aprendizado, têm-se alguns algoritmos, como: de descrição simples e multidescrição (FACELI *et al.*, 2011).

No aprendizado supervisionado, tem-se o uso de diferentes algoritmos para solução de problemas de classificação de dados (SILVA, 2017). A classificação de dados consiste na rotulação dos dados, ou seja, para os valores dos atributos de entrada têm-se os rótulos associados. Para obtenção de resultados mais eficazes na classificação dos dados, com melhorias no desempenho da saída final, tem-se utilizado os comitês de classificadores.

3.5.3 Comitês de Classificadores

Os comitês de classificadores são sistemas de classificação compostos por um conjunto de classificadores e por um método responsável pela integração dos resultados. O conjunto de sistemas de classificação é chamado de classificadores base. Os comitês têm como objetivo melhorar o desempenho na classificação dos dados, por meio da integração

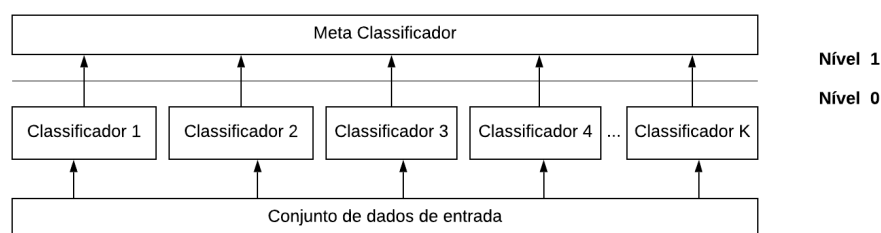
dos resultados dos classificadores para que ao final se tenha um resultado final mais acurado (KUNCHEVA, 2004).

Os comitês de maneira geral, podem ser construídos por meio de uma base de dados para o treinamento. A base é distribuída entre os classificadores e esses são treinados. O método de combinação reuni todos os resultados dos classificadores bases em uma resposta final, no qual, corresponde a saída do comitê (SILVA, 2017).

De acordo com Kuncheva (2004), os métodos de combinação podem ser categorizados em duas estratégias principais: fusão e seleção. No método de seleção, a saída final é resultado de um membro do comitê, diante que apenas um é selecionado para classificação da saída final. São exemplos de métodos de seleção, o comitê *Bagging* (BREIMAN, 1996) e *Boosting* (SCHAPIRE, 1990). Já na fusão, a saída final é construída baseada em resultados coletivos, ou seja, nas decisões de todos os classificadores bases para que ao final se tenha uma decisão final. São exemplos de métodos de fusão, o comitê *Stacking* (WOLPERT, 1992) e *Voting* (JI; MA, 1997)

O *Stacking* combina as saídas dos classificadores bases, por meio do meta classificador para uma predição final, do qual se espera um melhor desempenho. Esse comitê é construído em duas fases, como se observa na **Figura 10**. Na primeira que corresponde ao nível 0, tem-se um conjunto de classificadores bases (classificador 1, classificador 2, classificador 3, classificador 4 e K classificadores), gerados por diferentes algoritmos de AM e um único conjunto de dados de entrada. Na segunda fase que corresponde ao nível 2, tem-se o meta classificador que irá combinar as saídas dos classificadores bases para uma predição final (WOLPERT, 1992).

Figura 10 – Fases do método *Stacking*.



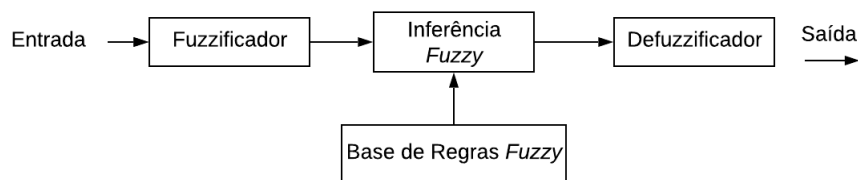
Fonte: Adaptado de (SANTOS, 2009).

3.6 Lógica Fuzzy

Diferente da lógica clássica ou *booleana*, que faz uso de proposições verdadeiras ou falsas. A lógica *fuzzy*, faz uso de informações incertas e imprecisas, no qual, não existe apenas respostas extremas, ou seja, busca-se imitar a habilidade humana em ambientes incertos e imprecisos (EARL, 1994). Um sistema computacional que faz uso de lógica *fuzzy*

é composto de 4 componentes (WANG; WANG, 1997), como é apresentado na **Figura 11**.

Figura 11 – Componentes de um sistema *Fuzzy*.



Fonte: Adaptado de (CHERRI; JUNIOR; SILVA, 2011).

A primeira fase é o estágio de *fuzzificação*, que consiste em realizar análises nos dados de entrada e transformá-los em um grau de pertinência, ou seja, em um conjunto *fuzzy*. A base de regras é uma das partes fundamentais desses sistemas, é formada por informações fornecidas pelos especialistas, por exemplo, no domínio da saúde o profissional de saúde pode fornecer informações do problema. Ou a base pode ser formada a partir do conhecimento extraído de dados numéricos, ou históricos. A base contém regras linguísticas, com a seguinte estrutura: SE <antecedente> ENTÃO <consequente>. Os antecedentes são às entradas do sistema, e o consequente se refere à ação (saída) tomada pelo sistema. O estágio de inferência *fuzzy*, é responsável por aplicar uma estrutura de raciocínio *fuzzy*, no qual, ativa a base de regras *fuzzy*, a partir de um conjunto *fuzzy* de entrada. E ao final tem-se o estágio de *defuzzificação* que é responsável por fornecer uma saída em um valor convencional, ou seja, em números reais, a partir do conjunto *fuzzy* de saída obtido na fase de inferência *fuzzy* (SIZILIO, 2012).

3.7 Discussão

O objetivo deste capítulo é fornecer uma base dos principais conceitos deste trabalho. São apresentados conceitos sobre disfagia, sistemas de apoio à decisão clínica, ontologias, aprendizado de máquina e lógica *fuzzy*.

Na esofágica, têm-se alterações durante a passagem de alimentos do esôfago para o estômago, ou seja, incapacidade de mover o bolo alimentar ou fluido do esôfago para estômago, a fase afligida é a esofágica (ASLAM; VAEZI, 2013). Na orofaríngea, tem-se a incapacidade de iniciar a deglutição dos alimentos, com transferência prejudicada dos alimentos da cavidade oral para o esôfago, ou seja, incaorientados por conhecimentos utilizou-se como mecanismo de inferência de ontologias e lógica *fuzzy*, com conhecimentos baseados em regras. Além disso, foram usados algoritmos de aprendizado de máquina para um módulo sem conhecimento, que o sistema buscou aprender por meio de modelos construídos.

A ontologia desenvolvida é um tipo de ontologia de aplicação, diante que é destinada para um domínio específico, ou seja, para auxiliar no monitoramento da disfagia. Para sua especificação foi utilizado a metodologia 101, no qual, seguiram-se seus passos. Em relação ao aprendizado de máquina, fez uso do aprendizado supervisionado, com tarefas preditivas, para classificação das classes. E fez uso de alguns algoritmos de classificação: k-NN, NB, J48 e SMO. Esses algoritmos foram utilizados como classificadores bases na construção do comitê de classificadores, que consiste em combinar os resultados dos classificadores bases para que ao final seja gerado um resultado mais preciso. O método de combinação utilizado foi por meio de fusão, no qual, utilizou-se o comitê *Stacking*. E utilizou-se também lógica *fuzzy*, diante do seu uso no controle de decisões que trabalham com informações imprecisas e incertas.

4 REVISÃO INTEGRATIVA EM SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA DISFAGIA

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma visão geral do estado da arte dos sistemas de apoio à decisão voltados para o acompanhamento e reabilitação da disfagia. Para alcançar esse objetivo, apresenta-se a condução de uma revisão integrativa da literatura. A revisão representa uma forma distinta de pesquisa que critica, sintetiza e revisa o estado do conhecimento de um determinado assunto (TORRACO, 2016). A condução da revisão percorreu as seguintes etapas: elaboração da questão norteadora da pesquisa, especificação das buscas, definição das informações a serem extraídas dos estudos, análise dos estudos incluídos, discussão dos resultados e síntese dos conhecimentos.

Os estudos foram extraídos das bases de dados: *PubMed*, *IEEE*, *ACM*, *Scopus* e *Science Direct*. Foram adotados critérios de inclusão e exclusão nos estudos, ao final 6 trabalhos foram selecionados para extração dos dados. Foi possível identificar, nos 6 estudos, algumas características dos sistemas, tais como métodos, técnicas, ferramentas e formas de validação.

Este capítulo está organizado da seguinte forma. A **Seção 3.2**, apresenta-se a metodologia para seleção dos estudos. Na **Seção 3.3** são apresentados os resultados da revisão. Ao final, na **Seção 3.4**, são apresentadas as discussões do capítulo.

4.2 Metodologia da Revisão Integrativa

O primeiro componente para elaboração da revisão integrativa é a definição da questão norteadora da revisão, dessa forma formulou-se a seguinte questão: Como estão sendo desenvolvidos os sistemas de apoio à decisão voltados para o acompanhamento e reabilitação da disfagia? Definida a questão, a revisão seguiu para etapa de busca pelos estudos. Como estratégia, optou-se pela busca em bases de dados eletrônicas indexadas na área de Ciência da Computação e Saúde, cujos trabalhos foram publicados entre o período de 2010 a 2018. A revisão foi destinada a investigar de forma geral esses sistemas para todos os indivíduos, assim não restringiu o público-alvo. As bases de dados selecionadas foram: *IEEE Xplorer Digital Library*, *ACM Digital Library*, *Scopus*, *Public Medline (PubMed)* e *Science Direct*.

A busca ocorreu por meio de palavras-chaves e seus respectivos sinônimos. As palavras-chave foram: Disfagia e Sistemas de apoio à decisão, os sinônimos, foram: Disfagia

Orofaringea, Sistemas especialistas; Aplicações; App. O sinônimo de sistemas especialistas foi inserido na busca porque os sistemas de apoio decisão dentro da sua estrutura podem apresentar componentes de sistemas especialistas, em relação às bases de conhecimentos. A partir das palavras-chave e seus respectivos sinônimos, foi definido uma *String* geral de busca: ("application" OR "decision support system" OR "expert systems" OR "dss" OR "es") AND ("oropharyngeal dysphagia" OR "dysphagia").

Para a escolha imparcial dos estudos foram utilizados critérios objetivos de seleção. Os critérios para inclusão (CI) dos estudos foram: (CI1) estudos que apresentem a utilização de sistemas de apoio à decisão no contexto da disfagia; (CI2) estudos que definem as técnicas, ferramentas para o desenvolvimento dos sistemas e (CI3) estudos que definem as formas para validação. Após a definição dos critérios de inclusão dos estudos, foram considerados também os critérios que excluem (CE) os estudos a serem considerados na revisão, estes critérios foram: (CE1) estudos incompletos ou de forma duplicada; (CE2) estudos resumidos de versões completas já encontradas na revisão, (CE3) estudos que não foram escritos nos idiomas da língua inglesa ou portuguesa, (CE4) estudos com desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão para outro domínio. O período de busca e seleção dos estudos foi de 14/08/2018 a 07/12/2018 e a busca foi realizada por dois pesquisadores, visando maior confiabilidade nos procedimentos.

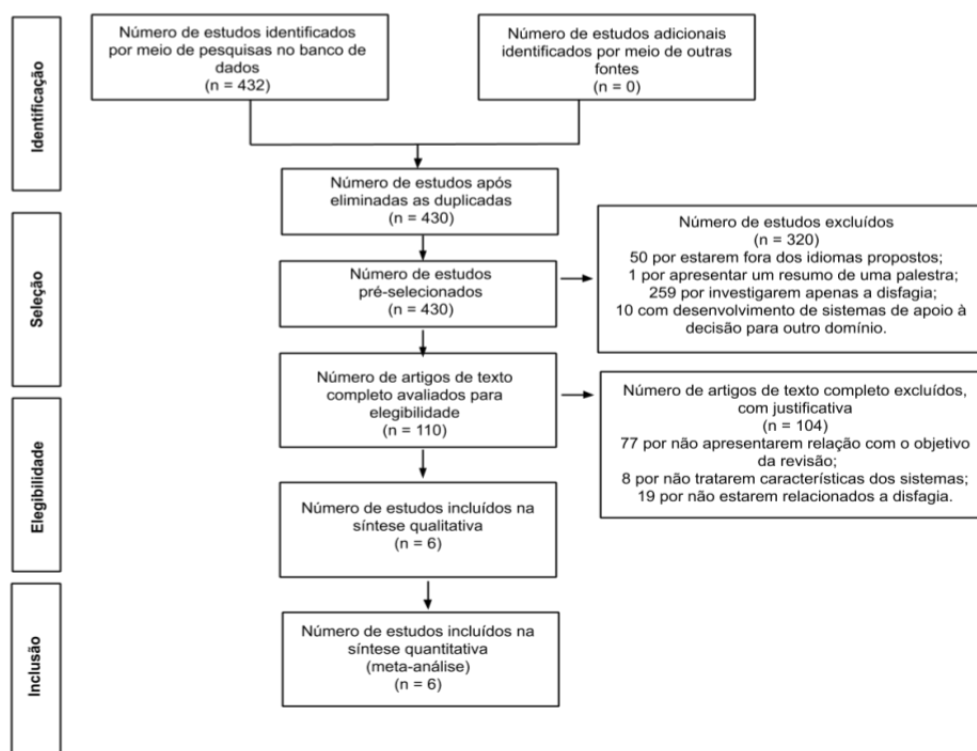
O processo de seleção dos estudos consistiu em quatro etapas. Na primeira etapa foram formuladas as strings de buscas e essas foram inseridas nas máquinas de buscas. Os estudos retornados nas máquinas foram coletados, excluindo os repetidos. A segunda etapa consistiu em realizar a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave de cada estudo, aplicando os critérios de inclusão e exclusão. Na terceira etapa foi realizada a leitura completa dos estudos selecionados na etapa anterior, novamente foram aplicados critérios de inclusão e exclusão. Ao final, os estudos passaram para quarta etapa, que consistiu na leitura completa novamente dos estudos selecionados na etapa anterior e foi verificado a qualidade dos estudos para extração dos dados. Para auxiliar na organização das informações extraídas dos estudos selecionados, foi utilizado um instrumento em planilha eletrônica que permitiu registrar as seguintes informações: título, ano, país, base de dados, técnicas utilizadas e formas de validação.

Com o objetivo de avaliar a qualidade dos estudos, foi verificado se o estudo publicado em Revista ou Conferência teve Qualis acima de B5 ou fator de impacto acima de 0.9. Após a conclusão das etapas de seleção, buscou-se analisar os estudos selecionados. Os estudos foram analisados de forma descritiva e suas características foram sintetizadas em tabelas, as análises são apresentadas na próxima seção.

4.3 Resultados da Revisão Integrativa

As buscas retornaram um total de 432 artigos, que foram submetidos às etapas de seleção dos estudos. Na **Figura 12**, é apresentado um fluxograma do processo de seleção dos estudos de acordo com o modelo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*) (MOHER *et al.*, 2009). Dos 432 estudos encontrados, 17 foram advindos da base da IEEE, 15 da ACM, 38 da SCOPUS, 93 da Science Direct e 269 da PUBMED.

Figura 12 – Fluxograma para seleção dos estudos.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Após as etapas de seleção foram selecionados 6 estudos para análise. Todos os estudos selecionados apresentaram qualis acima de B5 ou fator de impacto acima de 0.9. Na **Tabela 3**, são apresentadas as características dos estudos incluídos. Com base nas características apresentadas na **Tabela 3**, foi possível verificar que a base com mais estudos extraídos foi a IEEE com quatro estudos e os quatro apresentaram abordagem descritiva. Quanto ao local de realização dos estudos, dois foram realizados no Brasil e quatro no exterior. Após a caracterização dos estudos selecionados procedeu-se para discussão dos estudos e síntese das informações evidenciadas, tendo como subsídio a questão norteadora delineada na primeira etapa da revisão integrativa.

Tabela 3 – Características dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Base	País	Tipo	Objetivo
Esteves <i>et al.</i> (2010)	IEEE	Brasil	Descritivo	Desenvolver um sistema não invasivo para avaliar a deglutição e eventos da respiração. O sistema apresentou análises da fase em que a apneia da deglutição começou e parou no ciclo respiratório.
Greco, Nunes e Melo (2010)	IEEE	Brasil	Descritivo	Desenvolver um sistema não invasivo para avaliar a deglutição e identificar pacientes com risco de aspiração que estão à beira do leito. O sistema apresentou as mudanças no padrão de aceleração durante a deglutição e avaliações da elevação da faringe.
Constantinescu, Stroulia e Rieger (2014)	IEEE	Canadá	Descritivo	Propor um protótipo inicial de um sistema para auxiliar pacientes com disfagia na reabilitação domiciliar. São propostos exercícios a serem seguidos ao longo da reabilitação.
Oberije <i>et al.</i> (2014)	Science Direct	Holanda	Quantitativo	Prever resultados de dois anos de sobrevivência, dispneia e disfagia, para pacientes com câncer de pulmão tratados com quimio-radiação.
Kenny (2015)	PubMed	Austrália	Estudo de Caso	Apresentar um caso para ilustrar preocupações éticas no gerenciamento da disfagia. O caso é examinado por meio de uma ferramenta para tomada de decisão. A ferramenta foi apresentada no estudo de Kaizer, Spiridigliozzi e Hunt (2012). A ferramenta indica diretrizes a serem seguidas para auxiliar a equipe clínica no gerenciamento da disfagia, a partir das recusas por parte dos pacientes e familiares.
Yagi <i>et al.</i> (2017)	IEEE	Japão	Descritivo	Desenvolver um sistema para detectar e monitorar eventos de deglutição e respiração. Foram apresentadas análises das frequências sonoras e informações sobre respiração.

Fonte: Autoria Própria (2020).

Em resposta à questão norteadora da revisão, foi encontrado apenas um estudo em que os autores caracterizaram como sistema de apoio à decisão. Embora os demais trabalhos incluídos na revisão não fossem explicitamente categorizados pelos autores como sistemas de apoio à decisão, os estudos encontrados apresentaram algumas características que se assemelhavam a esse tipo de sistema. Diante que esses visam auxiliar em uma melhor decisão para os profissionais de saúde, que permitam levar a um diagnóstico mais preciso em relação à identificação de distúrbios durante o processo de deglutição, ou seja, que auxiliem no diagnóstico da disfagia e que contribuam para um manejo adequado. Os requisitos abordados pelos estudos foram em relação à avaliação da deglutição para contribuir no diagnóstico e acompanhamento da disfagia, previsão do risco de desenvolver disfagia e para

auxiliar nos regimes de reabilitação de indivíduos disfágicos, seja no ambiente hospitalar ou domiciliar. Notou-se uma escassez em alguns estudos em relação aos detalhes dos sistemas desenvolvidos, sendo necessário buscas mais aprofundadas em trabalhos anteriores e posteriores dos autores Constantinescu *et al.* (2018) e Yagi *et al.* (2014). Para melhor compreensão dos estudos, listou-se na **Tabela 4** os estudos selecionados, apresentando os dados extraídos.

Tabela 4 – Dados extraídos dos estudos selecionados.

Autor/Ano	Método	Técnicas	Validação
Esteves <i>et al.</i> (2010)	<i>Hardware</i> (Cânula nasal, microfone de eletreto e transdutor de pressão) <i>Software</i> (módulo portátil para telemonitoramento e um módulo ambulatorial para o ambiente hospitalar)	Ferramenta Lab-VIEW	Experimental com 11 voluntários saudáveis e um com disfagia. Foram analisados sob condições de deglutição de saliva e doses de água.
Greco, Nunes e Melo (2010)	<i>Hardware</i> (acelerômetro capacitivo de três eixos) <i>Software</i> (módulo para análises dos sinais e outro para as características dos pacientes)	Ferramenta Lab-VIEW.	Experimental com 10 voluntários saudáveis e um com disfagia. Foram analisados sob condições de deglutição de saliva e doses de água.
Constantinescu, Stroulia e Rieger (2014)	<i>Hardware</i> (três sensores de eletromiografia de superfície) <i>Software</i> (módulo de aprendizagem e um para exercícios)	Abordagens do Desing Universal.	Observacional com 5 voluntários com câncer de cabeça e pescoço. Os testes foram baseados em observações de vídeo, no qual, os gestos foram gravados durante o uso do sistema.
Oberije <i>et al.</i> (2014)	<i>Software</i> (módulo de predição da disfagia)	Algoritmo de Regressão logística ordinal.	Algoritmo de Regressão logística ordinal. Experimental com 138 voluntários com câncer de pulmão inoperável. Para os testes foram fornecidas informações, tais como: tempo total de tratamento, status de desempenho e doses esofágicas.
Kenny (2015)	<i>Software</i> (módulo de recomendações para adesão as terapias)	Algoritmo de Árvore de decisão.	Experimental com 16 pacientes com disfagia que estavam tendo problemas relacionados à adesão.
Yagi <i>et al.</i> (2017)	<i>Hardware</i> (Cânula nasal e um sensor piezoelétrico) <i>Software</i> (módulo para observação da deglutição)	Não foi especificado	Experimental com 11 voluntários saudáveis e 10 com disfagia. Foram analisados sob deglutição de três tipos alimentos e água.

Fonte: Autoria Própria (2020).

Conforme apresentado na **Tabela 4**, verificou-se que a maioria dos estudos utilizou métodos baseados em *hardware* e *software* para o desenvolvimento dos sistemas. O *hardware* foi utilizado para aquisição dos sinais gerados ao longo do processo de ingestão de alimentos. E o *software* foi desenvolvido para apresentação das informações, com as análises dos dados capturados pelo *hardware*. Um dos pontos fortes é que a aquisição dos sinais foi realizada por meio de equipamentos não invasivos, que permitem o contato apenas com a área externa do corpo do indivíduo. Outro ponto forte identificado foi em relação à preocupação com o consumo de energia dos sistemas, no qual, os autores implementaram

circuitos analógicos usando amplificadores operacionais com consumo de energia muito baixo.

4.4 Discussão

Neste capítulo, foi apresentada uma revisão integrativa para investigar os sistemas de apoio à decisão voltados para o acompanhamento e reabilitação da disfagia. Em relação a questão norteadora da pesquisa, foi possível fornecer uma visão geral desses sistemas, no qual foram mapeadas características, como: validações, métodos, técnicas, ferramentas e abordagens utilizadas na construção. Verificou-se que foram apresentados poucos estudos na área e os estudos encontrados apresentaram lacunas, um dos pontos foi em relação ao processo de validação experimental, diante que foram apresentadas as análises do ponto de vista do paciente, não foram apresentadas validações do ponto de vista dos profissionais de saúde, sendo que esses irão manusear também os sistemas. É importante destacar também que alguns estudos utilizaram um número pequeno de indivíduos com disfagia, considerando que os sistemas são voltados para análises desses indivíduos, assim são necessárias mais amostras para confirmar as análises. Outro aspecto foi em relação aos requisitos abordados nos estudos, não foram investigados fatores em relação à triagem dos indivíduos com suspeita de disfagia, ao monitoramento do que estão realmente deglutindo, com avaliações de obstruções ao deglutir os alimentos. Apenas um trabalho foi abordado aspectos para auxiliar na reabilitação dos indivíduos disfágicos, no qual, fez uso de métodos compensatórios, com exercícios que auxiliem para uma melhor reabilitação. No trabalho não foram abordadas técnicas adaptativas em relação às texturas alimentares, com dietas e alimentos indicados as condições clínicas dos indivíduos. Dessa forma, o capítulo a seguir apresenta as direções futuras relacionadas a esta pesquisa.

5 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO CLÍNICA PARA TRIAGEM E MONITORAMENTO DA DISFAGIA OROFARÍNGEA

5.1 Introdução

Este capítulo apresenta um sistema de apoio à decisão clínica para triagem e monitoramento da disfagia orofaríngea. Este sistema é uma continuação do trabalho de Moreira (2015) e de *Barbalho (2018)*.

No trabalho de Moreira (2015), foi apresentado um sistema para monitoramento da ingestão alimentar, capaz de gerar um diário alimentar com as seguintes informações: total de refeições realizadas por dia, duração das refeições e o tipo de alimento ingerido (líquido ou sólido). Para isso, foi desenvolvido um dispositivo não-invasivo, composto de sensores como acelerômetro e giroscópio para capturar os movimentos gerados a partir da mastigação e deglutição das refeições e um microfone que captura os sinais sonoros emitidos ao longo do processo. O sistema é dividido em uma plataforma móvel e Web, o móvel é destinado para os pacientes, armazena os dados capturados pelos sensores e esses são enviados para um servidor. Já o sistema Web é destinado para equipe médica, no qual, podem realizar o cadastro dos pacientes e obter as informações sobre o processo de ingestão alimentar dos pacientes. A técnica utilizada para classificação do tipo de alimento ingerido, foi por meio de uma rede neural artificial.

Já o trabalho de Barbalho (2018), é uma continuação de Moreira (2015), com o acréscimo de outras informações, como: classificação do alimento pastoso, e o sistema também é capaz de classificar o nível de disfagia do paciente. Em vez de utilizar uma rede neural artificial, foi usada uma ontologia de domínio para inferência do tipo de alimento físico e nível de disfagia no qual o paciente se encontra.

Este trabalho buscou dar continuidade aos trabalhos desenvolvidos em Barbalho (2018) e Moreira (2015). As plataformas desenvolvidas foram ampliadas/estendidas. A plataforma Web continuou sendo voltada a equipe clínica, mas dividiu-se seu escopo para que atendesse as necessidades dos fonoaudiólogos e nutricionistas. Em relação aos fonoaudiólogos, pode-se realizar uma triagem inteligente em indivíduos com suspeita de disfagia. O sistema fornece informações das consistências alimentares e alguns alimentos indicados a partir do nível de disfagia do paciente e realiza inferências se o paciente sofreu obstruções ao longo do seu processo de ingestão alimentar. Já em relação ao nutricionista, pode-se realizar triagens para verificação do risco de desnutrição dos pacientes e permite

que esse profissional desenvolva as receitas específicas ao caso de cada paciente. O sistema fornece algumas sugestões de alimentos indicados para o paciente.

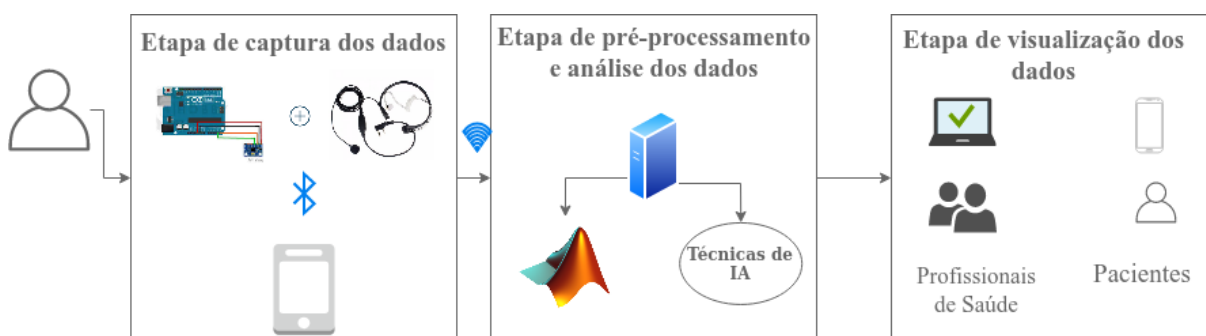
A plataforma móvel é voltada para os pacientes, e realizou-se o acréscimo de informações destinadas às técnicas adaptativas adequadas ao caso clínico do paciente, no qual, podem receber todas essas informações no sistema móvel. No trabalho foram usadas diferentes técnicas para classificação das informações, tais como ontologias, aprendizado de máquina e lógica *fuzzy*.

Cada uma dessas técnicas e suas aplicações no sistema são discutidos em detalhes nas próximas Seções. Na **Seção 4.2**, é apresentado uma visão geral do sistema de apoio à decisão clínica, com suas principais características e uma arquitetura geral. Na **Seção 4.3**, é apresentada a plataforma Web, com as técnicas utilizadas para classificação das informações e suas funcionalidades. Em seguida, na **Seção 4.4** é apresentada a plataforma dos pacientes, com as funcionalidades desenvolvidas. Ao final, na **Seção 4.6**, é apresentada a discussão do capítulo.

5.2 Visão Geral do Sistema

Uma visão geral do sistema é apresentada na **Figura 13**, o sistema está dividido em etapas que vão desde a etapa de captura dos dados até a visualização final.

Figura 13 – Visão geral do sistema e a sequência de passos para seu funcionamento.



Fonte: Adaptado de Barbalho (2018).

Na etapa de captura dos dados, os dados são adquiridos por meio de equipamentos não invasivos: uma placa contendo um acelerômetro e um giroscópio acoplados, um *smartphone* com o sistema operacional Android e um aplicativo para essa captura de dados.

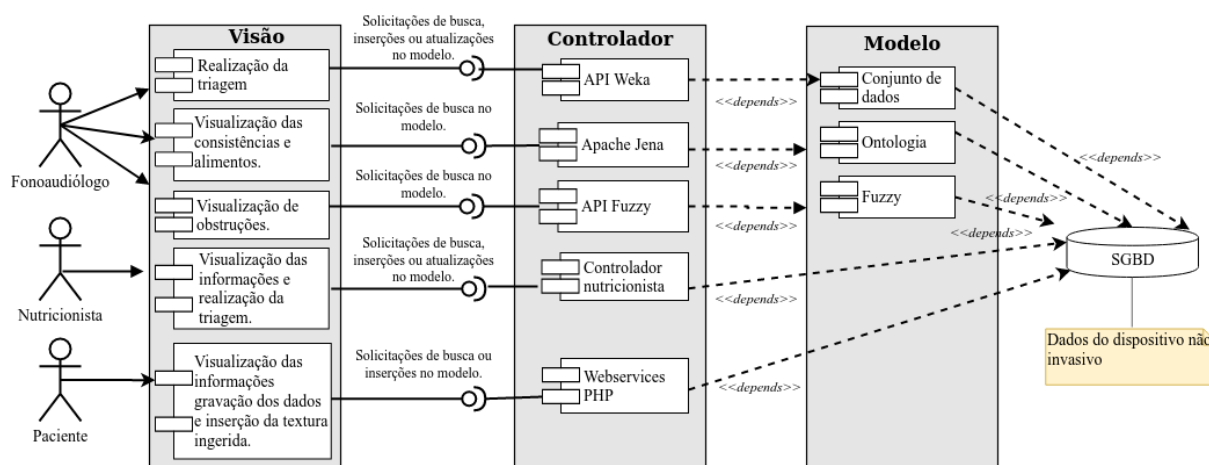
Para captura dos dados sonoros é posicionado o laringofone na região do pescoço do indivíduo. Para captura dos movimentos mandibulares gerados durante o processo, foi posicionada a placa de acelerômetro e giroscópio na área externa do maxilar do participante. Com o auxílio do arduino, os dados capturados pelo acelerômetro e giroscópio são enviados

ao *smartphone* por meio da conexão *bluetooth*. Uma vez capturados, os arquivos referentes aos movimentos são enviados e armazenados em um servidor por meio de arquivos .csv (do inglês, *Comma-separated Values*). Os dados sonoros estão em formato .wav (do inglês, *Waveform Audio File Format*).

Para etapa de pré-processamento dos dados utilizou-se o *software* MATLAB (DEMUTH; BEALE, 1998). Com auxílio do MATLAB foram obtidos os valores do desvio padrão dos dados gerados durante o processo de ingestão dos alimentos com resultados numéricos utilizados para as análises. O desvio padrão é uma medida de dispersão de valores com relação à média. Obtidos os valores do desvio padrão seguiu-se para etapa de processamento dos dados, cujo objetivo foi de realizar as classificações das informações, nessa fase utilizou-se de diferentes técnicas de inteligência artificial.

Um diagrama de componentes do sistema é ilustrado na **Figura 14**. O diagrama é baseado no padrão MVC, do inglês *Model-View-Controller* (SOMMERVILLE, 2011). Este padrão visa separar a aplicação em três camadas: visão, controle e modelo.

Figura 14 – Diagrama de componentes do sistema de apoio à decisão clínica.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A seguir será descrito em detalhes cada camada apresentada na **Figura 14**, que correspondem ao sistema desenvolvido.

- **Camada de Visão:** esta camada é responsável pela interação do usuário com o sistema. Neste trabalho, tem-se 3 visões: voltado para o fonoaudiólogo, nutricionista e para o paciente.
 1. Fonoaudiólogo: inicialmente, a primeira etapa na avaliação do paciente é verificar se este apresenta um risco de disfagia. Dessa forma, o primeiro componente é voltado para auxiliar esses profissionais na etapa inicial de avaliação do paciente, na triagem. Outro componente, é que caso os indivíduos apresentem um risco

de disfagia é realizada uma avaliação mais detalhada do seu estado clínico por meio da verificação do seu processo de ingestão alimentar, no qual, utiliza-se do dispositivo não-invasivo (laringofone, acelerômetro e giroscópio). A partir do uso do equipamento são classificadas informações do caso clínico do paciente, assim este profissional pode visualizar as informações fornecidas pelo sistema. Esse componente desenvolvido neste trabalho visa auxiliar esses profissionais no recebimento de informações das: consistências alimentares corretas para o paciente e alimentos adequados a partir do seu nível de disfagia. E também se sofreram obstrução ao longo do processo de ingestão alimentar;

2. Nutricionistas: após a identificação do nível de disfagia dos pacientes e as classificações das consistências e alimentos adequados à sua condição, essas informações são repassadas para a visão do nutricionista, que ficará responsável por verificar as informações fornecidas pelo sistema e alterá-las para melhor atender esses pacientes, no qual, podem montar dietas e receitas adequadas a condição do paciente. Também é possível realizar uma triagem para verificar o risco nutricional dos pacientes, se apresentam risco de desnutrição;
 3. Pacientes: essa visão corresponde ao fornecimento das informações de interesse para o paciente, como: consistências alimentares adequadas, as receitas e informações repassadas pelo nutricionista. Um ponto importante é que a medida que foram realizados alguns testes, foi verificado que o sistema não consegue classificar corretamente os tipos de alimentos ingeridos em alguns casos, dessa forma, foi implementada uma função para que o paciente confirme a textura alimentar deglutido, e a informação é verificada com a informação classificada pelo sistema. Casos as informações não coincidam, é acionado uma notificação automática para o paciente para que ele confirme se realmente é aquela textura que ele está deglutindo. Como uma forma de aperfeiçoar o sistema.
- **Camada de Controle:** recebe todas as solicitações realizadas pelos usuários e chamar as respectivas ações. Assim poderá buscar os dados solicitados pelos pacientes e profissionais de saúde. Para este trabalho, foram utilizados 5 componentes fundamentais para dar suporte na comunicação das informações: Controlador nutricionista, *Apache Jena*, *API Weka*, *API Fuzzy* e *Webservices PHP*.
1. *API Weka*: o *Weka* tem como objetivo integrar algoritmos provenientes de diferentes abordagens na sub-área da inteligência artificial dedicada ao estudo de aprendizagem de máquina (HORNÍK; BUCHTA; ZEILEIS, 2009). A ferramenta *Weka* oferece uma API que permite realizar a integração dos algoritmos a uma aplicação Java. No requisito da triagem, foi utilizada essa API que permite que os dados de entrada da triagem sejam capturados na camada de visão, e esses são enviados para camada de modelo. Esses dados de entrada são verificados

de acordo com o conjunto de dados criado na camada de modelo, e assim é realizado a classificação do risco de disfagia por meio do comitê *Stacking*. O comitê é composto por 4 algoritmos bases: NB, J48, SMO e k-NN. Esse comitê foi implementado em uma classe Java que realiza as operações de classificação;

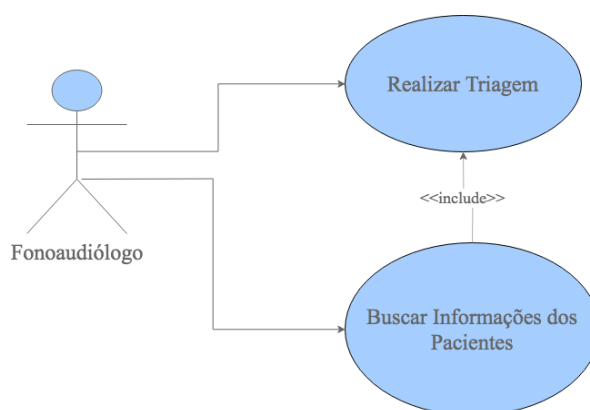
2. API *Fuzzy*: essa API foi implementada em Java que permite a inferência *fuzzy* por meio de um arquivo .FCL, (do inglês, *Fuzzy Control Language*), um padrão para programação de algoritmos *fuzzy*. Essa API foi desenvolvida no trabalho de SANTOS (2019), e foi utilizada para o módulo de identificação de obstruções. Essa API permite capturar os dados do processo de ingestão alimentar e por meio das regras, é classificado se o paciente sofreu obstruções ao longo do processo de ingestão;
 3. Apache Jena: é um *framework* responsável pela integração da ontologia com o sistema Web, de código aberto para a linguagem Java (JENA, 2007). Foi utilizada para comunicação da ontologia no sistema Web, correspondente a classificação das informações: consistências alimentares e alimentos indicados de acordo com o nível de disfagia;
 4. Controlador Nutricionista: nesse controlador foi construído um modelo para mapeamento objeto/relacional na linguagem java.
 5. Webservices PHP: foram implementados webservices na linguagem PHP para realização da conexão com o banco de dados MySQL. Os dados são retornados e manipulados em formato JSON (do inglês, *JavaScript Object Notation*).
- **Camada Modelo:** é responsável pelo armazenamento e manipulação dos dados. Nessa camada, também são produzidos os conhecimentos manipulados pelo sistema, esses conhecimentos são representados por meio de ontologias e lógica *fuzzy*. E também é composto por modelos sem conhecimento, com um conjunto de dados que será utilizado como modelo para o treinamento e testes nos dados.

Todas as informações do sistema são armazenadas e relacionadas por meio do banco de dados MySQL. O MySQL foi escolhido por ser um SGBD de fácil manipulação e ter total compatibilidade com as bibliotecas PHP, e também pelas informações do sistema Web já estarem sendo enviados para o MYSQL, o que facilitou a sincronização. A seguir nas próximas subseções será descrito melhor cada componente da camada modelo em conjunto com a sua plataforma correspondente.

5.3 Plataforma Web

Essa plataforma é para os profissionais de saúde e foi desenvolvida na ferramenta Eclipse¹, por meio da linguagem Java, sendo um modelo *open source* para desenvolvimento de *software*. Possui suporte para as informações em dois idiomas (português e inglês). Na Plataforma Web, têm-se as visões correspondentes a cada profissional de saúde. Para melhor compreensão dos requisitos e atores envolvidos nessa plataforma a seguir são apresentados os principais casos dos profissionais de saúde. Na **Figura 15**, são apresentados os principais casos de uso do fonoaudiólogo.

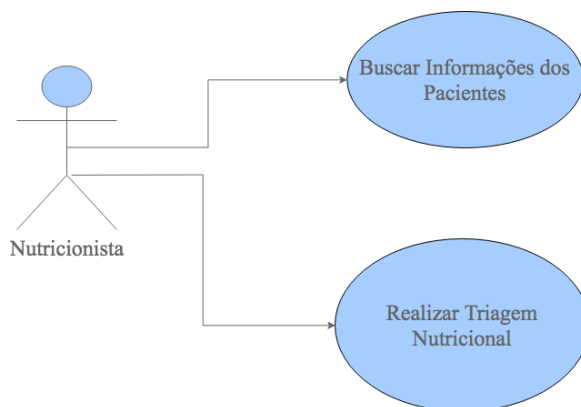
Figura 15 – Principais caso de uso (Fonoaudiólogo).



Fonte: Autoria Própria (2020).

O primeiro caso de uso é que esse profissional pode realizar a triagem para identificação do risco de disfagia e o segundo corresponde na busca de informações dos pacientes, no qual pode-se buscar por meio do ID do paciente. Já na **Figura 16** é apresentado os principais casos de uso do nutricionista. O primeiro é que pode-se buscar informações respectivas de cada paciente por meio do ID e pode-se realizar uma triagem para verificação do risco de desnutrição.

Figura 16 – Principais caso de uso (Nutricionista).

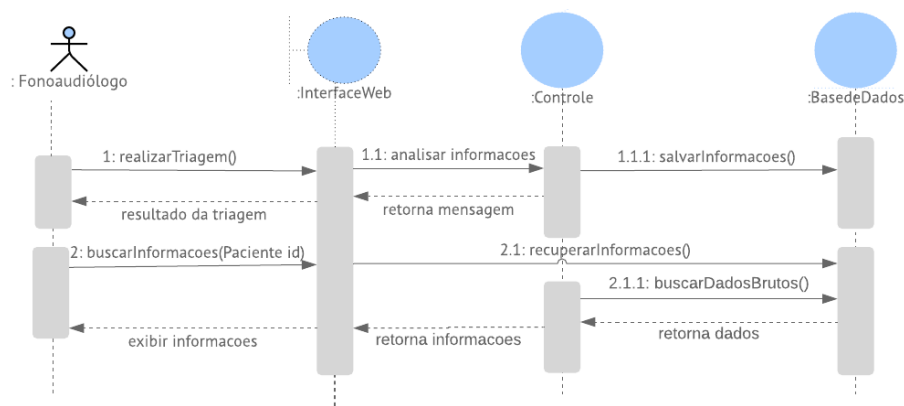


Fonte: Autoria Própria (2020).

¹ Disponível em <https://www.eclipse.org/downloads/>

Na **Figura 17**, é apresentado um diagrama de sequência correspondente a plataforma Web, de acordo com o ator fonoaudiólogo. No diagrama é ilustrado as interações entre si das funcionalidades, com a ordem sequencial das interações no sistema. No requisito de buscar informações por meio do ID, são capturados os dados brutos na base de dados para serem utilizados para classificações das informações por meio das técnicas de inteligência artificial.

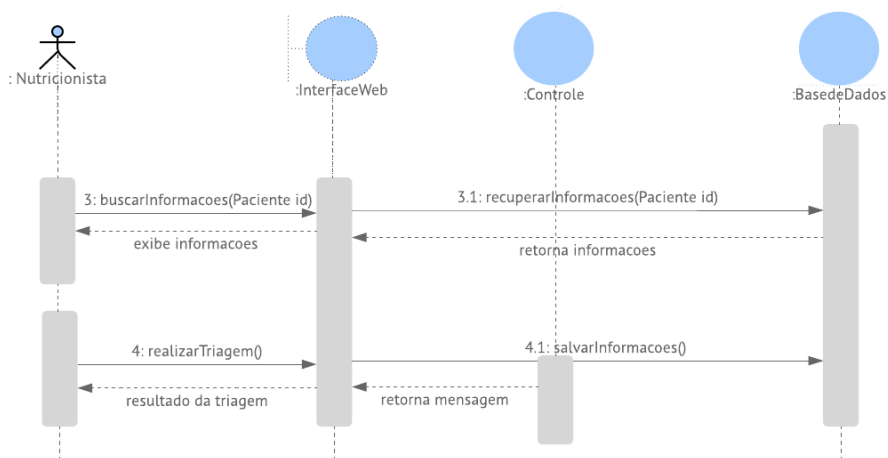
Figura 17 – Diagrama de sequência da plataforma Web.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na **Figura 18**, é apresentado um diagrama de sequência correspondente também a plataforma Web, de acordo com o ator nutricionista. No diagrama, no requisito de buscar informações pelo ID, as informações são apenas capturadas do banco de dados, diante que suas classificações já foram inseridas no banco.

Figura 18 – Diagrama de sequência da plataforma Web.



Fonte: Autoria Própria (2020).

À medida que as interações vão acontecendo tem-se a ordem em que esses componentes e objetos estão interagindo entre si. A seguir é explicado de forma mais detalhada

as funcionalidades desenvolvidas e suas técnicas correspondentes.

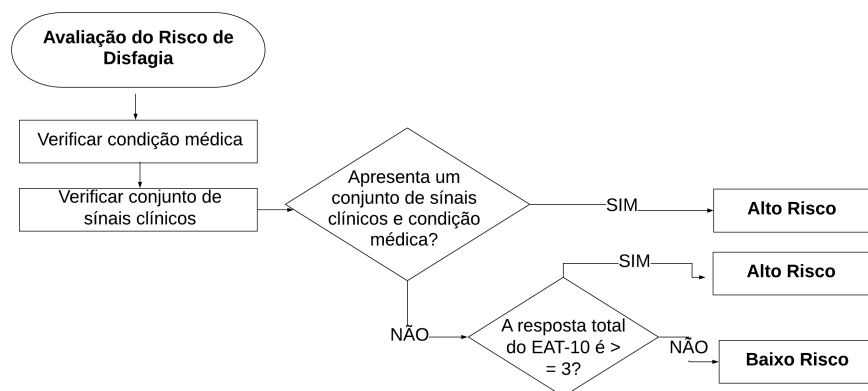
5.3.1 Aplicação do comitê *Stacking* para triagem de identificação do risco de disfagia

A triagem é um instrumento para identificação de uma doença ou fator de risco não conhecido, para análise de fatores clínicos, exames físicos e laboratoriais (NEWMAN *et al.*, 2003). O uso da triagem para disfagia é a primeira etapa na avaliação para verificar a sua ausência ou presença. Posteriormente, para uma avaliação mais aprofundada tem-se o uso de exames instrumentais. Após a avaliação mais detalhada por meio dos exames, é determinado o nível de disfunção do paciente e também sua condição alimentar, com estratégias a serem utilizadas para a reabilitação (SAITOH *et al.*, 2017). A triagem deve ser rápida, fácil, com baixo risco e custos com o objetivo principal de identificar pacientes com risco de disfagia e não para ser usada para diagnóstico (FORSTER *et al.*, 2011). Na literatura são apresentados vários protocolos de triagem e suas formas de uso. Uma das formas que tem sido cada vez mais utilizada é por meio de questionários (ORENSTEIN, 2006) (ETGES *et al.*, 2014).

Dados Utilizados

Um modelo geral de dados foi criado para ser utilizado no conjunto de dados de treinamento e testes. Esses dados foram desenvolvidos com base em algumas informações fornecidas pelos fonoaudiólogos. Foi realizado conversas com dois tipos de fonoaudiólogas e os mesmos seguem seu protocolo de avaliação, então buscou-se relacionar os fatores de avaliação em comum e com base em dados fornecidos pela literatura, no qual, foram criadas 53 instâncias e 10 atributos, assim criou-se de forma inicial uma pequena quantidade de amostras. Um fluxograma da triagem para predição do risco de disfagia é apresentado na **Figura 19**.

Figura 19 – Fluxograma do protocolo de triagem para identificação do risco de disfagia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A triagem é realizada por meio da avaliação de alguns fatores: condição médica, sinais clínicos e o resultado de um questionário validado. O EAT-10 é um questionário validado para medir o risco de disfagia e identificar indivíduos que necessitam de uma avaliação detalhada (BELAFSKY *et al.*, 2008). É composto por itens classificados em uma escala de cinco pontos de intensidade do sintoma, e a soma total é calculado para uma estimativa do risco. Um total de pontos maior ou igual a 3 é anormal e indica a presença de disfagia. Mas, não se deteve apenas ao uso do questionário diante da importância de se avaliar outros fatores discutidos na literatura e também apontados por profissionais de saúde que auxiliam nesta pesquisa, esses profissionais também utilizam alguns desses fatores nos seus métodos de triagem dos pacientes. Alguns autores compreendem da importância de não se deter ao uso de apenas um teste de triagem e sim de analisar diferentes fatores como forma de obter um resultado mais preciso (EKBERG *et al.*, 2002).

O fluxograma da triagem começa com a identificação da presença de uma condição médica, como, por exemplo, acidente vascular cerebral, câncer de cabeça e pescoço, traumatismo craniano, doença de Alzheimer, doença de Parkinson, que são considerados grupos de alto risco para presença da disfagia (TAKIZAWA *et al.*, 2016), (MALAGELADA *et al.*, 2014), (EKBERG, 2019), (RODEN; ALTMAN, 2013), (NAJAS, 2011). Posteriormente, são avaliados os sinais de risco de disfagia como por exemplo, sialorreia, xerostomia, sensação de bloqueio durante a deglutição, perda de peso, que são alertas para os profissionais de saúde para necessidade de avaliação mais aprofundada, de acordo com a abordagem holística dos sinais (MALAGELADA *et al.*, 2014), (FORSTER *et al.*, 2011), (EKBERG, 2019), (NAJAS, 2011), que indica alto risco para presença da disfagia. Na criação do modelo o fonoaudiólogo levantou uma questão importante para verificação dos sinais clínicos, considerando que o sinal de sialorreia é um sinal para indivíduos com disfagia neurogênica e na disfagia mecânica é verificada a xerostomia. A disfagia neurogênica é decorrente de doenças, como: acidente vascular cerebral, alzheimer e esclerose lateral, e a disfagia mecânica é decorrente de cirurgias e ferimentos por arma de fogo em região de cabeça e pescoço (NAJAS, 2011).

Finalmente, a triagem compreende da avaliação do questionário EAT-10 validado na literatura com base em um acúmulo total de pontos das respostas. Assim, a triagem desenvolvida considera a resposta do questionário validado EAT-10 para indicação do risco de disfagia, caso não apresente a condição clínica e os sinais clínicos.

Algoritmos Utilizados e seus Parâmetros

Em vez de implementar os algoritmos do princípio, utilizou-se o *software* Weka², por meio do código Java. O Weka é reconhecido como um sistema de referência de mineração de dados e aprendizagem de máquina. Como discutido anteriormente o comitê de classificação

² Disponível em <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

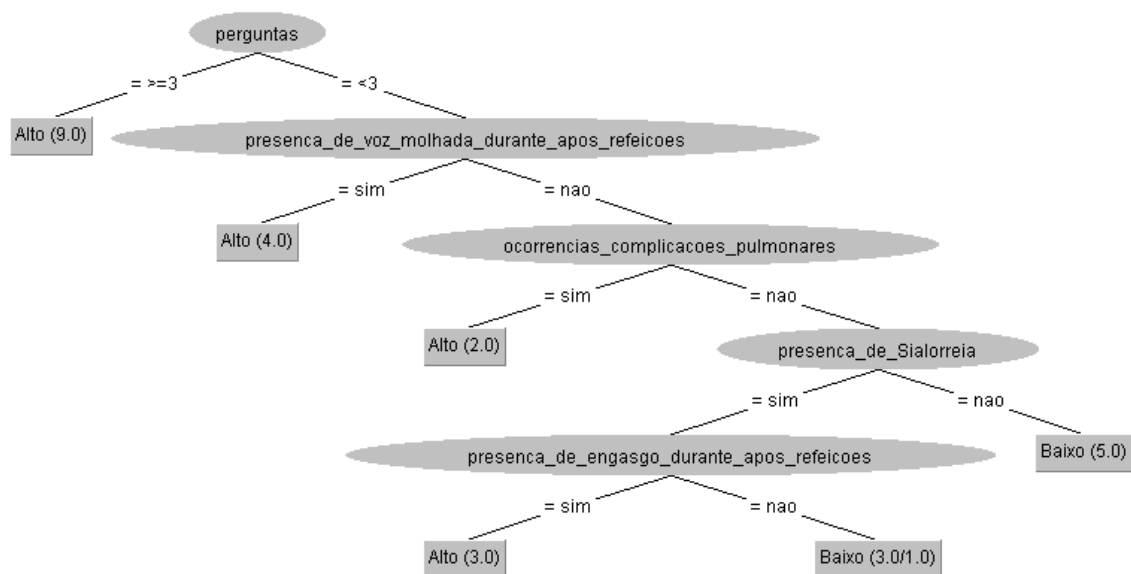
utilizado foi o comitê *Stacking*. Na construção do comitê foi considerado a diversidade dos classificadores bases. Sendo fundamental escolher bem os classificadores que fazem parte do comitê. Assim, o uso de diferentes parâmetros é uma das abordagens para se obter a diversidade. Outra foi de utilizar diferentes tipos de classificadores. Dessa forma, foram aplicados quatros diferentes algoritmos como classificadores base: SMO; NB; k-NN; e o J48, todos acessíveis no Weka.

Alguns dos motivos para o uso do algoritmo NB é que apresenta um bom desempenho com valores numéricos e nominais, rapidez no treinamento e teste dos dados, apresenta um excelente desempenho em problemas reais e requer uma pequena quantidade de dados de treinamento para estimar os parâmetros necessários para classificação (BERRY; MOHAMED; YAP, 2016). Em relação ao uso do algoritmo k-NN é por ser simples, fácil implementação e com um desempenho superior de classificação competitiva em muitos domínios (WITTEN *et al.*, 2016). Já em relação ao uso do J48 é por auxiliar eficientemente na interpretação dos dados, com uma representação gráfica de fácil interpretabilidade e tem um bom desempenho com atributos binários, nominais, numéricos e valores faltantes (HONG *et al.*, 2018). E em relação aos SMO é que é um dos algoritmos desenvolvidos para o treinamento de SVM mais rápidos e de fácil implementação, e é capaz de lidar com classes binárias, nominais e valores faltantes de classe (HERNÁNDEZ, 2009).

Foram ajustados os parâmetros de cada classificador base, pois cada classificador possui diferentes parâmetros. Dois parâmetros foram ajustados para o uso do classificador SMO, parâmetro de custo (C) e o parâmetro de sigma. Os valores finais utilizados para o modelo foi $\sigma = 1.0E-12$ e $C = 0.6$. Um ponto analisado no algoritmo k-NN foi a quantidade do número de vizinhos mais próximos(o parâmetro k corresponde a quantidade de vizinhos em que deseja utilizar para classificar). Foi usado o valor de $k=3$ como valor final para o modelo. Foi verificado no algoritmo J48 o fator de confiança=0.1 e o número mínimo de instâncias por folhas=3. Já o algoritmo NB, configurou para uso do *kernel* como sendo verdadeiro.

Para treinar e validar o método, foi usado o método *leave-one-out*, indicado para uma pequena quantidade de dados. O método *leave-one-out* é um método de validação cruzada. Nele, o conjunto de treinamento é realizado com n-1 dados e o de teste com apenas 1 dado, ou seja, o método mantém uma única observação para teste (WITTEN *et al.*, 2016). Como a técnica de árvore de decisão apresenta um alto grau de interpretabilidade, apresenta-se na Figura 20, a sua visualização. Essa visualização corresponde aos resultados gerados do uso do algoritmo para detecção do risco de disfagia, a partir da base de dados desenvolvida.

Figura 20 – Visualização do uso do algoritmo J48.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Medidas de Avaliação

Neste trabalho, a avaliação do método e dos classificadores foi baseada em cinco medidas apresentadas na **Tabela 5**. Essas medidas (WITTEN *et al.*, 2016) são obtidas a partir dos valores estimados da matriz de confusão: *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP) e *False Negative* (FN), essa matriz descreve o desempenho dos classificadores.

Tabela 5 – Descrição das medidas de avaliação utilizadas.

Medida	Descrição
Acurácia	Porcentagem que um algoritmo pode prever corretamente as instâncias positivas e negativas.
Kappa	Medida que mede o grau de aceitação ou de respostas concordantes.
Sensibilidade	Probabilidade de positivos reais que são previstos como positivos.
Especificidade	Probabilidade de positivos reais que são negativos como negativos.
AUC	Mede a performance global do teste.

Fonte: Autoria Própria (2020).

Resultados e Discussões

Apresenta-se nessa subseção os resultados obtidos por meio da aplicação do comitê *Stacking*, assim como a triagem implementada. Na **Tabela 6** são apresentados os resultados dos classificadores de forma individual, no qual, foi usada a validação cruzada *leave-one-out* para testar e validar cada algoritmo.

Tabela 6 – Resultados individuais dos algoritmos.

Medida	SMO	J48	k-NN	NB
Acurácia	0.867	0.849	0.866	0.811
Kappa	0.726	0.684	0.755	0.612
Sensibilidade	0.867	0.849	0.886	0.811
Especificidade	0.864	0.835	0.843	0.810
AUC	0.866	0.837	0.934	0.863

Fonte: Autoria Própria (2020).

Em negrito são apresentados os melhores resultados dos algoritmos em relação as medidas. Com base nas medidas, o algoritmo SMO apresentou maior acurácia e especificidade. Mas, por outro lado, o NB teve um maior valor do coeficiente kappa, sensibilidade e AUC. Na **Tabela 7** são apresentados os resultados do uso do comitê *Stacking* com os classificadores bases que foram aplicados ao conjunto de dados, também foi usada a validação cruzada *leave-one-out*.

Tabela 7 – Resultados do comitê *Stacking*.

Medida	Comitê <i>Stacking</i>
Acurácia	0.985
Kappa	0.969
Sensibilidade	0.985
Especificidade	0.979
AUC	0.982

Fonte: Autoria Própria (2020).

De acordo com as medidas, é evidenciado que o uso do comitê apresentou um melhor desempenho em termos de acurácia, sensibilidade, especificidade e kappa do que o uso de um único classificador para classificação do risco de disfagia. Ou seja, a abordagem de utilizar em conjunto os classificadores apresentam resultados superiores do que seu uso de forma individual para este problema. Na Figura 21, é apresentado o módulo da triagem com as informações necessárias para classificação do risco de disfagia, como: condição clínica, presença de sinais clínicos e o questionário EAT-10. Na **Figura 21 (a)** é apresentado um questionário inicial para cadastro do paciente, com informações pessoais e posteriormente,

são feitas análises da condição clínica e sinais clínicos. Já na **Figura 21 (b)**, é mostrada a triagem EAT-10, com perguntas a serem guiadas pelo profissional de saúde ao serem perguntadas ao paciente. Diante, que ao acompanhar algumas consultas, em alguns casos tinham indivíduos que não sabiam ler e o cuidador responsável que guiava esses aspectos junto com o profissional de saúde, ou também em relação ao estado do indivíduo que era bem debilitado.

Figura 21 – Módulo de triagem no sistema Web.

a)

b)

Fonte: Autoria Própria (2020).

5.3.2 Uma ontologia para classificação de consistências e alimentos adequados de acordo com o nível de disfagia

A ontologia construída nesse trabalho apresenta conceitos que estendem a ontologia desenvolvida por Barbalho (2018). Em sua obra, a autora apresenta uma ontologia capaz de classificar o tipo físico dos alimentos deglutidos e o nível de disfagia no qual o paciente se encontra.

A ontologia desenvolvida neste trabalho pode ser usada para inferir a partir do nível de disfagia do paciente, os alimentos e os tipos de consistências dos alimentos adequados. As informações para o desenvolvimento da ontologia foram elicitadas dos profissionais de saúde e baseados na **Seção 3.2** deste trabalho. Os conhecimentos com os profissionais de saúde, foram adquiridos por meio de reuniões e acompanhamento de consultas.

Estrutura da ontologia

Os passos para o desenvolvimento da ontologia basearam-se na metodologia *Ontology Development* 101 proposta por Noy e Guinness (2002). Usou-se essa metodologia, em razão

da sua facilidade de compreensão e de aplicação no desenvolvimento de ontologias.

Definição do Domínio e Escopo

A primeira etapa no desenvolvimento de uma ontologia, segundo a metodologia *Ontology Development 101*, é a definição do domínio e escopo a ser tratado. Com o propósito 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). O ORSD descreve o objetivo da ontologia, escopo, linguagem de implementação que será utilizada no seu desenvolvimento, quais os usuários finais, quais são os requisitos que devem estar presentes, entre outras características. Na **Tabela 8**, é apresentado o ORSD no domínio da disfagia orofaríngea.

Tabela 8 – Documento de especificação de requisitos da ontologia.

<p>Objetivo Organizar e estruturar conhecimentos relacionados a disfagia orofaríngea, para classificar corretamente a partir do nível de disfagia do paciente, os alimentos e consistências adequados a cada nível.</p>
<p>Escopo A ontologia concentra-se no domínio da disfagia orofaríngea, com conhecimentos que visem auxiliar na recuperação dos pacientes com disfagia, fornecendo informações relevantes para a sua recuperação, focado nas terapias adaptativas.</p>
<p>Linguagem de implementação A ontologia deve ser especificada na linguagem OWL-DL 2 (<i>Web Ontology Language – Description Logic 2 version</i>).</p>
<p>Usuários Finais previstos Usuário 1. Equipe médica que está acompanhando o paciente com disfagia.</p>
<p>Casos de Uso Uso 1. Permitir a classificação da consistência dos alimentos adequados a partir do nível de disfagia do paciente; Uso 2. Permitir a classificação de alimentos indicados a partir do nível de disfagia do paciente;</p>
<p>Requisitos da Ontologia</p> <p>Requisitos não funcionais: RNF 1: A ontologia deve representar o conhecimento consensual presente na literatura referente ao domínio da disfagia e de conhecimentos dos profissionais de saúde.</p> <p>Requisitos Funcionais: Responder as seguintes Questões de Competência:</p> <p>QC1. A partir de um nível de disfagia do paciente, quais são os alimentos mais indicados de acordo com esse nível que o paciente se encontra? Os alimentos indicados podem ser classificados em: <i>BeanBroth, Breads, CookedVegetables, CookedMeats, CreamySoup, FruitSoftTexture, Fruits, GroundBeef, Juice, LiquefiedMeat, Milk, MilkBread, OralSuspension, Papa-Fruits, PapacyRice, PureVegetables, RawVegetables, ShreddedBeef, SoupsCreamy, Tea, TchickPorridge.</i></p> <p>QC2. A partir de um nível de disfagia do paciente, qual a consistência adequada dos alimentos para esse paciente? As consistências podem ser classificada em: <i>ConsistencyLight, ConsistencySolid, ConsistencyPasty, WithoutConsistency.</i></p>

Fonte: Autoria Própria (2020).

A segunda etapa consiste em considerar a reutilização de ontologias disponíveis. A ontologia é uma continuidade da ontologia desenvolvida por Barbalho (2018). Então, foram reusados conceitos da ontologia já desenvolvida.

Enumeração de Termos

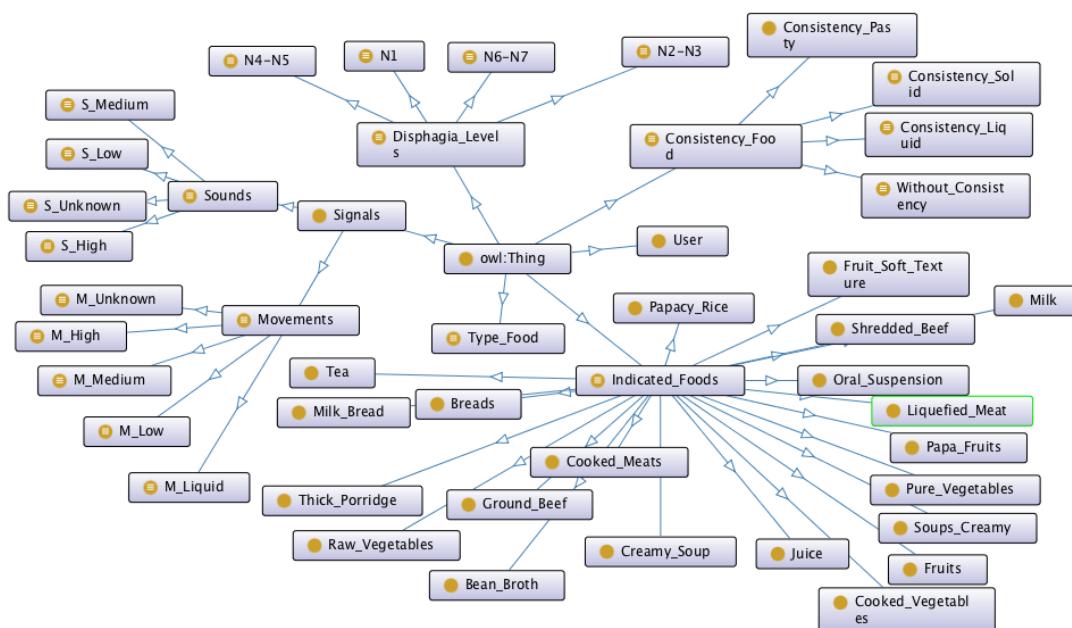
A terceira etapa consiste em enumerar termos importantes da ontologia. Os termos foram enumerados por meio de investigações dos conhecimentos de acordo com o domínio da ontologia e de conhecimentos de especialistas de domínio. Os principais termos definidos

foram em relação aos alimentos indicados e as consistências adequadas. Esses termos foram utilizados no desenvolvimento da ontologia. Foram adotados termos da língua inglesa, por ser uma língua de reconhecimento mundial.

Definição das Classes e Hierarquia de Classes

Esta etapa é executada por meio da ferramenta Protégé, que possibilitou o desenvolvimento das classes. Na ontologia foram desenvolvidas 2 classes gerais: *ConsistencyFood* e *IndicatedFoods* que foram determinadas seguindo a abordagem *top-down*. Inicialmente, foram definidas as classes mais gerais e, posteriormente, foram definidas as classes mais específicas. Na **Figura 22** é ilustrada a hierarquia de classes da ontologia, as setas na cor azul indicam as subclasses das classes. As classes: *Signals*, *TypeFood*, *User* e *DisphagiaLevels* e suas respectivas subclasses, foram classes desenvolvidas por Barbalho (2018).

Figura 22 – Hierarquia das classes construídas na ferramenta Protégé.



Fonte: Autoria Própria(2020)

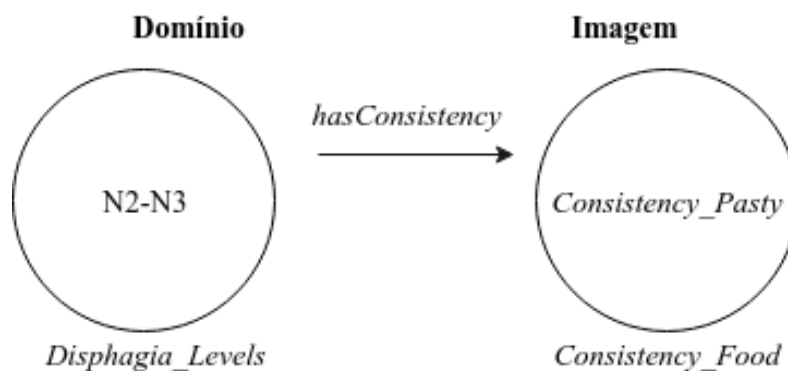
Foram criadas 25 classes primitivas, classes que tem um conjunto de condições que são apenas necessárias e 2 (duas) classes definidas que contém condições necessárias e suficientes.

Definição das Propriedades das Classes

Foram especificadas 2 propriedades do tipo *ObjectProperty* e suas propriedades inversas. Essas propriedades representam relacionamentos entre duas classes ou dois indivíduos. Unindo indivíduos ou classes de um domínio, a indivíduos ou classes de uma

imagem. Um exemplo é ilustrado na **Figura 23**, entre as classes: *DisphagiaLevels* e *ConsistencyFood*. A propriedade que os une é: *hasConsistency*. O nível N2-N3 *hasConsistency* *ConsistencyPasty*, ou seja, o nível de disfagia N2-N3 tem consistências adequadas para os alimentos do tipo pastoso.

Figura 23 – Propriedade *hasConsistency*.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na **Tabela 9** a seguir, é apresentado as propriedades com seus respectivos domínios e imagens.

Tabela 9 – Propriedades *ObjectProperty*.

Propriedades	Descrição	Inversas	Domínio	Imagem
<i>hasConsistency</i>	Essa relação indica que a classe de níveis de disfagia tem tipos de consistências adequadas.	<i>isConsistency</i>	<i>DisphagiaLevels</i>	<i>ConsistencyFood</i>
<i>hasIndicatedFood</i>	Essa relação indica que a classe níveis de disfagia tem alimentos indicados.	<i>isIndicatedFoods</i>	<i>DisphagiaLevels</i>	<i>IndicatedFoods</i>

Definição das Restrições das Propriedades

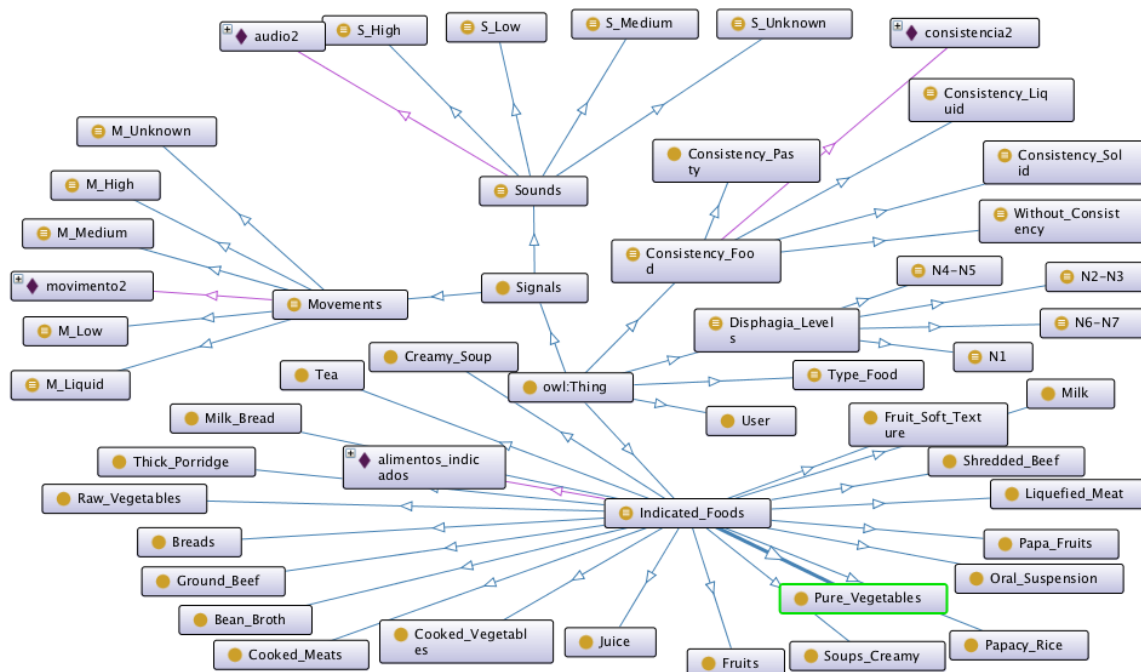
As propriedades podem assumir tipos diferentes de características. Para este domínio da ontologia, as propriedades *ObjectProperty* foram definidas como transitivas. A característica transitiva permite heranças nas relações. Por exemplo, na relação entre *User* e *DisphagiaLevels*, permite-se que *DisphagiaLevels* possa se relacionar com outra classe, no caso a *ConsistencyFood*. Assim, infere-se que *User* está relacionado com *ConsistencyFood* por meio do uso dessa característica.

Após a criação das classes e propriedades, foram criadas as instâncias para demonstrar a funcionalidade da ontologia desenvolvida. A seguir serão descritas as instâncias utilizadas na ontologia.

Criação das Instâncias

Nesta última etapa foram criadas instâncias individuais para as classes, que por meio destas retornam as respostas das questões de competência através dos relacionamentos entre as classes. Na **Figura 24** são apresentadas as instâncias da ontologia, as setas na cor azul indicam as subclasses das classes, e as setas na cor lilás indicam as instâncias das classes.

Figura 24 – Instâncias da ontologia criadas na ferramenta Protégé.



Fonte: Autoria Própria (2019).

As instâncias: *movimento2* e *audio2*, são da ontologia desenvolvida por Barbalho (2018), essas instâncias correspondem aos dados de entradas, ou seja, representam os dados capturados e tratados referentes ao processo de mastigação e deglutição dos pacientes. Já as instâncias *alimentosindicados* e *consistência2*, foram criadas neste trabalho, que correspondem as consistências e alimentos adequados de acordo com o nível de disfagia.

Axiomas

As classes podem ser primitivas(que tem conjunto de condições que são apenas necessárias) ou definidas(que tem conjunto de condições que são necessárias e suficientes). As classes primitivas são compostas por axiomas como *subClassOf*, e as definidas, compostas por axiomas como *EquivalentTo*. A seguir, são apresentadas as classes principais da ontologia e os axiomas dessas classes. As classes principais representam os níveis de disfagia, essas classes são definidas.

N1

Esta classe representa o nível de disfagia N1, o nível mais crítico. Na classe não foram atribuídos consistências alimentares ou alimentos adequados, porque esse nível tem restrição total de dieta via oral. Portanto, foi definido apenas que não tem consistência e alimentos adequados.

Listagem 1 – Apresentação da Lógica de Descrição da Classe N1

```

1 Class: N1
2   EquivalentTo: Disphagia_Levels
3     and (isCompost some Unknown)
4 SubClassOf:
5   hasConsistency only WithoutConsistency
6   hasConsistency some WithoutConsistency
7   hasIndicatedFoods only OralSuspension
8   hasIndicatedFoods some OralSuspension

```

N2-N3

Esta classe representa o nível de disfagia N2-N3, às quais foram atribuídas consistências e alimentos adequados. Nesse nível, é atribuída a consistência pastosa como adequada à condição clínica do paciente, e são listados alguns alimentos indicados.

Listagem 2 – Apresentação da Lógica de Descrição da Classe N2-N3.

```

1 Class: N2-N3
2   EquivalentTo: DisphagiaLevels and
3     (isCompost some Pasty) or
4     (isCompost some Pasty) and
5     (isCompost some Unknown)
6 SubClassOf:
7   hasConsistency some ConsistencyPasty
8   hasConsistency only ConsistencyPasty
9   hasIndicatedFoods only (CreamSoup and LiquefiedMeat and
10     PapaFruits and PureVegetables and ThickPorridge)
11   hasIndicatedFoods some CreamSoup
12   hasIndicatedFoods some LiquefiedMeat
13   hasIndicatedFoods some PapaFruits
14   hasIndicatedFoods some PureVegetables
15   hasIndicatedFoods some ThickPorridge

```

N4-N5

Esta classe representa o nível de disfagia N4-N5, as quais foram atribuídas consistências e alimentos adequados. Nesse nível a consistência adequada é a pastosa e sólida.

Listagem 3 – Apresentação da Lógica de Descrição da Classe *N4-N5*.

```

1 Class:N4-N5
2   EquivalentTo: DisphagiaLevels and
3     (isCompost some Solid) or
4     (isCompost some Pasty) and
5     (isCompost some Solid) or
6     (isCompost some Pasty) and
7     (isCompost some Solid) and
8     (isCompost some Unknown) or
9     (isCompost some Solid) and
10    (isCompost some Unknown)
11 SubClassOf:
12 hasConsistency some ConsistencyPasty
13 hasConsistency some ConsistencySolid
14 hasConsistency only (ConsistencySolid and ConsistencyPasty)
15 hasIndicatedFoods only (Bean_Broth and Cooked_Vegetables
    and Fruit_Soft_Texture and Ground_Beef and Juice and
    and Milk and Milk_Bread and Papacy_Rice and
    Shredded_Beef and Tea)
16 hasIndicatedFoods some Bean_Broth
17 hasIndicatedFoods some Cooked_Vegetables
18 hasIndicatedFoods some Fruit_Soft_Texture
19 hasIndicatedFoods some Ground_Beef
20 hasIndicatedFoods some Juice
21 hasIndicatedFoods some Milk
22 hasIndicatedFoods some Milk_Bread
23 hasIndicatedFoods some Papacy_Rice
24 hasIndicatedFoods some Shredded_Beef
25 hasIndicatedFoods some Tea

```

N6-N7

Esta classe representa o nível de disfagia N6-N7, as quais foram atribuídas consistências e alimentos adequados. Esse nível consiste na deglutição normal, no qual, os indivíduos podem ingerir qualquer tipo de consistência alimentar.

Listagem 4 – Apresentação da Lógica de Descrição da Classe *N6-N7*.

```

1 Class:N6-N7
2   EquivalentTo: DisphagiaLevels and
3     Disphagia_Levels and
4     (isCompost some Liquid) or
5     (isCompost some Liquid) and
6     (isCompost some Pasty) or
7     (isCompost some Liquid) and
8     (isCompost some Pasty) and
9     (isCompost some Solid) or
10    (isCompost some Liquid) and

```

```

11      (isCompost some Pasty) and
12      (isCompost some Solid) and
13      (isCompost some Unknown) or
14      (isCompost some Liquid) and
15      (isCompost some Pasty) and
16      (isCompost some Unknown) or
17      (isCompost some Liquid) and
18      (isCompost some Solid) or
19      (isCompost some Liquid) and
20      (isCompost some Solid) and
21      (isCompost some Unknown) or
22      (isCompost some Liquid) and
23      (isCompost some Unknown)
24 SubClassOf:
25 hasConsistency some ConsistencyPasty
26 hasConsistency some ConsistencySolid
27 hasConsistency some ConsistencyLight
28 hasConsistency only (ConsistencySolid and ConsistencyPasty
      and Consistency_Light)
29 hastypetreatment only (Breads and Cooked_Meats and Fruits
      and Juice and Milk and Raw_Vegetables)
30 hasIndicatedFoods some Breads
31 hasIndicatedFoods some Cooked_Meats
32 hasIndicatedFoods some Fruits
33 hasIndicatedFoods some Juice
34 hasIndicatedFoods some Milk
35 hasIndicatedFoods some Raw_Vegetables

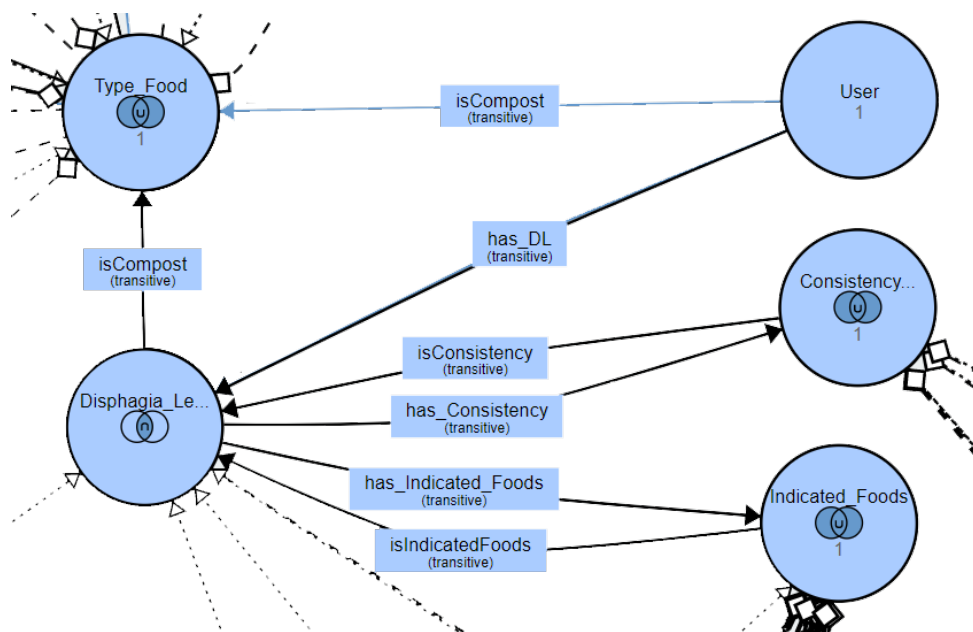
```

Visualização da Ontologia

É possível visualizar a ontologia de forma parcial na **Figura 25**, por meio do WebVOWL. A WebVOWL ³ é uma ferramenta de visualização Web para ontologias. Na visualização destacada na cor vermelha são as classes principais da ontologia acopladas entre si.

³ Disponível em <http://vowl.visualdataweb.org/webvowl.html>

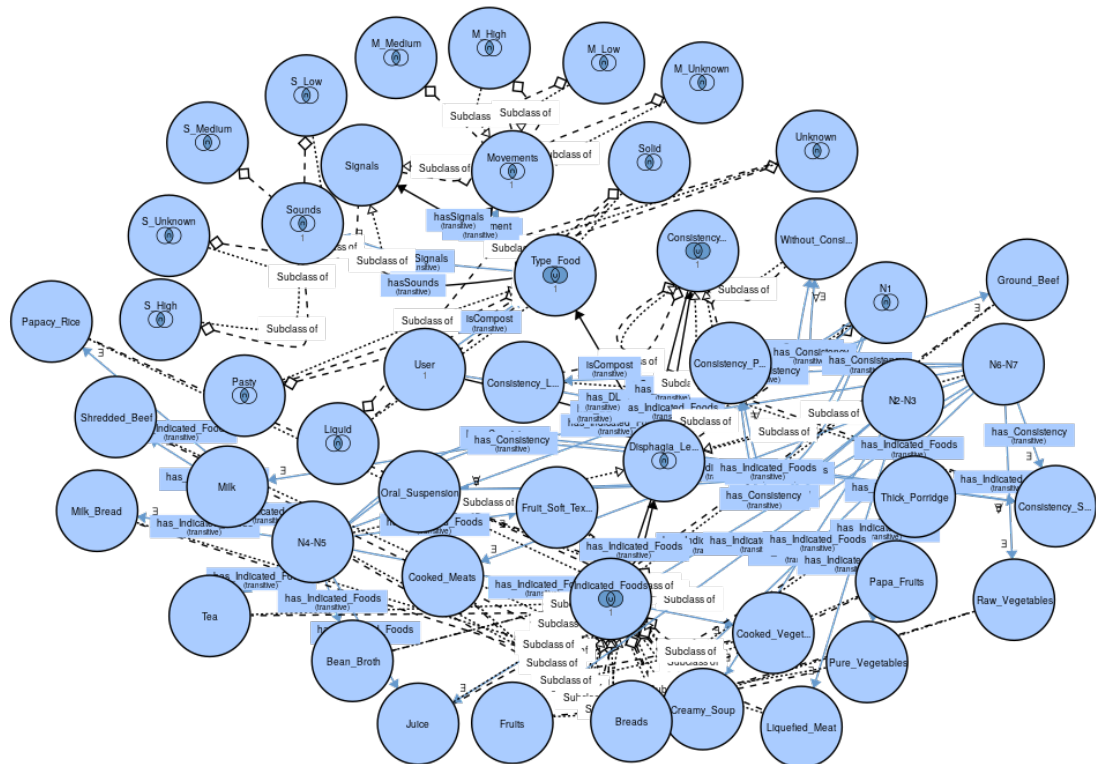
Figura 25 – Visualização parcial da ontologia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na **Figura 26** é possível visualizar a ontologia completa. Na visualização nota-se que todas as classes, subclasses e suas propriedades estão conectadas, assim a ontologia é coesa.

Figura 26 – Visualização completa da ontologia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na **Tabela 10** são apresentados alguns detalhes da ontologia, como: quantidade de classes, propriedades e instâncias.

Tabela 10 – Alguns detalhes da ontologia construída.

Elementos	Quantidade
Axiomas	273
Classes	54
Propriedades de Objetos	9
Indivíduos	11

Fonte: Autoria Própria (2020).

Avaliação da Ontologia

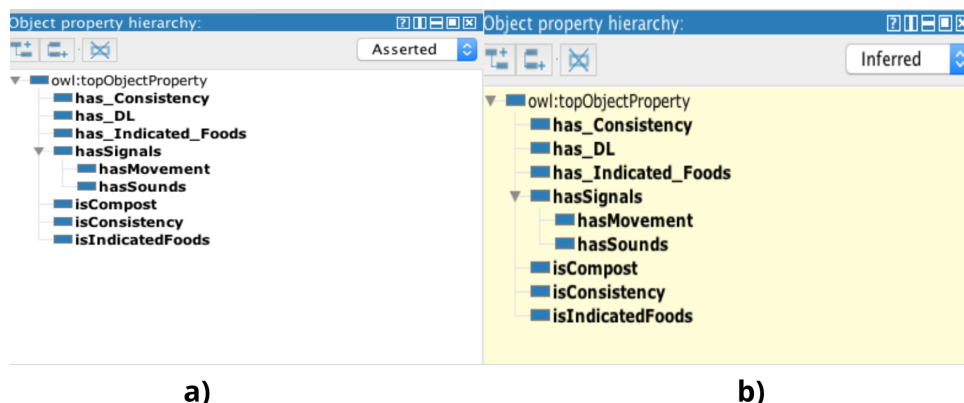
Para avaliar a qualidade da ontologia, foram verificados critérios de completude e consistência, descritos a seguir. Em relação à consistência, verifica-se as definições da ontologia, se estão logicamente corretas. Já em relação a completude verifica-se se a ontologia está realizando as inferências para qual foi construída, se responde às questões de competência definidas no ORSD.

Consistência

Para verificar a consistência de uma ontologia são utilizados mecanismos de inferências. Na ferramenta Protégé são disponibilizados *plug-ins* para diferentes mecanismos de inferências. No trabalho foi utilizado o mecanismo de inferência Pellet ⁴, por ser um mecanismo que implementa várias extensões para linguagem OWL-DL, ser de código aberto e apresentar um bom desempenho (SIRIN *et al.*, 2007). Na **Figura 27** é apresentada a hierarquia declarada das propriedades (*AssertedHierarchy*) e a hierarquia inferida das propriedades (*Infered Hierarchy*). Na **Figura 27 (a)** é a hierarquia das propriedades definidas e na **Figura 27 (b)** é a hierarquia inferida.

⁴ Disponível em <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Pellet>

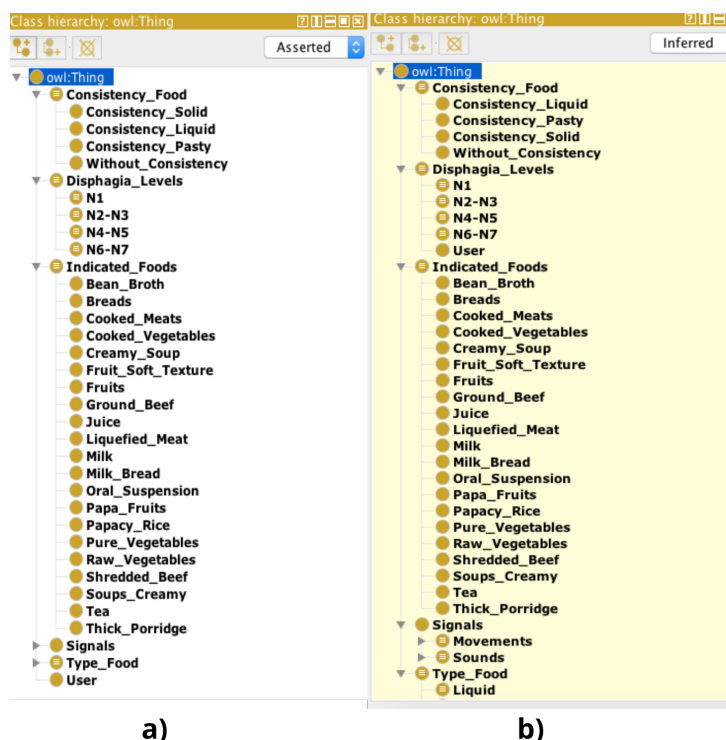
Figura 27 – Visualização da consistência nas hierarquias das propriedades da ontologia.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na **Figura 28**, é apresentada a hierarquia declarada das classes e subclasses (*AssertedHierarchy*). Conforme ilustrado na **Figura 28 (a)**, a hierarquia declarada representa a organização dos conceitos de acordo com o projetista. A hierarquia inferida é ilustrada na **Figura 28 (b)**, que é apresentada após a execução do mecanismo de inferência *Pellet*.

Figura 28 – Visualização de consistência das hierarquias de classe e subclasses da ontologia.



Fonte: Autoria Própria(2020).

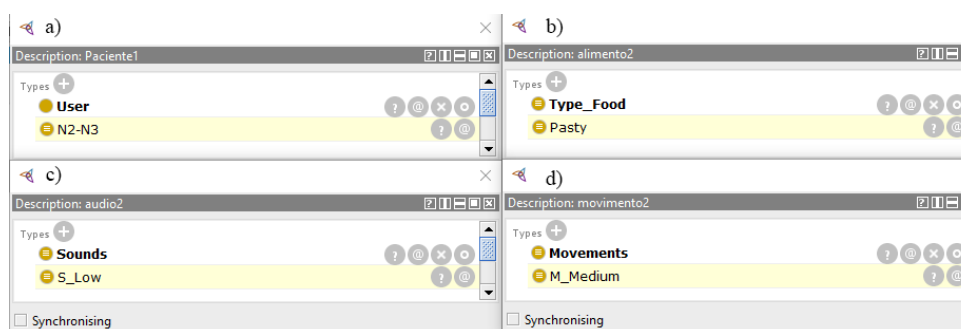
Nesse caso, foi verificado que a ontologia não tem inconsistências, porque as classes, subclasses e propriedades não apareceram destacadas na cor vermelha.

Completude

Verificar a completude da ontologia significa analisar se a ontologia está provendo as respostas para as questões de competência definidas. As questões de competências foram definidas na etapa de determinação de domínio e escopo da ontologia, segundo a metodologia *Ontology Development* 101.

A ontologia desenvolvida por Barbalho (2018) infere, a partir dos dados de áudio e movimento, o tipo de alimento deglutido pelo paciente e o seu nível de disfagia, como observado na Figura 29.

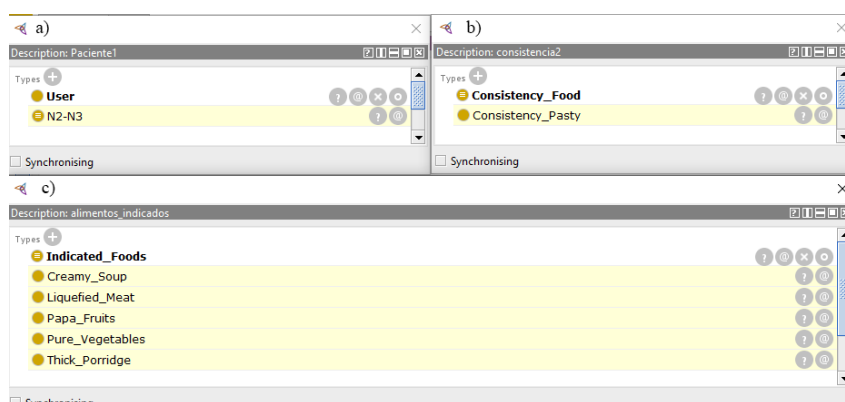
Figura 29 – Resultados das inferências da ontologia: (a) classificação do nível de disfagia; (b) classificação do alimento; (c) classificação do áudio; (d) classificação do movimento.



A instância “movimento2”, diante dos seus valores, foi classificada como “MMedium”. A instância “audio2”, diante dos seus valores foi classificada como “SLow”. A instância “alimento2” que possui relações com as instâncias “movimento” e “audio”, foi classificada como “Pasty”, diante que esse nível é o mais crítico, no qual, é restrito totalmente ingestão por via oral. Assim, a partir da classificação do tipo de alimento, a instância “Paciente1” foi classificada como “N2-N3”.

Para este trabalho a ontologia deveria classificar os alimentos indicados e a consistência adequada dos alimentos para os pacientes, a partir do nível de disfagia do paciente N2-N3. Na **Figura 30** são apresentados esses resultados de acordo com nível de disfagia N2-N3.

Figura 30 – Resultados das inferências da ontologia: (a) classificação do nível de disfagia N2-N3; (b) classificação da consistência dos alimentos de acordo com nível N2-N3; (c) classificação dos alimentos indicados de acordo com nível N2-N3.



Assim, a ontologia responde às questões de competência. Na **Figura 31** é apresentada a classificação de um dos resultados de um paciente real, após inferência do nível de disfagia N2-N3.

Figura 31 – Visualização no sistema Web das informações classificadas.

Sistema de Monitoramento de Ingestão de Alimentos - sMIA

Início

Início

Paciente

Fonoaudiólogo

Nutricionista

Pesquisar Pacientes por ID

ID:

Buscar

Triagem

Informações dos Pacientes	
Id	Nome
1	P1
1	P1
1	P1

Id (Código de identificação)	1
Idade do paciente	80
Nome do paciente	P1
Classificação do risco de disfagia	High
Classificação do nível de disfagia	N2_N3
Obstruções durante o processo de ingestão alimentar	NO
Tipo de Alimento Deglutido	Pasty
Duração do processo de ingestão alimentar	49.092
Data-hora do processo de ingestão alimentar	2019-04-15 08:31:21
Algumas consistências sugeridas	Consistency_Pasty
Alguns alimentos sugeridos	Creamy_Soup, Liquefied_Meat, Papa_Fruits, Pure_Vegetables, Thick_Porridge

Desenvolvido pelo Grupo de Engenharia de Software(GES)

Observa-se que também é apresentado se o paciente sofreu obstruções ao longo da ingestão alimentar, que foi classificado como “NO”, que corresponde que não foi sofreu obstruções. A seguir são descritos os detalhes desse módulo.

5.3.3 Uso de lógica fuzzy para detecção de obstruções durante o processo de ingestão alimentar

Esse módulo foi desenvolvido no trabalho de (SANTOS, 2019), que é parte integrante deste trabalho. No trabalho, foi desenvolvido um algoritmo de inferência fuzzy por meio do arquivo .fcl, um padrão para programação de algoritmos *fuzzy*.

Na primeira etapa do algoritmo é determinado e realizado a *fuzzificação* das variáveis. Estas variáveis foram determinadas conforme a captura dos dados de movimento e som. A *fuzzificação* dos dados de entrada tem como objetivo criar termos linguísticos para representar os conjuntos *fuzzy* de entrada. As variáveis de entrada são divididas em intervalos essenciais à determinação do seu grau de pertinência nos conjuntos *fuzzy*. Esses intervalos foram determinados a partir de experimentos realizados na captura e análise de dados de voluntários saudáveis. Os voluntários ingeriram um copo de 200ml de água, um iogurte e uma bolacha do tipo água e sal. Durante os experimentos, foram realizadas simulações de algumas obstruções (tosses) para que fosse gerada uma vasta gama de dados para determinar com maior precisão a base de regras, validar a aplicabilidade do algoritmo desenvolvido, além de refinar a segurança dos resultados obtidos.

Na segunda etapa, foi realizada a *defuzzificação* da variável de saída, que corresponde ao resultado final, ou seja, a presença ou ausência de obstrução. Essa fase consistiu em determinar os termos linguísticos e seus respectivos intervalos dos conjuntos fuzzy para as saídas do algoritmo, bem como o método de *defuzzificação* a ser utilizado. Para este trabalho, foi escolhido o Centro de Área. Na terceira etapa foi determinada a base de regras *fuzzy*, que aplica a estrutura de raciocínio através da tradução matemática de cada proposição, analisando as entradas e determinando as saídas do algoritmo. Ou seja, após a *fuzzificação* das variáveis entradas e *defuzzificação* da variável de saída, é possível determinar em que conjunto *fuzzy* de saída os dados inseridos. Desse modo, é feita uma correlação dos conjuntos *fuzzy* de entrada através de regras: SE ENTÃO. As regras são do tipo:

REGRA 1: SE (som é A1 E movimento é B1) ENTÃO (obstrução é C1).

REGRA 2: SE (som é A2 E movimento é B2) ENTÃO (obstrução é C2).

...

REGRA N: SE (som é An E movimento é Bn) ENTÃO (obstrução é Cn).

Após todas as etapas do algoritmo *fuzzy*, é retornado um valor real referente ao resultado da inferência realizada, esse valor tem um termo linguístico associado (“YES” ou “NO”) que se refere a presença ou não de obstrução. Após a inferência a resposta é armazenada no banco de dados para posteriores coletas e visualizações na informação.

5.3.4 Visualização das Informações Alimentares dos indivíduos

Nesse módulo, são verificadas as informações recomendadas pelo sistema por meio da ontologia em relação às consistências e alimentos adequados à condição clínica do paciente. Além de visualizar as informações recomendadas, o profissional pode realizar ações básicas como de alterar, criar, excluir e atualizar as informações.

5.3.5 Módulo de Verificação de Risco Nutricional

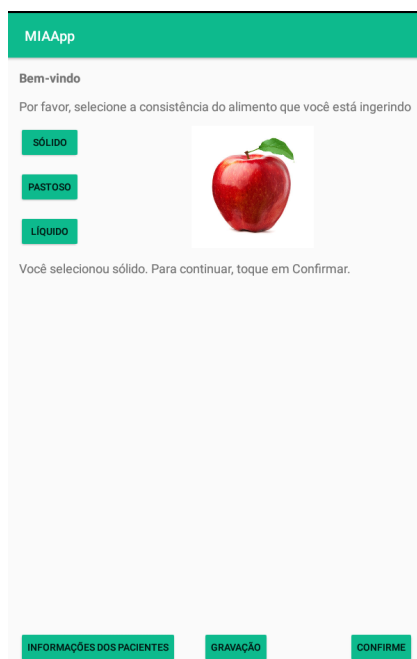
Nesse módulo não foram utilizadas técnicas inteligentes de análises das informações, pois as informações são completas e concisas. A triagem utilizada para os idosos foi recomendada por um nutricionista por meio de conversas, no qual, em seu ambiente de trabalho faz uso dessa triagem para verificar se o paciente apresenta risco de desnutrição. A triagem desenvolvida neste trabalho depende da idade do indivíduo. Para idade maior ou igual ao valor de 60 é recomendado o uso da triagem voltada para os idosos, a triagem utilizada é a MAN (do inglês, *Mini Nutritional Assessment*) que é bastante recomendada para indivíduos idosos, definida como um ótimo instrumento de triagem desses indivíduos (CAVALCANTE; COUTINHO; BURGOS, 2017). Na triagem é verificada uma quantidade de pontos, se o paciente apresenta entre 12-14 pontos o estado nutricional é considerado normal. Se for entre 8-11 pontos está sob risco de desnutrição e de 0-7 é considerado desnutrido. Se o paciente apresenta a condição de: sob risco de desnutrição e desnutrição, o sistema recomenda a avaliação mais global dessa triagem (VELLAS *et al.*, 1999).

Já se a idade é menor que o valor de 60 foi utilizado o Instrumento Universal de Triagem de Desnutrição (do inglês, *Malnutrition Universal Screening Tool- MUST*), que é uma triagem indicada para o uso em indivíduos adultos, com alto grau de confiabilidade, com objetivo também de identificar a desnutrição, e é uma ferramenta validada na literatura (SANTOS *et al.*, 2016). Essa ferramenta consiste em pontuações também, se ao final a pontuação for igual ao valor 0 então o indivíduo apresenta um baixo risco de desnutrição, se for igual a 1 apresenta médio risco e se for igual a 2 ou superior o indivíduo está com alto risco de desnutrição.

5.4 Plataforma Móvel

Essa plataforma é voltada para os pacientes e foi desenvolvida para o sistema operacional Android utilizando o Android (SDK) (do inglês, *Software development kit*) e a linguagem de programação Java, o ambiente de execução utilizado foi o Android Studio. Na **Figura 32**, é apresentada a tela inicial da plataforma móvel.

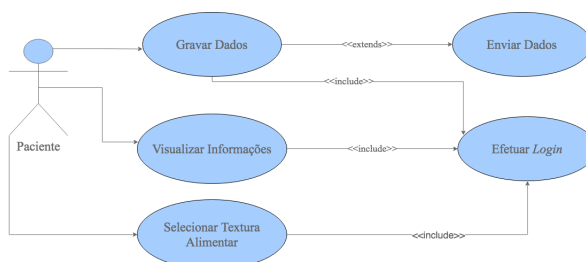
Figura 32 – Tela principal da plataforma móvel.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na aplicação móvel, a tela principal exibe a confirmação da textura deglutida, de gravação dos dados e das informações dos pacientes. O sistema também foi desenvolvido nos idiomas Inglês e Português, que são mostrados na tela inicial. Na **Figura 33** são ilustrados os principais diagramas de casos de uso que envolvem o ator paciente.

Figura 33 – Principais caso de uso (Paciente).



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na **Figura 34** é apresentado um diagrama de sequência da plataforma móvel. Observam-se as sequências das funcionalidades e as interações entre as mesmas. Inicialmente, o paciente insere o seu CPF já cadastrado pelo fonoaudiólogo e depois ele pode utilizar das funcionalidades disponibilizadas.

Figura 34 – Diagrama de sequência da plataforma Web.



Fonte: Autoria Própria (2020).

5.4.1 Módulo de Verificação das Informações

As informações são integradas por meio do banco de dados MySQL. Assim, quando as informações são classificadas pelas técnicas de inteligência artificial e são enviadas para o banco MYSQL, automaticamente são enviadas tanto para a plataforma Web como para a plataforma móvel, retornando as informações específicas de cada plataforma. Na plataforma móvel, são enviadas a partir do cadastro do usuário na plataforma Web por meio do seu CPF. Na **Figura 35**, são apresentadas as informações no sistema móvel, de acordo com seu caso clínico.

Figura 35 – Informações das técnicas alimentares adequadas a partir do nível N2-N3.



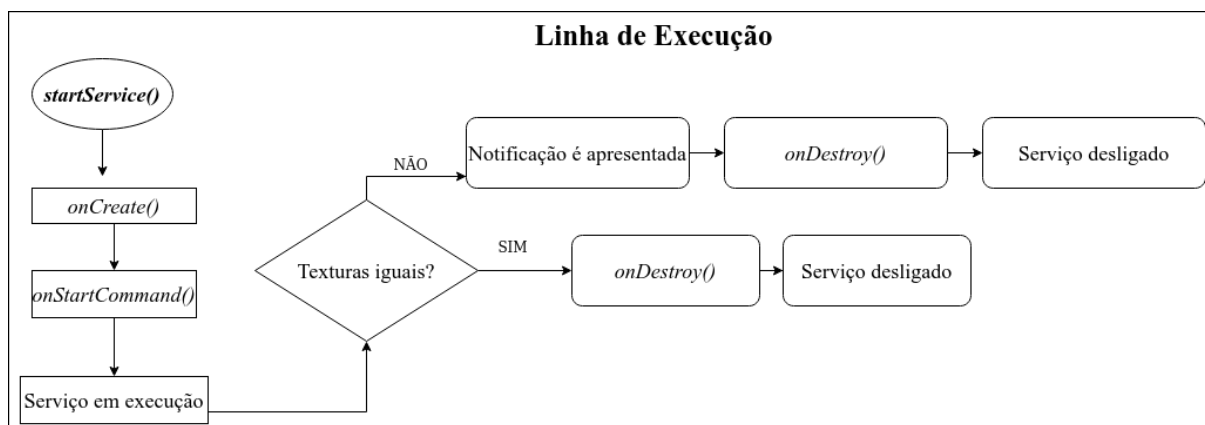
Fonte: Autoria Própria (2020).

5.4.2 Módulo de Confirmação da Textura Alimentar

Após a realização de alguns testes nas classificações fornecidas pelo sistema, foi verificado alguns erros para classificação do tipo de alimento deglutido. Para aperfeiçoar o desempenho nas informações fornecidas, foi implementada uma funcionalidade em que o paciente confirma a textura alimentar ingerida e o sistema realiza a classificação da textura por meio dos dados capturados. A textura confirmada pelo paciente e a classificação do sistema são comparadas. Caso não sejam iguais é enviada uma notificação para o paciente para que confirme se realmente é a textura que ele está ingerido. Caso não seja, o fluxo da aplicação retorna à página inicial para que ele confirme novamente e, caso seja confirmada, a notificação desaparece. Essa notificação é uma forma de monitorar as informações fornecidas pelo sistema para seu aprimoramento.

Para ativar essas notificações foi desenvolvida uma linha de execução composta de um serviço dentro dela. Essa linha é importante para que o aplicativo desempenhe multitarefas simultaneamente. O serviço é criado e destruído pela linha por um determinado tempo. O objetivo é que se tenha o controle dos processos executados no dispositivo móvel e que ao final se tenha uma melhoria no desempenho nas funcionalidades do aplicativo. Na **Figura 36**, é apresentado um fluxograma com os principais métodos do serviço. Os métodos principais do serviço, são: *startService ()*, *onCreate()*, *onStartCommand ()* e *onDestroy ()*, esses métodos são comuns em todo desenvolvimento do serviço. Quando o serviço está sendo executado é verificado se as informações das texturas se coincidem e é realizado a tarefa de notificação ou não.

Figura 36 – Fluxograma da linha de execução com um serviço.



Fonte: Autoria Própria (2020).

5.5 Discussão

O sistema de apoio à decisão clínica apresenta diferentes fins voltados para diferentes *stakeholders* com objetivo de auxiliar nas suas tomadas de decisões, e contribuir na segurança e comodidades das informações fornecidas por esses profissionais para os pacientes são importantes. Para isso, foram usadas diferentes técnicas de inteligência artificial, e cada técnica, e módulo criado foram descritos juntamente com seus resultados. No próximo capítulo, será descrita a validação da utilidade do sistema.

6 VALIDAÇÃO

6.1 Introdução

Este capítulo apresenta o processo de validação do sistema desenvolvido, a fim de validar em ambiente real a sua aplicabilidade. Para esse processo teve-se a aprovação do Comitê de Ética¹ em Pesquisa (CEP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Para o estudo não foi considerada uma triagem rigorosa quanto às características étnicas, de gênero ou grupos sociais dos participantes. Cada participante assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O processo de validação consistiu em duas fases. A primeira fase de validação foi realizada com pacientes portadores de doenças relacionadas à disfagia. Para validação, foram definidos alguns critérios para inclusão dos indivíduos no estudo: possuir algum tipo de patologia relacionada à dificuldade na deglutição (disfagia); disposição para realização dos testes e que tivessem condições de realizar o processo de ingestão alimentar via oral. Essa parte teve o apoio Centro de Oncologia e Hematologia de Mossoró (COHM) através da Liga Mossoroense de Estudos e Combate ao Câncer (LMECC), que disponibilizou o sistema utilizado por eles com um módulo de acesso aos dados para estudantes de pesquisa. Foram realizadas diferentes pesquisas no sistema para identificação dos pacientes diagnosticados com disfagia. Algumas limitações foram encontradas, por exemplo, alguns dos casos encontrados já tinham falecido ou não poderiam sair do ambiente domiciliar. Mas, foram encontrados quatro casos que estão em acompanhamento na LMECC para reabilitação da disfagia e esses foram utilizados na pesquisa. Foram realizados testes de ingestão alimentar com esses casos de acordo com seu caso clínico.

A segunda fase compreendeu uma validação prévia do sistema. Uma etapa que está em andamento, pois foi realizada apenas com um fonoaudiólogo. Esse fonoaudiólogo é quem acompanha esses quatro casos na LMECC. O fonoaudiólogo utilizou o sistema e avaliou a usabilidade, por meio das respostas fornecidas no questionário de usabilidade aplicado. Foi dada sugestões de como aperfeiçoar melhor as informações do sistema, no qual, aprovou o módulo e destacou a importância das informações em relação às durações dos alimentos ingeridos, diante que no seu cotidiano visualiza e controla de forma manual. Esses componentes são discutidos em detalhes ao longo da descrição do capítulo.

¹ Número de Parecer: 2.332.026

6.2 Estudos de Caso com Pacientes Diagnosticados com Disfagia

6.2.1 Contextualização dos experimentos

Os dados foram capturados a partir de experimentos com um grupo de quatro pacientes do COHM através da LMECC. Ao todo, quatro indivíduos, todos portadores de alguma doença relacionada à disfagia, que tiveram o sexo omitido, foram convidados a participar do experimento, no qual se obteve êxito na gravação dos dados. Durante o experimento, o equipamento de giroscópio e acelerômetro esteve posicionado na altura da mandíbula, e o laringofone foi posicionado no pescoço dos voluntários. Na **Tabela 11**, são apresentados as condições clínicas dos indivíduos.

Tabela 11 – Descrição dos pacientes voluntários com patologias.

Paciente	Idade	Condição Clínica
Paciente 1	Superior a 60 anos	Mais de 60 anos, portador de câncer de faringe, com reações de radioterapia.
Paciente 2	Superior a 60 anos	Mais de 60 anos, portador de câncer na tireoide, com reações de radioterapia.
Paciente 3	Superior a 60 anos	Mais de 60 anos, portador de disfagia decorrente de câncer nas cordas vocais, só consegue se alimentar de alimentos pastosos.
Paciente 4	Superior a 60 anos	Mais de 60 anos, portador de tumor na garganta e passa por quimioterapia.

Fonte: Autoria Própria (2020).

O ambiente de experimentação foi configurado como segue: os voluntários foram posicionados sentados, mantiveram-se em silêncio durante a captura dos dados e foram cadastrados no sistema. É importante ressaltar que houve um acompanhamento de um fonoaudiólogo ao longo dos experimentos. Cada paciente ingeriu alimentos de acordo com sua condição, dessa forma a seguir é descrito o que cada um ingeriu.

- O paciente 1 ingeriu uma bolacha do tipo "maisena" (alimento do tipo sólido), esse tipo precisa do processo de mastigação do alimento;
- O paciente 2 ingeriu apenas água (alimento do tipo líquido), e esse tipo requer pouco da função de mastigação;
- O paciente 3, ingeriu água com espessante (alimento do tipo pastoso). Esse tipo não é líquido o suficiente para a falta da função de mastigação e não é sólido o suficiente para existir uma função de mastigação, ou seja, pode ser considerado como um meio-termo entre os alimentos líquidos e sólidos;

- O paciente 4 ingeriu água(alimento do tipo líquido) com bastante dificuldade e apresentou uma obstrução(tosse) ao longo do processo de ingestão alimentar.

O Paciente 4, ingeriu a água com bastante dificuldade, com várias pausas para ingerir, com estado bem debilitado. Na **Tabela 12**, é possível apresentar os resultados dos pacientes.

Tabela 12 – Resultados dos pacientes voluntários com patologias.

Paciente	Tipo de alimento deglutido	Tipo de alimento classificado pelo sistema	Nível de disfagia classificado pelo sistema	Informação de Obstrução
Paciente 1	Sólido	Sólido	N4_N5	Não
Paciente 2	Líquido	Líquido	N6_N7	Não
Paciente 3	Pastoso	Pastoso	N2_N3	Não
Paciente 4	Líquido	Pastoso	N2_N3	Sim

Fonte: Aatoria Própria (2020).

Em relação ao Paciente 4, aconteceu um erro na classificação do tipo de alimento ingerido. Era esperado que fosse classificado como alimento líquido e classificou-se como pastoso. Isso pode ter acontecido, devido ao fato de que o paciente ao longo dos experimentos realizou conversas e foram cometidas várias pausas para inserção do alimento. Os demais experimentos com os outros pacientes, apresentaram resultados satisfatórios e esses resultados foram apresentados ao fonoaudiólogo que acompanha os casos.

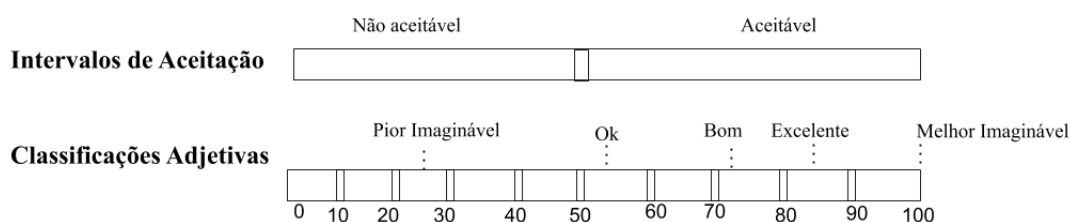
6.3 Opinião do Especialista de Domínio

Para realização de testes de usabilidade do sistema foi utilizado a escala de usabilidade SUS. Essa escala, é composta de dez questões subjetivas (JORDAN *et al.*, 2014). A escala SUS é uma escala *Likert*, com declarações nas quais os participantes indicam um nível de concordância ou discordância nas questões. Suas declarações abrangem uma variedade de aspectos de usabilidade do sistema, tais como, facilidade de usar o sistema, necessidade de suporte e facilidade de aprendizagem ao manusear o sistema. A pontuação do SUS, funciona da seguinte forma. Primeiro são somadas as pontuações de cada questão, onde a escala varia entre 1 e 5. Para as questões 1,3,5,7 e 9 que são questões ímpares, é o valor da posição na escala da questão menos o valor 1. Já para as questões 2,4,6 e 8, que são questões pares é o valor 5 menos a posição que está na escala da questão. A pontuação final é a soma das pontuações de cada questão de acordo com o tipo se é ímpar ou par e

ao final multiplica-se pelo valor de 2,5 para obter o valor global do SUS em uma escala de 0 a 100.

Na **Figura 37** são apresentadas as pontuações do valor gerado ao final pelo SUS, e está representada em uma escala de pontuações consideradas satisfatórias ou não.

Figura 37 – Escala de classificação das pontuações SUS.



Fonte: Adaptado de (BANGOR; KORTUM; MILLER, 2009).

6.3.1 Contextualização do Experimento

O objetivo desse experimento foi de testar o sistema com um profissional da área para identificação de possíveis erros no seu manuseio. O experimento foi realizado com apenas um profissional de área, o qual auxiliou na construção do sistema. O O profissional tem um conhecimento em informática, intermediário.

Inicialmente, foi explicado o funcionamento do sistema, apresentou-se toda sua estrutura. Após essa explicação, foi apresentado o sistema para o profissional para que explorasse as funcionalidades. O pesquisador deste trabalho ficou no ambiente acompanhando o uso desse profissional para analisar as dificuldades ao longo do manuseio. Ao final do experimento, foram realizados alguns questionamentos no protocolo da triagem e foi corrigido para melhor auxiliar esses profissionais e o profissional respondeu o questionário SUS.

6.3.2 Resultados e Discussão da Validação

Os dados das respostas do profissional de saúde, são apresentados na **Tabela 13**. Na segunda coluna à esquerda estão as respostas sem as pontuações das questões ímpares ou pares. Na na outra coluna ao lado estão as respectivas pontuações se forem questões ímpares ou pares.

Tabela 13 – Respostas do profissional de saúde.

Questões	Afirmações sem pontuação	Afirmações com pontuação
1. Eu acho que eu gostaria de usar este produto com frequência.	2	1
2. Eu acho este produto desnecessariamente complexo.	1	4
3. Eu acho que este produto é fácil de usar.	1	0
4. Eu acho que eu poderei precisar de suporte técnico pra poder usar este produto.	2	3
5. Eu acho que as várias funções deste produto estão bem integradas.	1	0
6. Eu acho que tem muita inconsistência neste produto.	2	3
7. Eu imagino que a maioria das pessoas poderia aprender a usar este produto muito rapidamente.	1	0
8. Achei o produto muito complicado de usar	4	1
9. Eu me senti muito confiante de usar o produto.	1	0
10. Eu precisaria aprender muitas coisas antes que eu possa sair usando esse sistema.	2	3
		Total=75

Fonte: Aatoria Própria (2020).

De acordo com a escala apresentada na **Figura 37**, pontuações acima de 70 podem ser consideradas satisfatórias. Com base nessa escala a pontuação atingida foi de 75 pontos. Portanto, o sistema atingiu objetivo de satisfação esperado, mas levando em consideração apenas a opinião de um profissional. Sendo assim, a pontuação deve aumentar para se ter um maior nível de satisfação dos usuários do sistema.

6.4 Discussão

Neste capítulo foi descrita a validação do sistema, que ocorreu em duas fases. Na primeira realizou-se à validação com um grupo de quatro indivíduos voluntários portadores de doenças relacionadas à disfagia. Foram definidos critérios para inclusão dos indivíduos no estudo, a condição clínica em que se encontravam e os tipos de alimentos adotados nos experimentos. Com os experimentos, perceberam-se alguns fatores importantes do equipa-

mento e dos resultados gerados pelos sistema e os esperados. Em relação ao equipamento, precisa-se deixar mais confortável para o usuário. Dos quatro indivíduos analisados, apenas um teve resultados divergentes do esperado de acordo com o sistema. No qual, teve-se um erro no tipo de alimento ingerido. Esse indivíduo, foi o único que sofreu obstruções ao longo do processo.

A outra fase compreendeu a análise da usabilidade, para analisar a usabilidade prévia do sistema, no qual, foi analisado o sistema por um profissional de saúde (fonoaudiólogo) que acompanhou a pesquisa em determinados momentos. O profissional respondeu a um questionário validado e bem difundido na literatura que tem como objetivo indicar o grau de satisfação pelo uso do sistema por meio de pontuações. A pontuação final foi de 75 pontos, sendo considerado satisfatório, mas tem uma limitação na afirmação desse resultado, diante que foi o resultado de apenas um profissional. Sendo necessários mais testes com outros, assim essa etapa dos experimentos está em andamento.

7 CONCLUSÃO

7.1 Sumário de Pesquisa

Este trabalho, apresenta um sistema de apoio à decisão clínica para auxiliar na triagem e monitoramento da disfagia orofaríngea. Este sistema oferece suporte para os estágios iniciais de avaliação dos indivíduos com suspeita de disfagia até um monitoramento remoto da sua condição clínica. Para isso, foram usadas diferentes técnicas de inteligência artificial: ontologias, lógica *fuzzy* e aprendizagem de máquina. As técnicas utilizadas foram descritas ao longo deste trabalho, com seus respectivos resultados. Como apresentado no **Capítulo 1**, este trabalho seguiu a metodologia *Design Science*, no qual, foi delineado o projeto de pesquisa, que buscou compreender e identificar os pontos essenciais dos problemas da pesquisa, como forma de resolução destes. As principais contribuições e resultados obtidos com esta pesquisa, podem ser verificados por meio das respostas fornecidas nas questões de pesquisa que norteiam esta pesquisa. As questões são divididas em subquestões: de conhecimento, tecnológicas e práticas. As questões e suas respostas são apresentadas a seguir.

Questão de Conhecimento: *Quais são os requisitos para construção de um Sistema de Apoio à Decisão Clínica para triagem e monitoramento remoto de indivíduos com Disfagia Orofaríngea?*

Essa questão é subdividida em subquestões mais específicas de conhecimento, que foram respondidas por meio de pesquisas em bases de dados e também por meio de informações fornecidas por profissionais de saúde.

(Descritiva) Quais são os protocolos existentes de triagem para verificar a ausência ou presença de disfagia?

Para responder essa questão investigou-se inicialmente em um ambiente real, como é realizado o processo de avaliação inicial para verificação do risco de disfagia em indivíduos com suspeita. Foram observados dois ambientes reais com dois fonoaudiólogos diferentes para cada ambiente e os dois adotaram protocolos distintos. Questionou-se sobre as avaliações diferentes e os mesmos responderam que cada profissional têm a sua forma de avaliação, que varia muito de cada ambiente hospitalar. Um dos fonoaudiólogos realiza perguntas do processo de mastigação e posteriormente já realiza a avaliação mais detalhada do processo de ingestão para identificação do nível de disfagia. O segundo fonoaudiólogo verifica a condição clínica do paciente, realiza perguntas de

aspectos da mastigação e deglutição dos alimentos e posteriormente segue para avaliação mais detalhada para identificação do nível de disfagia. Dessa forma, buscou-se identificar na literatura outras formas de avaliação e verificou-se que é essencial para identificação do risco de disfagia realizar a análise de alguns fatores, tais como a condição clínica e alguns sinais clínicos do processo de ingestão alimentar. Como uma forma de fortalecer a validação da triagem foi usado um protocolo de triagem bastante difundido na literatura (EAT-10). Toda a triagem foi analisada por um dos fonoaudiólogos que contribuiu com algumas informações para construção do modelo, por exemplo, na relação da condição clínica foi especificado que se têm as condições decorrentes de disfagia neurogênica e disfagia mecânica.

(Descritiva) Quais são as condutas alimentares adequadas aos pacientes disfágicos de acordo com seu nível de disfagia?

Nessa questão também foram analisados em ambiente real como é realizada a classificação das consistências dos alimentos indicados para indivíduos com disfagia. Algumas consultas foram observadas e foi verificado que após a identificação do nível de disfagia o fonoaudiólogo repassa para o nutricionista a consistência alimentar adequada à condição clínica do indivíduo, tais como, consistência pastosa, consistência líquida e consistência sólida. O nutricionista fica responsável por montar as receitas e os alimentos adequados a sua condição clínica.

(Descritiva) Quais são as formas de triagem para verificar o risco de desnutrição?

Nessa questão, buscou-se por triagens que verificassem o risco nutricional. O nutricionista que auxiliou nessa pesquisa, indicou o uso do MAN para ser utilizada em indivíduos idosos, por ser bastante recomendada e sua eficiência na identificação do risco de desnutrição. Outras foram verificadas para indivíduos adultos, e a MUST é bastante difundida e utilizada.

(Descritiva) Quais opções ou modelos de sistemas de apoio à decisão clínica no contexto da disfagia são atualmente catalogados na literatura?

Nessa questão realizou-se uma revisão integrativa na literatura e foi observado que se tem alguns modelos. Foram identificados seis trabalhos para diferentes fins: avaliação ou monitoramento da deglutição para detecção da disfagia, previsão da disfagia e auxiliar na reabilitação da disfagia ou no seu manejo. Foram identificadas formas de validações, métodos, técnicas e ferramentas nos sistemas.

Questão Tecnológica: *Como projetar/implementar a arquitetura do sistema de apoio à decisão clínica?*

Essa questão é subdividida em subquestões mais específicas, que foram respondidas por meio de revisões na literatura.

(Descritiva) Quais são os requisitos funcionais do sistema?

O sistema é para as duas plataformas com diferentes *stakeholders*. Assim, tem-se requisitos funcionais para cada plataforma. Na plataforma Web, pode-se realizar a triagem, verificar informações como: consistência alimentar de acordo com o nível de disfagia, alimentos indicados e obstruções. Pode-se ainda alterar os alimentos indicados pelo sistema, montar receitas e realizar triagem para verificação do risco nutricional. Já em relação a plataforma móvel os pacientes podem: confirmar a textura alimentar ingerida, verificar informações de acordo com sua condição clínica e podem receber notificações de confirmação da textura ingerida, caso não seja a mesma ingerida pelo sistema.

(Descritiva) Quais ferramentas e linguagens utilizar no desenvolvimento do sistema?

Foram usadas diferentes ferramentas, linguagens e técnicas de IA. Em relação ao uso de ontologias, para o seu desenvolvimento utilizou-se a ferramenta Protégé e a linguagem OWL-DL. Em relação ao aprendizado de máquina com o comitê de classificador, fez uso da ferramenta Eclipse por meio da linguagem JAVA. E para uso da lógica *fuzzy* também fez uso da ferramenta Eclipse e a linguagem JAVA. E em relação ao desenvolvimento da aplicação móvel para os pacientes, foi usada a ferramenta Android Studio com a linguagem JAVA para manipulação dos dados do sistema.

Todo o sistema faz uso do banco de dados MYSQL, ou seja, todos os dados do sistema estão integrados e compartilhados por meio do uso desse banco.

(Descritiva) Considerando que o sistema seja baseado em técnicas de inteligência artificial, como desenvolver o sistema baseado nessas técnicas?

O *framework* Jena (Apache) foi usado para implementar a conexão da ontologia com o sistema Web. Já em relação ao aprendizado de máquina, foi usada a API Weka para o sistema Web desenvolvido. E para manipulação de lógica *fuzzy* no sistema Web foi construída uma API *fuzzy*.

Questão Prática: Como avaliar se o sistema auxilia no monitoramento e triagem de pacientes com Disfagia Orofaríngea?

Essa questão é subdividida em subquestões mais específicas práticas.

(Satisfação de Requisitos) O sistema apresenta um desempenho satisfatório nas respostas fornecidas?

Para medir o desempenho nas respostas fornecidas pelo sistema, foram realizados testes de conformidade em cada módulo do sistema. Foi verificado que as respostas fornecidas pelo sistema eram as esperadas.

(Satisfação de Requisitos) Os resultados obtidos atendem aos requisitos de usabilidade?

Para isso foi aplicado o *System Usability Scale*, que é uma forma de avaliar a usabilidade do sistema, no qual um profissional de saúde respondeu o questionário e o resultado foi considerado satisfatório de forma inicial. Para se chegar a essa conclusão final é necessário um número maior de opiniões de profissionais.

(Descritiva) Como será o processo de validação do sistema em indivíduos com disfagia?

Foram realizados experimentos por meio da verificação do processo de ingestão alimentar, no qual, foram verificados em 4 indivíduos com patologias relacionadas a disfagia.

(Descritiva)(Satisfação de Requisitos): As soluções geradas pelo sistema são aceitas pelos profissionais de saúde?

Nessa questão, foi verificado com dois profissionais de saúde, e os mesmos por meio de conversas nas consultas consideraram o sistema útil e aplicável no seu cotidiano. Pois o sistema têm um impacto significativo para o monitoramento da ingestão alimentar dos casos de disfagia, no qual permite um controle á distância de todos os casos avaliados pelos profissionais, assim pode otimizar o processo de monitoramento da disfagia. Um dos profissionais destacou a importância de saber a duração da mastigação e deglutição dos alimentos, já que verifica muito de forma informal. Segundo ele é um dado importante para verificar o tanto que estão demorando para deglutir e ingerir os alimentos. Assim, o sistema pode agilizar o processo decisório e dá mais confiabilidade na tomada da decisão.

7.2 Contribuições

A principal contribuição deste trabalho é otimizar o processo decisório relacionado a triagem e monitoramento da disfagia. Para isso foi desenvolvido um sistema que faz uso de diferentes técnicas de IA. Fez uso de ontologias para representação de conhecimentos dos profissionais de saúde e da literatura, no qual foi modelado os conhecimentos para o domínio da disfagia. Foi desenvolvido um modelo de triagem para verificação automática do risco de disfagia. Esse modelo reuni diferentes aspectos: sinais clínicos, uma ferramenta validade e condição clinica no qual o indivíduo se encontra. Foi desenvolvida uma funcionalidade por meio de lógica *fuzzy* para identificação de obstruções nos indivíduos. E tudo integrado por diferentes APIs e o banco de dados MYSQL. Ou seja, permitiu reunir conhecimentos

teóricos e práticos dos profissionais e transformar em ações concretas nas decisões dos profissionais, que possa auxiliar no seu processo decisório.

Outra contribuição é que este trabalho permitiu englobar diferentes áreas, sendo interdisciplinar e socialmente relevante. No cunho da área da saúde, permite auxiliar os profissionais de saúde no monitoramento remoto dos pacientes disfágicos. Diante, que nos casos acompanhados, esses profissionais não tem o controle dos seus pacientes fora do ambiente hospitalar. Além das contribuições, foram identificados algumas limitações: o sistema móvel é apenas para plataforma Android. Outra limitação é em relação a um manual de ajuda dos sistemas tanto para os profissionais de saúde como para os pacientes. E outra contribuição é o impacto do uso do equipamento de forma não-invasiva.

Este trabalho ainda pode ser explorado em diferentes perspectivas. Primeiramente, a validação da utilidade do sistema pode ser reforçada mediante a participação de um número maior de profissionais da saúde. No trabalho em relação as técnicas de reabilitação utilizadas, foi usado apenas as técnicas adaptativas e pode-se explorar as técnicas compensatórias e de reconstituição para auxiliar na reabilitação dos pacientes de forma remota. Em relação ao módulo dos nutricionistas, pode ser aperfeiçoada através da inserção de alertas que permitam notificar se os pacientes estão melhorando sua condição nutricional, por meio das informações do seu processo de ingestão alimentar. Que possa ser realizado mais testes em ambiente real com pacientes diagnosticados com disfagia. Pretende-se implementar um *chat* no sistema, que permita realizar comunicações entre os pacientes e profissionais de saúde. A inserção de outros módulos é outro ponto a ser explorado, como de psicologia e fisioterapia. E que possa realizar diferenças entre as características da fala e da inserção dos alimentos, pois ao longo dos experimentos os pacientes falavam e isso pode ocasionar erros nas classificações das respostas. E que o dispositivo não-invasivo possa ser mais explorado, no sentido de analisar outros fatores que contribuam no monitoramento de outras patologias, como: bruxismo e disfonia da voz. E que também possa auxiliar na reabilitação dos pacientes em relação aos transtornos de ansiedade ao deglutirem os alimentos. E outro ponto seria disponibilizar a base de dados desenvolvida para a comunidade científica.

Referências

- ABBASI, M.; KASHIYARNDI, S. Clinical decision support systems: A discussion on different methodologies used in health care. *Marlaedalen University Sweden*, 2006.
- AHMADIAN, L. *et al.* The role of standardized data and terminological systems in computerized clinical decision support systems: literature review and survey. *International journal of medical informatics*, Elsevier, v. 80, n. 2, p. 81–93, 2011.
- 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.
- ASHA. *Model Medical Review Guidelines for Dysphagia Services [monograph on the Internet] 2004 [Revision to DynCorp 2001 FTRP by ASHA]*. 2004.
- ASLAM, M.; VAEZI, M. F. Dysphagia in the elderly. *Gastroenterology & hepatology*, Millenium Medical Publishing, v. 9, n. 12, p. 784, 2013.
- AZEVEDO, R. Ribeiro de. *CoreSec: uma ontologia para o domínio de segurança da informação*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2008.
- BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, Usability Professionals' Association, v. 4, n. 3, p. 114–123, 2009.
- BARBALHO, I. M. P. Equipamento médico assistencial para monitoramento da ingestão de alimentos. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.
- BARONI, A. F. F. B.; FÁBIO, S. R. C.; DANTAS, R. O. Risk factors for swallowing dysfunction in stroke patients. *Arquivos de gastroenterologia*, SciELO Brasil, v. 49, n. 2, p. 118–124, 2012.
- BELAFSKY, P. C. *et al.* Validity and reliability of the eating assessment tool (eat-10). *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 117, n. 12, p. 919–924, 2008.
- BERNER, E. S. *Clinical decision support systems*. [S.l.]: Springer, 2007. v. 233.
- BERNER, E. S. *Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice*. 3rd ed. 2016. ed. [S.l.]: Springer, 2016. (Health Informatics). ISBN 3319319116,9783319319117.
- BERRY, M. W.; MOHAMED, A. H.; YAP, B. W. *Soft Computing in Data Science: Second International Conference, SCDS 2016, Kuala Lumpur, Malaysia, September 21-22, 2016, Proceedings*. [S.l.]: Springer, 2016. v. 652.
- BOUAMRANE, M.-M.; RECTOR, A.; HURRELL, M. Using owl ontologies for adaptive patient information modelling and preoperative clinical decision support. *Knowledge and information systems*, Springer, v. 29, n. 2, p. 405–418, 2011.

- BRASIL. *A construção da política nacional de informação e informática em saúde: proposta versão 2.0*. [S.l.: s.n.], 2005.
- BRASIL. Portaria nº 1.820, de 13 de agosto de 2009. dispõe sobre os direitos e deveres dos usuários da saúde. *Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil*, v. 146, n. 155, 2009.
- BREIMAN, L. Bagging predictors. *Machine learning*, Springer, v. 24, n. 2, p. 123–140, 1996.
- BROWN, M.; GLASSENBERG, M. Mortality factors in patients with acute stroke. *Jama*, American Medical Association, v. 224, n. 11, p. 1493–1495, 1973.
- CARVALHO-SILVA, L. B. de. *Distúrbios da Deglutição: Receitas e Viscosidades*. [S.l.]: Editora Rubio, 2015.
- CAVALCANTE, L. d. S.; COUTINHO, P. T. d. Q.; BURGOS, M. Aplicabilidade da man-mini avaliação nutricional em idosos diabéticos. *Nutr Clin Diet Hosp*, v. 37, n. 1, p. 67–74, 2017.
- CETIC. *TIC Saúde 2018- Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Estabelecimentos de Saúde Brasileiros*. [S.l.: s.n.], 2019.
- CHERRI, A. C.; JUNIOR, D. J. A.; SILVA, I. N. d. Inferência fuzzy para o problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis de material. *Pesquisa Operacional*, SciELO Brasil, v. 31, n. 1, p. 173–195, 2011.
- CHIOCCA, J. *et al.* Prevalence, clinical spectrum and atypical symptoms of gastro-oesophageal reflux in argentina: a nationwide population-based study. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, Wiley Online Library, v. 22, n. 4, p. 331–342, 2005.
- CLAUSER, S. B. *et al.* Improving modern cancer care through information technology. *American journal of preventive medicine*, Elsevier, v. 40, n. 5, p. S198–S207, 2011.
- CONSTANTINESCU, G. *et al.* Usability testing of an mhealth device for swallowing therapy in head and neck cancer survivors. *Health informatics journal*, SAGE Publications Sage UK: London, England, p. 1460458218766574, 2018.
- CONSTANTINESCU, G.; STROULIA, E.; RIEGER, J. Mobili-t: A mobile swallowing-therapy device: An interdisciplinary solution for patients with chronic dysphagia. In: IEEE. *2014 IEEE 27th International Symposium on Computer-Based Medical Systems*. [S.l.], 2014. p. 431–434.
- CRARY, M. A. *et al.* Functional benefits of dysphagia therapy using adjunctive semg biofeedback. *Dysphagia*, Springer, v. 19, n. 3, p. 160–164, 2004.
- DEBUSK, R. F.; HOUSTON-MILLER, N.; RABY, L. Clinical validation of a decision support system for acute coronary syndromes. *Journal of the American College of Cardiology*, Journal of the American College of Cardiology, v. 55, n. 10 Supplement, p. A132–E1240, 2010.
- DEMUTH, H.; BEALE, M. *MATLAB: The Language of Technical Computing; Neural Network Toolbox; User's Guide; Version 3*. [S.l.]: MathWorks, 1998.

- DENK-LINNERT, D.-M. Evaluation of symptoms. In: *Dysphagia*. [S.l.]: Springer, 2012. p. 71–81.
- DEPIPPPO, K. *et al.* Dysphagia therapy following stroke a controlled trial. *Neurology*, AAN Enterprises, v. 44, n. 9, p. 1655–1655, 1994.
- DUTHEY, B. Priority medicines for europe and the world" a public health approach to innovation. *WHO Background paper*, v. 6, 2013.
- EARL, C. *Fuzzy systrems handbook. A practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems.(contiene IBM DISK with C++ Source Code)*. The. [S.l.]: AP Professional., 1994.
- EKBERG, O. *Dysphagia: Diagnosis and Treatment*. 2nd ed.. ed. [S.l.]: Springer International Publishing, 2019. (Medical Radiology). ISBN 978-3-319-68571-7;978-3-319-68572-4.
- EKBERG, O. *et al.* Social and psychological burden of dysphagia: its impact on diagnosis and treatment. *Dysphagia*, Springer, v. 17, n. 2, p. 139–146, 2002.
- ESTEVEES, G. P. *et al.* Configurable portable/ambulatory instrument for the analysis of the coordination between respiration and swallowing. In: IEEE. *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*. [S.l.], 2010. p. 90–93.
- ETGES, C. L. *et al.* Screening tools for dysphagia: a systematic review. In: SCIELO BRASIL. *Codas*. [S.l.], 2014. v. 26, n. 5, p. 343–349.
- FACELI, K. *et al.* Inteligência artificial: Uma abordagem de aprendizado de máquina. 2011.
- FAROOQ, K. *et al.* Clinical decision support systems: A visual survey. *arXiv preprint arXiv:1708.09734*, 2017.
- FEINBERG, M. J. *et al.* Deglutition in elderly patients with dementia: findings of videofluorographic evaluation and impact on staging and management. *Radiology*, v. 183, n. 3, p. 811–814, 1992.
- FEITOZA, M. C. *et al.* Explorando técnicas de aprendizado híbrido para o reconhecimento automático de imagens de plantas. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2019.
- FENSEL, D. Ontologies: A silver bullet for knowledge management and electronic-commerce (2000). *Berlin: Spring-Verlag*, v. 143, 2000.
- FERGUSON, D. D. F.; DEVAULT, K. R. *Dysphagia*. 2004.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. Methontology: from ontological art towards ontological engineering. American Association for Artificial Intelligence, 1997.
- FORSTER, A. *et al.* Oropharyngeal dysphagia in older adults: A review. *European Geriatric Medicine*, Elsevier, v. 2, n. 6, p. 356–362, 2011.
- FOSKETT, D. Theory of clumps. *Readings in Information Retrieval*, p. 111–134, 1997.
- GHATAK, A. *Machine learning with R*. [S.l.]: Springer, 2017.

- GÓMEZ-PÉREZ, A. Evaluation of taxonomic knowledge in ontologies and knowledge bases. University of Calgary, Alberta, Canadá, 1999.
- GRECO, C. S.; NUNES, L. G.; MELO, P. L. Instrumentation for bedside analysis of swallowing disorders. In: IEEE. *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*. [S.l.], 2010. p. 923–926.
- GRUBER, T. R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. *KR*, v. 91, p. 601–602, 1991.
- GRÜNINGER, M.; FOX, M. S. Methodology for the design and evaluation of ontologies. Citeseer, 1995.
- GUARINO, N. *Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy*. [S.l.]: IOS press, 1998. v. 46.
- HERNÁNDEZ, R. A. *MP-SMO: um algoritmo para a implementação VLSI do treinamento de máquinas de vetores de suporte*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2009.
- HISS, S. G.; POSTMA, G. N. Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing. *The Laryngoscope*, Wiley Online Library, v. 113, n. 8, p. 1386–1393, 2003.
- HONG, H. *et al.* Landslide susceptibility mapping using j48 decision tree with adaboost, bagging and rotation forest ensembles in the guangchang area (china). *Catena*, Elsevier, v. 163, p. 399–413, 2018.
- HORNER, J. *et al.* Swallowing in alzheimer's disease. *Alzheimer disease and associated disorders*, v. 8, n. 3, p. 177–189, 1994.
- HORNIK, K.; BUCHTA, C.; ZEILEIS, A. Open-source machine learning: R meets weka. *Computational Statistics*, Springer, v. 24, n. 2, p. 225–232, 2009.
- HUNT, D. L. *et al.* Effects of computer-based clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes: a systematic review. *Jama*, American Medical Association, v. 280, n. 15, p. 1339–1346, 1998.
- JENA, A. *semantic web framework for Java*. 2007.
- JENNIFER, C. D.; MIKOTO, B. Evaluation and treatment of swallowing impairments. *Am Fam Physician*, v. 61, n. 8, p. 2453–2462, 2000.
- JI, C.; MA, S. Combinations of weak classifiers. In: *Advances in Neural Information Processing Systems*. [S.l.: s.n.], 1997. p. 494–500.
- JORDAN, P. W. *et al.* *Usability evaluation in industry*. [S.l.]: CRC Press, 2014.
- KAIZER, F.; SPIRIDIGLIOZZI, A.-M.; HUNT, M. R. Promoting shared decision-making in rehabilitation: Development of a framework for situations when patients with dysphagia refuse diet modification recommended by the treating team. *Dysphagia*, Springer, v. 27, n. 1, p. 81–87, 2012.
- KARKOS, P. *et al.* Current evaluation of the dysphagic patient. *Hippokratia*, Hippokratio General Hospital of Thessaloniki, v. 13, n. 3, p. 141, 2009.

KENNY, B. Food culture, preferences and ethics in dysphagia management. *Bioethics*, Wiley Online Library, v. 29, n. 9, p. 646–652, 2015.

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.

KUNCHEVA, L. I. *Combining Pattern Classifiers: Methods and Algorithms*. Wiley-Interscience, 2004. ISBN 0471210781,9780471210788. Disponível em: <<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=D3E45AB795C1549CFC5A3374FEA50373>>.

LACERDA, D. P. *et al.* Design science research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & produção*, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LACY, B. E. *et al.* *Functional and motility disorders of the gastrointestinal tract*. [S.l.]: Springer, 2015.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. *Gerenciamento de sistemas de informação*. [S.l.]: LTC, 2001.

LINDGREN, H. Integrating clinical decision support system development into a development process of clinical practice—experiences from dementia care. In: SPRINGER. *Conference on Artificial Intelligence in Medicine in Europe*. [S.l.], 2011. p. 129–138.

LOGEMANN, J. A. Treatment of oral and pharyngeal dysphagia. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, Elsevier, v. 19, n. 4, p. 803–816, 2008.

LÓPEZ, M. F. *et al.* Building a chemical ontology using methontology and the ontology design environment. *IEEE Intelligent Systems and their applications*, IEEE, v. 14, n. 1, p. 37–46, 1999.

MAEDCHE, A.; STAAB, S. Ontology learning for the semantic web. *IEEE Intelligent systems*, IEEE, v. 16, n. 2, p. 72–79, 2001.

MAIA, C. M. *et al.* Sistemas de apoio à decisão para disfagia: Revisão integrativa. *Journal of Health Informatics*, v. 11, n. 4, 2019.

MALAGELADA, J. *et al.* Diretrizes e cascatas mundiais. 2014.

MATSUO, K.; PALMER, J. B. Anatomy and physiology of feeding and swallowing: normal and abnormal. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, Elsevier, v. 19, n. 4, p. 691–707, 2008.

METZGER, J.; MACDONALD, K. *Clinical decision support for the independent physician practice*. [S.l.]: California Healthcare Foundation, 2003.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. *Annals of internal medicine*, Am Coll Physicians, v. 151, n. 4, p. 264–269, 2009.

MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. Conceitos sobre aprendizado de máquina. *Sistemas inteligentes-Fundamentos e aplicações*, v. 1, n. 1, p. 32, 2003.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C.; CALADO, V. *Estatística Aplicada E Probabilidade Para Engenheiros*. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000.

- MOREIRA, I. A. T. Sistema de monitoramento contínuo da ingestão de alimentos. 2015.
- MORTON, M. S. S. Decision support systems: Current practice and continuing challenges. *Sloan Management Review (pre-1986)*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, v. 21, n. 3, p. 77, 1980.
- MURDOCH, T. B.; DETSKY, A. S. The inevitable application of big data to health care. *Jama*, American Medical Association, v. 309, n. 13, p. 1351–1352, 2013.
- NAJAS, M. I consenso brasileiro de nutrição e disfagia em idosos hospitalizados. In: *I Consenso Brasileiro de Nutrição e Disfagia em Idosos Hospitalizados*. [S.l.: s.n.], 2011.
- NEWMAN, T. *et al.* Delineando estudos de testes médicos. *HULLEY, SB et al. Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica*, v. 2, p. 203–224, 2003.
- NOY, F.; GUINNESS, D. *Ontology development 101: a guide to create your first ontology. 2001*. 2002.
- OBERIJE, C. *et al.* A prospective study comparing the predictions of doctors versus models for treatment outcome of lung cancer patients: a step toward individualized care and shared decision making. *Radiotherapy and Oncology*, Elsevier, v. 112, n. 1, p. 37–43, 2014.
- OLIVEIRA, L. C. S. de *et al.* Identificação das mudanças na mastigação e deglutição de indivíduos submetidos à glossectomia parcial identification of chewing and swallowing changes in individuals submitted to partial glossectomy. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, Directory of Open Access Journals, v. 13, n. 4, p. 338–343, 2008.
- OLSZEWSKI, J. Causes, diagnosis and treatment of neurogenic dysphagia as an interdisciplinary clinical problem. *Otolaryngologia polska= The Polish otolaryngology*, v. 60, n. 4, p. 491–500, 2006.
- ORENSTEIN, S. R. Oral, pharyngeal, and esophageal motor disorders in infants and children. *GI Motility online*, Nature Publishing Group, 2006.
- O’CONNOR, P. J. *et al.* Impact of electronic health record clinical decision support on diabetes care: a randomized trial. *The Annals of Family Medicine*, Annals Family Med, v. 9, n. 1, p. 12–21, 2011.
- PÄSSLER, S.; FISCHER, W.-J. Acoustical method for objective food intake monitoring using a wearable sensor system. In: IEEE. *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2011 5th International Conference on*. [S.l.], 2011. p. 266–269.
- PEREIRA, A. A. Avaliação da qualidade da água: proposta de um novo índice alicerçado na lógica fuzzy. 2010.
- PERREAULT, L. E.; METZGER, J. B. A pragmatic framework for understanding clinical decision support. *Journal of Healthcare Information Management*, v. 13, p. 5–22, 1999.
- PLATT, J. C. Advances in kernel methods. In: SCHÖLKOPF, B.; BURGESS, C. J. C.; SMOLA, A. J. (Ed.). Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1999. cap. Fast Training of Support Vector Machines Using Sequential Minimal Optimization, p. 185–208. ISBN 0-262-19416-3. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=299094.299105>>.

- RABER-DURLACHER, J. *et al.* Dysphagia section, oral care study group, multinational association of supportive care in cancer (mascc)/international society of oral oncology (isoo), swallowing dysfunction in cancer patients. *Support Care Cancer*, v. 20, n. 3, p. 433–43, 2012.
- RODEN, D. F.; ALTMAN, K. W. Causes of dysphagia among different age groups: a systematic review of the literature. *Otolaryngologic Clinics of North America*, Elsevier, v. 46, n. 6, p. 965–987, 2013.
- RUTH, M.; MÅNSSON, I.; SANDBERG, N. The prevalence of symptoms suggestive of esophageal disorders. *Scandinavian journal of gastroenterology*, Taylor & Francis, v. 26, n. 1, p. 73–81, 1991.
- SAITOH, E. *et al.* *Dysphagia Evaluation and Treatment: From the Perspective of Rehabilitation Medicine*. [S.l.]: Springer, 2017.
- SAITOH, E. *et al.* *Dysphagia Evaluation and Treatment*. [S.l.]: Springer, 2018.
- SALZBERG, S. L. *C4. 5: Programs for machine learning by j. ross quinlan. morgan kaufmann publishers, inc., 1993*. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- SANTOS, E. C. D. Sistema fuzzy para detecção de obstruções nas vias aéreas durante o processo de ingestão de alimentos. 2019.
- SANTOS, P. A. S. dos *et al.* Triagem nutricional por meio do must no paciente oncológico em radioterapia. *Revista Brasileira de Cancerologia*, v. 62, n. 1, p. 27–34, 2016.
- SANTOS, S. P. d. *Aplicação de sistemas multi-classificadores no diagnóstico de falhas em motores de indução trifásicos*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.
- SCHAPIRE, R. E. The strength of weak learnability. *Machine learning*, Springer, v. 5, n. 2, p. 197–227, 1990.
- SHAHSAVARANI, A. M. *et al.* Clinical decision support systems (cdsss): state of the art review of literature. *International Journal of Medical Reviews*, Baqiyatallah University of Medical Sciences, v. 2, n. 4, p. 299–308, 2015.
- SILVA, R. G. d. A eficácia da reabilitação em disfagia orofaríngea. *Pró-Fono: Revista de Atualização Científica*, SciELO Brasil, p. 123–130, 2007.
- SILVA, W. K. N. d. Construções de comitês de classificadores multirrótulos no aprendizado semissupervisionado multidescrição. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.
- SIMPAO, A. F. *et al.* A review of analytics and clinical informatics in health care. *Journal of medical systems*, Springer, v. 38, n. 4, p. 45, 2014.
- SIRIN, E. *et al.* Pellet: A practical owl-dl reasoner. *Web Semantics: science, services and agents on the World Wide Web*, Elsevier, v. 5, n. 2, p. 51–53, 2007.
- SIZILIO, G. R. M. A. Método fuzzy para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama em ambiente inteligente de telediagnóstico colaborativo para apoio à tomada de decisão. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. [S.l.]: Pearson; 9 edition, 2011.
- SPEYER, R. *et al.* Effects of therapy in oropharyngeal dysphagia by speech and language therapists: a systematic review. *Dysphagia*, Springer, v. 25, n. 1, p. 40–65, 2010.
- STAAB, S. *et al.* Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent systems*, IEEE, v. 16, n. 1, p. 26–34, 2001.
- STRINGER, S. Managing dysphagia in palliative care. *Professional nurse (London, England)*, v. 14, n. 7, p. 489–492, 1999.
- 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.
- SURA, L. e. a. Dysphagia in the elderly: management and nutritional considerations. *Clinical interventions in aging*, v. 7, p. 287, 2012.
- SUTTRUP, I.; WARNECKE, T. Dysphagia in parkinson's disease. *Dysphagia*, Springer, v. 31, n. 1, p. 24–32, 2016.
- 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.
- TAKIZAWA, C. *et al.* A systematic review of the prevalence of oropharyngeal dysphagia in stroke, parkinson's disease, alzheimer's disease, head injury, and pneumonia. *Dysphagia*, Springer, v. 31, n. 3, p. 434–441, 2016.
- TORRACO, R. J. Writing integrative reviews of the literature: Methods and purposes. *International Journal of Adult Vocational Education and Technology (IJAVET)*, IGI Global, v. 7, n. 3, p. 62–70, 2016.
- TURBAN, E. *Decision support and expert systems: Managerial perspectives*. [S.l.]: Macmillan Library Reference, 1990.
- UDO, G.; GUIMARAES, T. Empirically assessing factors related to dss benefits. *European Journal of Information Systems*, Springer, v. 3, n. 3, p. 218–227, 1994.
- USCHOLD, M.; KING, M. Towards a methodology for building ontologies. Citeseer, 1995.
- VAPNIK, V. *The nature of statistical learning theory*. [S.l.]: Springer science & business media, 2013.
- VELLAS, B. *et al.* The mini nutritional assessment (mna) and its use in grading the nutritional state of elderly patients. *Nutrition*, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 116–122, 1999.
- WANG, L.-X.; WANG, L.-X. *A course in fuzzy systems and control*. [S.l.]: Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, 1997. v. 2.
- WHO. *International classification of functioning, disability and health: ICF*. [S.l.]: Geneva: World Health Organization, 2001.

- WIERINGA, R. *Design science methodology for information systems and software engineering*. [S.l.]: Springer, 2014. 10.1007/978-3-662-43839-8. ISBN 978-3-662-43838-1.
- WITTEN, E. F. I. H. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. 2nd ed. ed. [S.l.]: Morgan Kaufman, 2005. (Morgan Kaufmann series in data management systems). ISBN 9780120884070,0120884070.
- WITTEN, I. H. *et al.* *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2016.
- WOLPERT, D. H. Stacked generalization. *Neural networks*, Elsevier, v. 5, n. 2, p. 241–259, 1992.
- YAGI, N. *et al.* A noninvasive swallowing measurement system using a combination of respiratory flow, swallowing sound, and laryngeal motion. *Medical & biological engineering & computing*, Springer, v. 55, n. 6, p. 1001–1017, 2017.
- YAGI, N. *et al.* Swallow-monitoring system with acoustic analysis for dysphagia. In: IEEE. *2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. [S.l.], 2014. p. 3696–3701.

Apêndices

APÊNDICE A - PRODUÇÃO CIENTÍFICA

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho, algumas pesquisas foram submetidas em eventos e em um periódico de Ciência da Computação.

- **Título:** Sistema de Classificação para Auxiliar na Recuperação de Pacientes com Disfagia Orofaríngea: Uma Abordagem com Uso de Ontologias; **Autores:** Cynthia Moreira Maia, Ingridy M. P. Barbalho, Cicilia R. M. Leite, Patricio A. Silva; **Veículo:** Congresso Brasileiro de Informática em Saúde – CBIS 2018; **Resultado:** Aceito e apresentado.
- **Título:** Sistemas de Apoio à Decisão para Disfagia: Revisão Integrativa; **Autores:** Cynthia Moreira Maia, Cicilia Raquel Maia Leite, Patrício de Alencar Silva, Christina Pacheco, Paulo Gabriel Gadelha Queiroz; **Veículo:** Journal of Health Informatics-2019; **Resultado:** Aceito e publicado.
- **Título:** A Comparative Analysis of Classification Algorithms for Recognition of Food Types Eaten; **Autores:** Cynthia Moreira Maia, Otilia De Sousa Santos, Julio Cartier Maia Gomes, Cicilia Raquel Maia Leite, Patricio De Alencar Silva, Lenardo Chaves E Silva, Christina Pacheco Pacheco and Angélica Félix de Castro; **Veículo:** EATIS 2020; **Resultado:** Aceito.