INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA COMPUTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO MÉDICA

Sistema de Apoio à Decisão Clínica: Cancro de Cabeça e Pescoço

JAILSON PEREIRA GONÇALVES

dezembro de 2021

POLITÉCNICO
DO PORTO

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA COMPUTAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO MÉDICA

Sistema de Apoio à Decisão Clínica: Cancro de Cabeça e Pescoço

JAILON PEREIRA GONÇALVES

Novembro de 2021

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Instituto Politécnico do Porto

Departamento de Física

Sistema de Apoio à Decisão Clínica: Cancro de Cabeça e Pescoço

Jailson Pereira Gonçalves

Dissertação apresentada no Instituto Superior de Engenharia do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação e Instrumentação Médica

Orientador:

Prof. Pedro Manuel Sousa Guimarães

Porto, 2021

Agradecimentos

Á minha família, pelo apoio incondicional.

Ao Prof. Pedro Manuel Sousa Guimarães, por aceitar o desafio.

Aos colegas Elisabete e Douglas, pela participação no projeto HNC-Diagnostic.

A todos que, de uma forma ou outra, contribuíram para o meu crescimento enquanto estudante e pessoa.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que devíamos ser, não somos o que iremos ser, mas Graças a Deus, não somos o que éramos.”

Martin Luther King

Resumo

A presente dissertação de mestrado, integrada no projeto HNC-Diagnostic (Head and Neck Cancer - Diagnostic), consiste na implementação de uma aplicação para diagnóstico, um sistema de apoio a decisão para cancro de cabeça e pescoço (CCP). Este sistema agrega um conjunto de dados, informações e conhecimentos relativamente às causas, sinais/sintomas, diagnóstico e tratamento para esta patologia, permitindo apoiar no processo de tomada de decisão dos profissionais de saúde.

O principal objetivo deste projeto é permitir aos utentes fazerem um pré-diagnóstico, e fornecer apoio à decisão aos profissionais de saúde no diagnóstico e no tratamento dos pacientes. Pretende-se que o sistema seja utilizado em computadores/*notebooks*, tablets, *smartphones* e afins de forma responsiva, via web.

O projeto desenvolvido é baseado em Inteligência Artificial (IA), aplicando Sistema Pericial (SP) para implementação de um sistema de apoio à decisão. O SP desenvolvido é baseado em regra, utilizando fator de certeza para o tratamento de incertezas. Na aquisição de conhecimento utilizou-se o método semiautomático, e para a representação do conhecimento optou-se pelo sistema híbrido (Regras + Objectos). Para a implementação do sistema recorreu-se às tecnologias Web como HTML, CSS, JavaScript (jQuery e Vue.js), C# e Web API Asp.net Core.

A plataforma concebida assenta numa interface simples e eficiente, capaz de responder aos objetivos deste trabalho. O sistema permite fazer pré-diagnóstico, com a realização de anamnese e faz algumas questões baseadas em sinais, sintomas e hábitos que estão tipicamente associados ao CCP. No final do pré-diagnóstico, o sistema apresenta os resultados (conclusões inferidas), que indica a possibilidade e a probabilidade de um indivíduo ter CCP, e as recomendações. O profissional de saúde, depois de analisar os resultados produzidos pelo sistema, faz uma recomendação ao paciente.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Sistema de Apoio à Decisão, Sistema Pericial, Cancro de Cabeça e Pescoço, Diagnóstico.

Abstract

The present master's thesis, integrated in the HNC-Diagnostic (Head and Neck Cancer - Diagnostic) project, consists of implementation of a diagnostic application - a decision support system for head and neck cancer (HNC). This system aggregates a set of data, information and knowledge regarding the cause, signs and symptoms, diagnosis and treatment for this pathology, allowing support in the decision-making process of healthcare professionals and patients.

The main goal of this project is to allow patients to make a pre-diagnosis and provide decision support to healthcare professionals in the diagnosis and treatment of patients. It is intended that the system be used in computers/notebooks, tablets, smartphones and others in a responsive way, through the web page.

The project was developed based on Artificial Intelligence by using the expert system for creation of a decision support system. The developed SP is rule-based and applies a certainty factor for the treatment of uncertainties. The semi-automatic method was used for knowledge acquisition and hybrid system (Rules + Objects) was used in knowledge representation. Web technologies as HTML, CSS, JavaScript (jQuery and Vue.js), C# and Web API Asp.net Core were applied for the implementation of the system.

The designed platform is based on a simple and efficient interface capable of responding to the objectives of this project. It allows pre-diagnosis through anamnesis and asks some questions based on signs, symptoms and habits that are typically associated with the HNC. At the end of pre-diagnosis, the system presents the results (inferred conclusions), which indicates the possibility and the probability of an individual having HNC, and the recommendations. The healthcare professional, after analyzing the results produced by the system, makes a recommendation to the patient.

Keywords: Artificial intelligence, Clinical Decision Support Systems, Expert System, Head and Neck Cancer, Diagnostic.

Índice

Agradecimentos III
Resumo V
Abstract VII
Índice IX
Lista de Figuras XIII
Lista de Tabelas XV
Lista de Abreviaturas XVII
1 Introdução 1
1.1 Contextualização 1
1.2 Motivação 3
1.3 Objetivos 4
1.4 Estrutura e organização da dissertação 5
2 Cancro da Cabeça e Pescoço 6
2.1 Revisão anatómica e fisiológica 6
2.2 Fatores de Risco 9
2.3 Sinais e Sintomas 12
2.4 Métodos de Diagnóstico 15
2.5 Decisão de Tratamento 18
3 Inteligência Artificial e Sistemas Periciais 20
3.1 Inteligência Artificial 20
3.1.1 Tipo de problemas resolvidos em Inteligência Artificial 20
3.1.2 Áreas e aplicações de IA 21
3.2 Sistemas Baseados em Conhecimento (SBCs) 22
3.3 Sistema Pericial (SP) 22
3.3.1 Comparação entre Sistema Convencional e Sistema Pericial 23
3.3.2 Benefícios e limitações de SP 24
3.3.3 Tipo de problemas que justificam o uso de um SP 25
3.3.4 Aplicações de SP ou Áreas de Aplicação de SP 26
3.4 Estado da arte - Sistemas Computacionais na Área Médica 28
4 Arquitetura de um Sistema Pericial 31
4.1 Base de Conhecimento 33
4.1.1 Aquisição de conhecimento 33
4.1.2 Representação de conhecimento 35

4.2 Memória de Trabalho ... 37
4.3 Motor de Inferência ... 38
4.3.1 Técnicas de inferência ... 38
4.3.2 Resolução de conflitos ... 39
4.4 Interface com o Utilizador ... 41
4.5 Geração automática de explicações ... 41
4.6 Validação da base de conhecimentos ... 42
4.7 Tratamento de incerteza ... 43
4.7.1 Rede Bayesiana ... 43
4.7.2 Fator de certeza ... 45
4.7.3 Racionalidade fuzzy (Lógica difusa) ... 48
5 Trabalho Desenvolvido ... 49
5.1 Etapas de desenvolvimento do SP HNC-Diagnostic ... 49
5.2 Arquitetura e visão geral do SP HNC-Diagnostic ... 50
5.3 Modelação do sistema HNC-Diagnostic ... 55
5.3.1 Requisitos ... 55
5.3.2 Casos de Uso ... 57
5.3.3 Modelo de domínio (modelo Entidade/Relação) ... 58
5.3.4 Modelo de dados normalizado (Modelo Relacional) ... 60
5.3.5 Modelo de componentes/Vista lógica ... 60
5.3.6 Vista de implementação ... 61
5.4 Tecnologias utilizadas ... 62
5.4.1 Front-end ... 62
5.4.2 Back-end ... 64
5.5 Implementação ... 65
5.5.1 *Model* (Modelo) ... 66
5.5.2 *Controller* (Controlador) ... 67
5.5.3 Base de dados ... 69
5.5.4 *Views* ... 72
6 Resultados e testes ... 74
6.1 Apresentação da aplicação ... 75
6.2 Registo de Utilizador ... 75
6.3 Módulo de Especialista ... 77
6.3.1 Sintomas e Fatores de Risco ... 77
6.3.2 Conclusões ... 79
6.3.3 Regras do Sistema ... 80

6.4 Módulo do Paciente ... 81
6.5 Módulo de Profissional de Saúde ... 85
6.6 Teste de validação do sistema ... 87
6.6.1 Módulo de Especialista – Criação de regras ... 88
6.6.2 Módulo do Paciente – Realização de Diagnóstico ... 90
6.6.3 Resultados do Diagnóstico ... 93
6.6.4 Verificação de Resultados ... 94
7 Conclusões e Trabalhos Futuros ... 96
7.1 Conclusão ... 96
7.2 Trabalhos Futuros ... 97
8 Bibliografia ... 98
9 Anexos ... 108
9.1 Anexo I - Questionário (fatores de risco) ... 108
9.2 Anexo II - Questionário (sinais e sintomas) ... 109
9.3 Anexo III - Diagramas de casos de uso ... 111
9.4 Anexo IV - Descrição dos casos de uso ... 113

Lista de Figuras

Figura 2.1: Células normais vs células cancerígenas, adaptada de (NCI, 2015). 6
Figura 2.2: Estrutura celular, adaptada de (NCI, 2015). 7
Figura 2.3: Região de cancro de cabeça e pescoço, adaptada de (William, 2018). 8
Figura 3.1: Sistema pericial e o seu lugar na inteligência artificial, adaptado de (IARTA, 2018). 23
Figura 3.2: Percentagens de aplicações relativas à utilização de SP (Faria, 2012). 28
Figura 4.1: Processo de Engenharia do Conhecimento, adaptado de (Severino, 2017). 31
Figura 4.2: Arquitetura de um sistema Pericial, adaptado de (Severino, 2017). 32
Figura 4.3: Representação de objeto. 36
Figura 4.4: Motor de inferência. 38
Figura 4.5: Exemplo de Rede Bayesiana aplicada em diagnóstico médico, adaptado de (Karcher, 2009). 44
Figura 5.1: Arquitetura de HNC-Diagnostic. 50
Figura 5.2: Fluxograma do processo de inferência. 54
Figura 5.3: Diagrama de Casos de Uso para o paciente (caso específico). 57
Figura 5.4: Modelo de domínio. 59
Figura 5.5: Modelo de dados normalizado. 60
Figura 5.6: Modelo de componentes. 61
Figura 5.7: Vista de implementação. 62
Figura 5.8: Estrutura da aplicação. 65
Figura 5.9: Modelos utilizados no sistema. 66
Figura 5.10: Os controladores. 68
Figura 5.11: Migração. 70
Figura 5.12: Tabelas da base de dados. 71
Figura 5.13: Sedimentação. 72
Figura 5.14: Componentes da Views. 73
Figura 5.15: Exemplo de pedido ao WebServer. 73
Figura 6.1: Árvore de navegação do fluxo de informação do sistema. 74
Figura 6.2: Página inicial. 75
Figura 6.3: Página de registo de utilizador. 76
Figura 6.4: Página de autenticação. 76
Figura 6.5: Lista de sinais e sintomas. 77
Figura 6.6: Lista de fatores de risco. 78
Figura 6.7: Criação de um novo fator de risco. 78
Figura 6.8: Detalhes de um sintoma. 79
Figura 6.9: Lista de Conclusões. 79
Figura 6.10: Detalhes de uma conclusão. 80
Figura 6.11: Página de criação de regras. 80
Figura 6.12: Exemplo de uma regra. 81
Figura 6.13: Perfil do paciente. 82
Figura 6.14: Edição de fatores de risco. 83
Figura 6.15: Realizar diagnóstico. 83
Figura 6.16: Listagem de diagnóstico de um paciente. 84
Figura 6.17: Diagnóstico pendente, visto pelo paciente. 84
Figura 6.18: Diagnóstico verificado, visto pelo paciente. 85

Figura 6.19: Perfil de profissional de saúde. 86
Figura 6.20: Página de diagnóstico (visto pelo profissional de saúde). 87
Figura 6.21: Regra 1. 88
Figura 6.22: Regra 2. 88
Figura 6.23: Regra 3. 89
Figura 6.24: Regra 4. 89
Figura 6.25: Regra 5. 90
Figura 6.26: Regra 6. 90
Figura 6.27: Fatores de risco do utilizador (estilo de vida). 91
Figura 6.28: Respostas e resultados de diagnóstico. 92
Figura 6.29: Respostas e resultados de diagnóstico (continuação). 92
Figura 6.30: Conclusões e explicações. 93
Figura 9.1: Diagrama de Casos de Uso para o paciente. 111
Figura 9.2: Diagrama de Casos de Uso para o Profissional de saúde. 112
Figura 9.3: Diagrama de Casos de Uso para o Administrador. 112

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Framework para definições de IA em categoria (Medeiros, 2018). 20
Tabela 3.2: Comparação de SP com peritos humanos. 25
Tabela 4.1: Termos associado aos fatores de certeza, adaptado de (Barreto, 2007). 46
Tabela 5.1: Principais routes da API. 69

Lista de Abreviaturas

API- *Application Programming Interface*

BC - Base de Conhecimento

CCP - Cancro de Cabeça e Pescoço

CECEO - Carcinomas Epidermóides de Células Escamosas da Orofaringe

CECP - Carcinomas Espinocelulares da Cabeça e Pescoço

CSS- *Cascading Style Sheets*

EC - Engenheiro de Conhecimento

HNH - *Head and Neck Help*

HTML- *HyperText Markup Language*

HTTP- *HyperText transfer Protocol*

HTTPS - *Hypertext Transfer Protocol Secure*

IA – Inteligência Artificial

JSON - *JavaScript Object Notation*

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

SADC – Sistema de Apoio à Decisão Clínica

SI - Sistemas de Informação

SP – Sistema Pericial

SNS - Sistema Nacional de Saúde

TI- Tecnologia de Informação

TCP/IP – *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*

URL – *Uniform Resource Local*

1 Introdução

A presente dissertação de mestrado descreve o projeto HNC-Diagnostic (Head and Neck Cancer - Diagnostic), que foi desenvolvido no âmbito do Projeto/Estágio do curso de Mestrado em Engenharia de Computação e Instrumentação Médica (MECIM), ministrado pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Este projeto foi iniciado no âmbito da unidade curricular de Informática Médica, do Mestrado de Engenharia da Computação e Instrumentação Médica do ISEP, em que foi dado a continuação na tese final do curso.

Esta secção faz uma breve apresentação do contexto sobre o qual foi efetuada o presente projeto, são descritas as motivações para a realização deste projeto e enunciados os seus objetivos. Depois é descrito a organização da dissertação, de forma a permitir uma leitura ágil e uma boa compreensão.

1.1 Contextualização

Ao redor do mundo, as pessoas têm saído do meio rural para viver nas cidades, tornando-se mais sedentárias e consumindo quantidades crescentes de bebidas e alimentos industrializados. Estas mudanças no estilo de vida, associadas à prolongação da vida da população, têm proporcionado um aumento da ocorrência de cancro (Núcleo de Telessaúde Sergipe, 2015).

O cancro é uma das principais causas de mortalidade e morbilidade no mundo. Em Portugal, de acordo com o valor estimado em 2018, surgiram 58.199 novos casos de cancro, entre os quais 32.475 nos homens e 25.724 nas mulheres (Feliz, 2019). Muitas vezes o cancro é diagnosticado tardiamente, o que compromete muito o seu prognóstico (Coelho, 2017). O atraso no início do tratamento aumenta o sofrimento do paciente, eleva o custo com medicamentos e hospitalizações, reduz a sobrevivência e influencia negativamente a qualidade de vida (Dantas *et al*., 2018; Majid *et al*., 2017).

O cancro de cabeça e pescoço (CCP) engloba tumores com origem nas mucosas de revestimento ou nas estruturas de suporte das vias aerodigestivas superiores (Argiris *et al*., 2008). CCP tem maior ocorrência no sexo masculino e nos idosos (Tavares, *et al*., 2015; White *et al*., 2012), sendo que o consumo de álcool e tabaco são os dois fatores de risco mais importantes para o desenvolvimento desta patologia (Okami, 2016; Campana & Gaiato, 2013). Estes tumores são o sexto tipo de cancro mais comum onde são diagnosticados anualmente à escala mundial mais de 550 mil novos casos. E este tipo histológico apresenta uma das piores taxas de sobrevivência (Conway *et al*., 2009) sendo responsável por mais de 300 mil mortes por ano (Kawashita *et al*., 2020).

O diagnóstico feito pelos profissionais de saúde obriga, frequentemente, a recorrer a exames auxiliares, alguns dos quais potencialmente invasivos, tendo como consequência inevitável o aumento das despesas (Faria, 2012). Com a necessidade de ter métodos simples, baratos e acessíveis, o processamento automático de informação clínica torna-se relevante (Dantas *et al*., 2018; Faria, 2012). O processo de tomada de decisão é um dos pontos chave nos cuidados de saúde, desde o diagnóstico até ao prognóstico (Dantas *et al*., 2018). A tecnologia é importante no processo de automatização e no auxílio na tomada de decisão, trazendo vários benefícios e vantagens, de entre os quais temos: otimização do tempo, melhor organização, linguagem padronizada, auxílio na tomada de decisão, diminuição da perda de dados, evitar redundância, maior facilidade de comunicação multiprofissional, maior integração das informações e maior segurança e integridade dos dados (Farias *et al*., 2013; Carvalho, 2014). A tecnologia tem evoluído de modo a libertar o homem das tarefas aborrecidas e de rotina, permitindo-lhe dedicar a tarefas mais nobres, como as de investigação e desenvolvimento (Faria, 2012). A evolução tecnológica nos últimos anos permitiu o aumento dos registos digitais de dados clínicos (Benedito, 2009; Dantas *et al*., 2018) e a disponibilidade dos mesmos (Carvalho, 2014). Neste sentido, a integração dos Sistemas de Informação (SI) com a área de Saúde vem crescendo constantemente (Peruzzo *et al*., 2019).

Com o avanço tecnológico a Inteligência Artificial (IA) passou a ser cada vez mais utilizada para projetar aplicações médicas para apoiar os médicos no diagnóstico e tratamento de pacientes de forma eficaz e eficiente (Souza-Pereira *et al*., 2020). A IA é a ciência que estuda os meios necessários à imitação da inteligência humana, com mesmo grau de eficiência (Peruzzo *et al*., 2019). Para ajudar a tomar decisão, atualmente,

existem os Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADC), que fornecem recomendações aos profissionais de saúde, a fim de proporcionar melhor desempenho durante o processo de decisão clínica (Dantas *et al*., 2018; Nogueira, 2014). SADC é um sistema de apoio à decisão, aplicado à saúde, projetado para receber informações de várias fontes clínicas (Shaikh *et al*., 2020), para fornecer recomendação aos profissionais de saúde na tomada de decisão (Souza-Pereira *et al*., 2020; Nogueira, 2014). SADC é uma área importante onde a IA pode aumentar a capacidade do médico de recolher, entender e fazer inferência sobre grande quantidade de dados do paciente para chegar à decisão clínica mais adequada (Shaikh *et al*., 2020). SADC é, na maioria das vezes, baseado em Sistemas Periciais (SP), que auxilia no diagnóstico, seleção de tratamentos, prognóstico de taxa de mortalidade, prognóstico de qualidade de vida, tarefas administrativas, etc (Rodrigues, 2018). SP é um ramo da IA que teve maior impacto, especialmente na medicina, finanças, telecomunicações, atendimento ao cliente, transporte, aviação e, mais recentemente, na comunicação escrita **(**Naser & AL-Hanjori, 2016).

1.2 Motivação

O diagnóstico e o tratamento precoce determinam o melhor prognóstico para o paciente (Dantas *et al*., 2018). Neste sentido, surgiu a necessidade de criar um sistema de apoio à decisão, melhorando o diagnóstico, e consequentemente, melhor atendimento aos pacientes.

De entre os principais motivos para a criação de uma aplicação de apoio à decisão clínica para diagnóstico de cancro temos:

- Disponibilidade dos dados e diminuição da perda de informação clínica (Carvalho, 2014).
- Devido a grande quantidade de dados, torna-se difícil para os profissionais de saúde decidirem sobre o melhor procedimento de modo que sejam fornecidos os melhores cuidados médicos possíveis (Portela, 2009).
- O processo automático de informação clínica permite melhor utilização de tempo dos profissionais de saúde, melhores diagnósticos e terapias, redução dos erros,

menores tempos de internamento, e melhor qualidade de vida dos doentes (Faria, 2012; Carvalho, 2014).

- Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) permitem aumentar a qualidade de decisão, diminui o erro médico, tem baixo custo associado, é eficiente e eficaz na análise de grandes quantidades de dados. Estudos confirmam a ocorrência entre 10 a 30 % de erros médicos no diagnóstico (Faria, 2012).
- Carência de profissionais de saúde, e sobrecarga de trabalho aos que se dedicam a esta prática (Benedito, 2009).

1.3 Objetivos

O principal objetivo do projeto HNC-Diagnostic é construir um Sistema Pericial (SP) de apoio ao diagnóstico de cancro de cabeça e pescoço. O sistema permitirá aos utentes realizarem um pré-diagnóstico (rastreio), ajudando o profissional de saúde a decidir acerca da necessidade de realizar exames clínicos auxiliares, levando a redução de exames que são potencialmente evitáveis.

A presente dissertação de mestrado insere-se no âmbito do projeto HNC-Diagnostic, onde a Base de Conhecimento (BC) é um dos principais objetos de estudo. O SP poderá recolher, organizar, representar, testar e validar conhecimentos, que são guardados na BC, em forma de factos e regras. É possível criar regras a serem utilizadas pelo SP, de modo que este possa propor soluções adequadas (ótimas ou quase-ótimas) na utilização de recursos para fazer face às necessidades de tomada de decisão, confrontados com um elevado volume de informação, complexa e incerta. Para o desenvolvimento do projeto, definiu-se os seguintes critérios específicos:

- Pretende-se que o sistema seja utilizado em computadores/*notebooks*, tablets, *smartphones* e afins de forma responsiva, via web.
- O sistema deve permitir a inscrição dos pacientes e preencher os dados médicos.
- Permite que uma comunidade de profissionais de saúde reúna e crie as regras de pré-diagnóstico.
- Permitir ao paciente realizar pré-diagnóstico e receber uma recomendação de um profissional de saúde. O sistema produz as suas conclusões e justificações,

relativamente ao pré-diagnóstico realizado. O profissional de saúde terá acesso a essas conclusões e justificações, e faz a sua recomendação.

- A aplicação permite de uma forma confortável responder as questões sobre os hábitos sinais e sintomas;
- Comunicar com outros sistemas e obter informações sobre histórico clínico.
- Permitir comunicação entre os pacientes e os profissionais de saúde a fim de obter feedback acerca do tratamento.

1.4 Estrutura e organização da dissertação

A presente dissertação pretende explicar o trabalho desenvolvido, proporcionando uma leitura fácil e de clara interpretação. Desse modo, este documento está estruturado nos seguintes capítulos:

- Na introdução é feito um pequeno enquadramento sobre cancro de cabeça e pescoço (CCP) e o avanço das tecnologias na área de saúde, é descrito a motivação da realização deste projeto, os principais objetivos do projeto e a forma como a tese está estruturada.
- Cancro de cabeça e pescoço, são abordados os conceitos da anatomia e fisiologia das células e o cancro de cabeça e pescoço.
- Inteligência Artificial e sistemas periciais, fala-se da Inteligência artificial (IA), sistema de apoio à decisão clínica (SADC) e sistema periciais (SP) .
- Arquitetura e processo de construção de SP, são apresentados os componentes de um SP, e são abordadas as metodologias que podem ser utilizadas no desenvolvimento de um SP, apresentando as vantagens e desvantagens de cada um.
- No processo de desenvolvimento, são apresentadas as etapas e as metodologias utilizadas no desenvolvimento do projeto HNC-Diagnostic, a modelação do sistema, as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do projeto, a implementação, teste e discussão dos resultados.
- Considerações finais, são apresentadas as conclusões tiradas no decorrer do desenvolvimento do projeto e projetos futuros.

2 Cancro da Cabeça e Pescoço

Cancro é um grupo de doenças que envolve o crescimento celular anormal, onde algumas das células do corpo começam a dividir-se e espalhar-se rapidamente para os tecidos circundantes, levando ao aparecimento de muitos sinais e sintomas nos pacientes (Kolankiewicz *et al*., 2013; Ruddon, 2007; Weinberg, 2014). É uma das principais causas da mortalidade em vários países, representando a segunda causa de morte no mundo (Dantas *et al*., 2018; Pedrosa *et al*., 2019).

2.1 Revisão anatómica e fisiológica

As células humanas normais crescem e dividem de forma controlada conforme o corpo precisa delas (White *et al*., 2012). Quando as células envelhecem ou ficam danificadas, morrem e novas células tomam seu lugar (NCI, 2015). Quando o cancro se desenvolve, devido ao desequilíbrio de replicação celular e morte celular (White *et al*., 2012), esse processo ordenado é interrompido (Ruddon, 2007).

As células cancerosas diferem das células normais em muitos aspectos. Uma diferença importante é que as células cancerosas são menos especializadas do que as células normais. Esta é a razão pela qual, ao contrário das células normais, as células cancerosas continuem a sua divisão sem parar (NCI, 2015; White *et al*., 2012) e que permite que cresçam sem controle e se tornem invasoras (NCI, 2015). A figura 2.1 ilustra a diferença entre células cancerígenas e células normais.

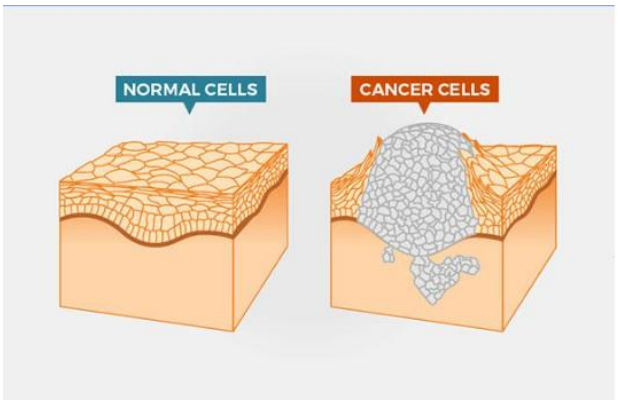


Figura 2.1: Células normais vs células cancerígenas, adaptada de (NCI, 2015).

Cancro é uma doença de origem genética (Weinberg, 2014), ou seja, é causada pelas mudanças nos genes que controlam o funcionamento das nossas células (King & Robins, 2006; Blows, 2005; Schulz *et al*., 2005). Os genes são organizados em longas fitas de DNA fortemente compactadas chamadas cromossomas (NCI, 2015). A figura 2.2 ilustra a composição de uma célula onde se pode identificar cromossoma e gene.

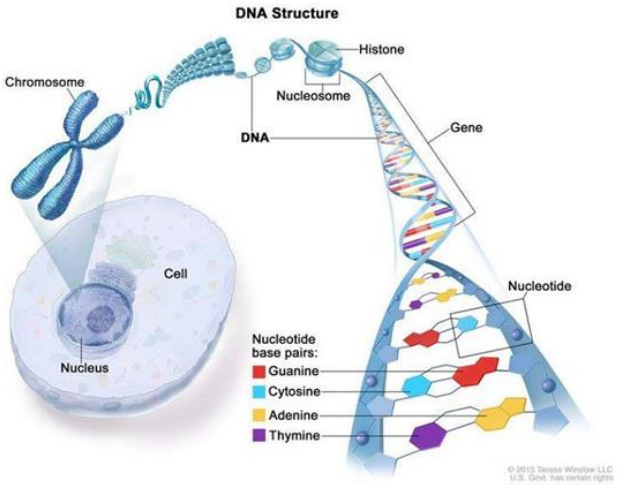


Figura 2.2: Estrutura celular, adaptada de (NCI, 2015).

Com a mudança nos genes as células crescem e dividem-se mesmo que o corpo não precise delas (Ruddon, 2007; White *et al*., 2012). As alterações genéticas que causam cancro podem ter causas muito diversas. Podem ser herdadas dos nossos pais (Blows, 2005; Schulz *et al*., 2005) ou, podem surgir durante a vida de uma pessoa como resultado de exposição ambiental (fumo do tabaco, radiação ultravioleta, etc.) (Coelho, 2017; White *et al*., 2012).

Cancro de Cabeça e Pescoço (CCP)

O cancro da cabeça e do pescoço engloba tumores com origem nas mucosas de revestimento ou nas estruturas de suporte das vias aerodigestivas superiores (Figura 2.3) (Argiris *et al*., 2008). Abrange tumores na cavidade nasal e nos seios paranasais (1), na cavidade oral (2), na faringe (3), na laringe (4), e nas glândulas salivares (5) (Kawashita *et al*., 2020; Lo Nigro *et al*., 2017).

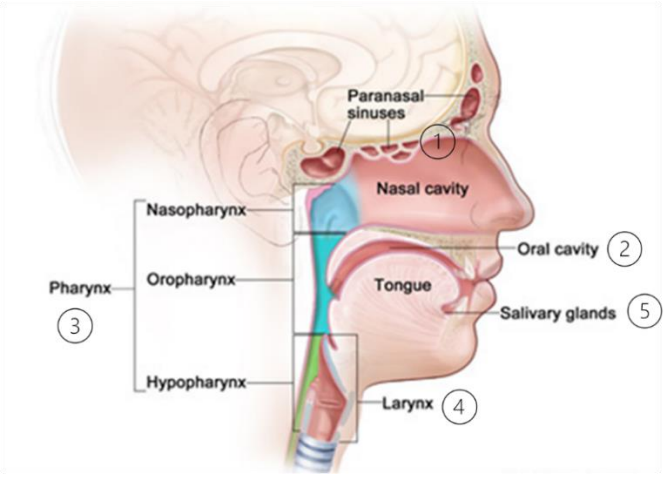


Figura 2.3: Região de cancro de cabeça e pescoço, adaptada de (William, 2018).

A cavidade nasal e os seios paranasais (1) ajudam a filtrar o ar que respiramos, aquece e humidifica o ar que chegará aos pulmões. A cavidade nasal é a parte interna do nariz, formada por duas cavidades paralelas que se estendem das narinas até à faringe, que estão separadas entre si por uma parede cartilaginosa. Os seios paranasais são cavidades aéreas situadas ao redor de cavidade nasal, que ajudam na circulação do ar (Kenhub, 2021).

A cavidade oral (2) é uma área interna da cabeça, a primeira parte do aparelho digestivo, e desempenha um papel significativo na comunicação (Kenhub, 2021). A boca (cavidade oral) inclui: lábios, gengivas, revestimento interior das bochechas, pavimento da boca (parte inferior, debaixo da língua), e palato (céu da boca) (Campana & Goiato, 2013).

A garganta inclui dois órgãos, a faringe e a laringe. **A faringe (3)** é um tubo com cerca de 13 centímetros de comprimento, que começa detrás do nariz e leva ao esófago. A faringe permite a passagem de ar, alimentos e líquidos, do nariz e da boca até os pulmões e estômago (Kenhub, 2021). A faringe está dividida em três partes: nasofaringe (porção mais elevada, atrás da cavidade nasal), orofaringe (parte média, onde se encontra amígdala e base da língua) e hipofaringe (porção mais baixa da faringe) (Campana & Goiato, 2013; William, 2018). **A laringe (4)** é uma componente do sistema respiratório formado por cartilagem, situada abaixo da faringe e acima de abertura de traqueia, que contém as cordas vocais (Kenhub, 2021, Oncoguia, 2021). A laringe é um órgão que

permite a fala, e também ajuda a proteger a traqueia e a via aérea no momento de engolir alimentos e líquidos (Oncoguia, 2021).

As glândulas salivares (5) são glândulas exócrinas situadas na cavidade oral e nas suas adjacências, e secretam seu conteúdo salivar na boca (Kenhub, 2021).

CCP são o sexto tipo de cancro mais comum e um dos que apresenta a pior taxa de sobrevivência (Conway *et al*., 2009; Estevão *et al*., 2016). São diagnosticados anualmente à escala mundial mais de 550 mil novos casos e este tipo histológico é responsável por mais de 300 mil mortes por ano (Kawashita *et al*., 2020).

O cancro da cavidade oral é o que apresenta maior incidência, seguidos de laringe e faringe. Por outro lado, o cancro das glândulas salivares, fossas nasais e seios paranasais são os que apresentam menor incidência (CUF, 2020; Campana & Goiato, 2013).

2.2 Fatores de Risco

Vários são os fatores de risco que podem aumentar o risco de desenvolver CCP. Estes fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, herdados ou resultado de hábitos ou costumes próprios de um determinado ambiente social e cultural (White *et al*., 2012).

Fatores Ambientais

A exposição profissional de um indivíduo a diversos agentes é um dos fatores que aumentam o risco de aparecimento do CCP (Coelho, 2017; Gomes, 2019). Indivíduos que trabalham nas indústrias de construção, metal, têxtil, cerâmica, madeiras e alimentos e que estão expostos a agentes como amianto, fibras sintéticas, têm sido associadas ao cancro da laringe (NCI, 2017). Mas, o aumento do risco ainda é controverso (NCI, 2017). A exposição industrial a pó de madeira, níquel e formaldeído contribui para o desenvolvimento de cancro dos seios paranasais e cavidade nasal (NCI, 2017; Estevão *et al*., 2016). O excesso de exposição aos raios solares na cabeça e no pescoço é outro fator ambiental relevante de risco no desenvolvimento, por exemplo, do cancro das glândulas salivares (Coelho, 2017; Galbiatti *et al*., 2013; Gomes, 2019). Os trabalhadores rurais que estão em constante exposição solar e em contacto com substâncias químicas são um grupo de risco para o desenvolvimento de cancro de cavidade oral (Galbiatti *et al*., 2013).

Os efeitos dos agentes cancerígenos são geralmente dependentes da dose. Quanto maior a dose ou maior a duração da exposição, maior o risco de desenvolvimento do cancro. Estima-se que 80% de todos os cancros estão associados a exposições ambientais e podem ser evitados se a exposição for evitada. (White *et al*., 2012).

Estilo de Vida

O consumo de álcool e tabaco são os dois fatores de risco mais importantes para o desenvolvimento deste tipo de cancro (Okami, 2016; Campana & Gaiato, 2013), especialmente o cancro da cavidade oral, orofaringe, hipofaringe e laringe (Argiris *et al*., 2008; Okami, 2016; NCI, 2017), mas também estão associados ao cancro de glândula salivar (NCI, 2017). Devido ao efeito combinado (Argiris *et al*., 2008), indivíduos que consumam tanto tabaco como álcool, desenvolvem assim um maior risco de desenvolver esses tipos de patologia (Estevão *et al*., 2016; Gomes, 2019; Galbiatti *et al*., 2013).

Uma dieta pobre em vegetais e frutas aparece frequentemente associada a um aumento do risco de desenvolver tumores da cavidade oral e faringe (Argiris *et al*., 2008; Warnakulasuriya ,2009), enquanto o consumo de certos alimentos conservados ou salgados durante a infância é um dos fatores de risco para o cancro de nasofaringe (NCI, 2017).

A má higiene oral e dentes estragados podem contribuir para o aparecimento de tumores da cavidade oral (Coelho, 2017; Gomes, 2019). O não recurso a profissionais de medicina dentária, a não adesão a hábitos de cuidados dentários recomendados (por exemplo, escovar os dentes ou utilização de fio dentário) e falta de peças dentárias são indicadores de má saúde oral (Gomes, 2019). O uso de iodopovidona (desinfetante para gargarejar) com alto teor alcoólico é um fator de risco possível, mas não comprovado, para o cancro de cavidade oral (NCI, 2017; Coelho, 2017).

Genéticos

Ainda que, os consumidores de tabaco e álcool apresentam um risco mais elevado de desenvolverem o cancro (Okami, 2016; Campana & Gaiato, 2013), existem pequenas variações genéticas e individuais que aumentam a suscetibilidade do indivíduo para o desenvolvimento desta patologia (Galbiatti *et al* 2013; Freitas, 2015).

Embora a CCP surja espontaneamente, o fator hereditário é apontado como fator de risco (Galbiatti *et al*., 2013; Conway, 2009). Indivíduos com síndrome de suscetibilidade ao cancro, como cancro colorretal hereditário sem polipose, síndrome de Li Fraumeni, anemia de Fanconi e ataxia telangiectasia (Argiris *et al*., 2008) apresentam um risco maior de vir a desenvolver esta CCP.

Vírus

Alguns vírus são igualmente responsáveis por aumentar a probabilidade de um indivíduo vir a desenvolver CCP, como é o caso de papiloma vírus humano (HPV) ou vírus Epstein-Barr. O papel de HPV tipo 16 no CCP pode ser independente de outros agentes cancerígenos (Argiris *et al*., 2008). A associação entre HPV e CCP varia com a região do cancro, sendo mais forte nos cancros da amígdala, intermediária para o resto da orofaringe e mais fraca na cavidade oral e na laringe (Argiris *et al*., 2008). O CCP relacionado com HPV ocorre com maior frequência em indivíduos que não consomem álcool nem fumam tabaco (Argiris *et al*., 2008; Marur *et al*., 2010). Já o HPV tipo 18, é apresentado como causa de um subconjunto de carcinomas epidermóides de células escamosas da orofaringe (CECEO), que incluem os da amígdala e a base da língua (Argiris *et al*., 2008; Okami, 2016), sobretudo em indivíduos jovens e não fumadores (Coelho, 2017; Gomes, 2019). O sexo oral, devido ao grande risco de transmissão da infeção pelo HPV, está implicado no aparecimento do cancro da orofaringe (Warnakulasuriya ,2009).

O cancro de nasofaringe e das glândulas salivares têm uma maior probabilidade de aparecer em indivíduos que tenham sido infectados pelo vírus *Epstein-Barr* (William, 2018; Coelho, 2017; Estevão *et al*., 2016; NCI, 2017).

Socioeconómicos

Existe igualmente uma relação entre os indicadores socioeconómicos no diagnóstico de cancro. Fatores como o nível económico, social, escolaridade, região, a idade e o sexo estão relacionados com o risco de aparecimento de CCP.

O aparecimento destes tumores está associado ao baixo nível de escolaridade, económico e social (Estevão *et al*., 2016; Freitas, 2015; Galbiatti *et al*., 2013). As taxas

de incidência e mortalidade são geralmente maiores para afro-americanos do que para brancos (White *et al*., 2012).

As características epidemiológicas dos doentes de CCP podem variar entre países e entre regiões do mesmo país (Estevão *et al*., 2016; Gomes, 2019). Nos países desenvolvidos a incidência e a agressividade destes tumores tem vindo a diminuir, contrariamente aos subdesenvolvidos ou em vias de desenvolvimento que a incidência e a mortalidade tendem a aumentar (Estevão *et al.*, 2016; Gomes, 2019). As regiões de alto risco para cancro da cavidade oral incluem Melanésia (Sub-região da Oceânia, Nordeste da Austrália) e Ásia Central (incluindo mulheres), oeste e sul da Europa e Sul da África. Já o tumor da laringe tem maior incidência no sul e leste da Europa, América do Sul, e Oeste da Ásia (Argiris *et al*., 2008; Warnakulasuriya, 2009).

Os indivíduos diagnosticados com CCP apresentam uma idade média de 60 anos e predominantemente no sexo masculino (Argiris *et al*., 2008; White *et al*., 2012), especialmente no cancro de laringe (Argiris *et al*., 2008). O cancro da cavidade oral apresenta também uma maior incidência em homens, isto poderá ocorrer devido à associação de riscos maiores e à exposição à luz solar como parte de ocupações ao ar livre. (Warnakulasuriya, 2009).

2.3 Sinais e Sintomas

A sintomatologia associada ao CCP pode ser subjetiva, no caso de serem apenas sentidos pelos doentes, mas também objetivas, quando podem ser observados no organismo do doente (sinais) (Kolankiewicz *et al*., 2013). Muitos pacientes hospitalizados diagnosticados com cancro apresentam sintomas que variam consoante a gravidade, frequência e duração (Pedrosa *et al.*, 2019). O CCP apresenta um grande impacto na qualidade de vida (QV) dos pacientes (Pedrosa *et al.*, 2019), leva a alterações físicas, motoras e sensoriais, levando também a um impacto negativo na saúde mental (Vartanian *et al.*, 2006; Pedrosa *et al.*, 2019).

Os sinais de CPP podem incluir o aparecimento de um nódulo, uma ferida que não cicatriza, dificuldade para ingerir alimentos (odinofagia) e dificuldade para produzir sons

ao falar (disfonia), dificuldade persistente em engolir e alteração na voz (rouquidão), tumefacção ("caroço") no pescoço, dor no ouvido persistente, obstrução nasal e epistáxis (hemorragia nasal) (NCI, 2017; CUF, 2020).

É importante salientar que os melanomas da mucosa nasal representam um tipo de neoplasia agressivo, cujo diagnóstico é, muitas vezes, tardio, seja pela falta de sintomatologia no estágio inicial, ou pela falta de observação médica adequada e atempada dos doentes. Quando ocorre na mucosa oral, faringe, laringe e lábios pode apresentar uma lesão pigmentada e indolor (Gabriel *et al*., 2017).

Existem, porém, outros sintomas que podem indicar a presença de um tumor em regiões específicas da cabeça e pescoço (NCI, 2017):

O cancro da cavidade oral contempla os lábios, mucosa da boca, parte anterior da língua, assoalho da boca, palato e gengivas (Campana & Goiato, 2013). O aparecimento de manchas brancas ou vermelhas nas gengivas, língua ou no revestimento da boca são sinais associadas ao cancro de cavidade oral (NCI, 2017). O surgimento de edema da zona envolvente da mandíbula que faz com que as próteses se encaixem mal ou se tornem desconfortáveis, hemorragias ou dor podem ser sintomas de lesão nesta área, fazem parte do diagnóstico da doença (NCI, 2017). Alterações na simetria, da cor, tumefação (inchaço) e ulcerações (lesões superficiais), na mucosa oral, devem ser consideradas como sinais de alerta (Freitas, 2015). Nódulos ou alterações nos tecidos do pescoço, da cabeça e da face são outros sinais de cancro na cavidade oral (Freitas, 2015).

O cancro das glândulas salivares apresenta sintomas que variam consoante a localização da lesão (Campana & Goiato, 2013). Quando o cancro é nas glândulas salivares maiores, os principais sintomas são uma massa dolorosa e edema de glândula parótida, submandibular e sublingual. No caso de glândulas salivares menores as queixas são uma massa dolorosa na submucosa e úlceras no palato, lábios ou mucosa da boca (Campana & Goiato, 2013). Consoante a evolução dos tumores, podem ocorrer ainda obstrução nasal, congestão e alterações visuais (Campana & Goiato, 2013). Para além deste, sintomas como o inchaço sob o queixo ou ao redor da mandíbula (osso maxilar), parestesia (dormência) ou paralisia dos músculos da face, dor na face, queixo ou pescoço que não melhora, fazem parte do diagnóstico da doença (NCI, 2017).

No caso do cancro da cavidade da faringe a dispneia (falta de ar), odinofagia (dor de garganta), dor no pescoço ou garganta que não melhora, cefaleias (dores de cabeça) frequentes, dor ou zumbido nos ouvidos ou dificuldade auditiva, fazem parte do diagnóstico. Como visto anteriormente, a cavidade de faringe contempla orofaringe, nasofaringe e hipofaringe. Quando falamos do cancro da orofaringe, a sensação de corpo estranho, regurgitação nasal (alimentos ou líquidos saem pelo nariz), odinofagia (dor de garganta), otalgia (dor de ouvido) e adenopatias (aumento do tamanho de algum gânglio linfático) devem ser considerados como sintomas (Campana & Goiato, 2013). Já para o cancro da nasofaringe, os sintomas são inespecíficos e dependem da região na qual o tumor se localiza, podendo levar a problemas auditivos, otites (inflamação ou infecção nos ouvidos), obstrução nasal, anosmia (falta de olfato), hemorragias, disfagia (dificuldade em engolir), disfonia (rouquidão), diplopia (visão dupla) e dor (Campana & Goiato, 2013). No caso do cancro de hipofaringe os sintomas podem incluir: ferida na garganta que não cicatriza, tosse persistente, dor e dificuldade para engolir, dor de ouvido persistente, dificuldade para respirar, perda de peso e nódulo ou massa no pescoço (Oncoguia, 2021; Quintana, 2018).

Já para o cancro da laringe o sintoma principal é a rouquidão ou disfonia. Porém, isto só ocorre precocemente quando há acometimento da glote, pois no caso de carcinoma da supraglote a rouquidão passa a ter uma revelação tardia (Campana & Goiato, 2013). Para além deste, sintomas como dor de garganta (odinofagia) e ouvido (otalgia) (NCI, 2017), dificuldade em engolir (disfagia), sensação de corpo estranho e tosse fazem parte do diagnóstico da doença (Campana & Goiato, 2013).

Para o cancro das fossas nasais e seios paranasais, o diagnóstico é iniciado através da suspeita de sinais e sintomas como: seios paranasais obstruídos, infecções sinusais crónicas que não respondem a antibioterapia, hemorragia nasal, cefaleias (dores de cabeça) frequentes, edema (inchaço) ou outra queixa nos olhos, dor nos dentes superiores ou problemas com as próteses dentárias (NCI, 2017).

2.4 Métodos de Diagnóstico

O reconhecimento precoce da doença (CCP) depois da recolha de informações dadas pelo doente (anamnese), dos seus sinais e sintomas e dos resultados dos exames complementares efetuados (Costa, 2014) é importante para o diagnóstico imediato (Argiris, 2008) e para o êxito no tratamento (CUF, 2021, Clínica s. Miguel, 2019).

O rastreio é, no entanto, o processo de diagnóstico mais eficaz pois pode ajudar a detetar precocemente pequenas alterações em pessoas que não apresentam queixas ou sintomas (fase assintomática) (MGFamiliar, 2020; SNS24, 2021). As regularidades dos exames de rastreio dependem sempre do grupo de risco que um indivíduo se insere e isso depende de muitos fatores como foi visto anteriormente. Pessoas do género masculino, com 50 ou 60 anos, fumadores, com hábitos alcoólicos apresentam maior risco de vir a desenvolver um CCP (Trofa Saúde, 2021). Indivíduos com Anemia de Fanconi, síndrome de Li-Fraumeni e síndrome de Plummer-Vinson fazem igualmente parte do grupo de risco elevado e consequentemente com rastreios mais regulares (MSKK, 2021).

Quando aparecem sintomas que levam à suspeita da presença deste tipo de tumores (queixas persistentes com duração superior a 2 semanas como rouquidão, dificuldade em engolir, dores de garganta, massas no pescoço, lesões e feridas da boca, obstrução nasal) o paciente deve procurar com brevidade um especialista em Otorrinolaringologia ou em Cirurgia Maxilo-Facial (CUF, 2020).

Para encontrar a causa dos sinais ou sintomas de um problema na região da cabeça e pescoço, o médico avalia o histórico clínico de uma pessoa, realiza um exame físico (inspeção dos tecidos e palpação) e solicita exames diagnósticos (NCI, 2017; Campana & Goiato,2013). Os exames e testes podem variar dependendo dos sintomas (NCI, 2017). Os exames auxiliares de diagnóstico ajudam o clínico a visualizar a localização exata do tumor e identificar as estruturas que estão envolvidas (Freitas, 2015).

Seguem-se alguns dos exames e métodos de diagnóstico mais comuns que podem ser usados para o diagnóstico de CCP:

Diagnóstico Clínico

Este tipo de diagnóstico é estabelecido através de um interrogatório (história clínica) e da observação do doente, sem recurso a outros exames (Costa, 2014).

Exame completo à cabeça e pescoço é o primeiro exame que é feito numa consulta de especialidade. Neste exame o médico observa todas as áreas da cabeça e pescoço, procurando quaisquer alterações. O principal exame para a verificação da doença é a observação direta da lesão abrindo a boca, utilizando um depressor lingual (espátula e lanterna), no caso de uma lesão da cavidade oral, local mais frequente dos tumores de mucosa (William, 2018; Argiris, 2008). Os gânglios linfáticos da cabeça e pescoço vão ser palpados. Em tumores mais profundos, como os de laringe, hipofaringe e nasofaringe, é necessário a utilização de nasofibrolaringoscópio, aparelho que possui uma fibra ótica dotada de uma luz intensa na extremidade, para permitir a visualização da cavidade nasal (nasofibroscopia), faringe e laringe (laringoscopia) (William, 2018).

Outro dos exames que é feito é um exame neurológico. Este exame é constituído por um conjunto de perguntas e testes que verificam o estado mental do paciente (Mandal, 2019).

Também pode ser realizado teste de audição. Este procedimento é utilizado para verificar se o paciente pode ouvir sons suaves e fortes, graves e agudos. Cada ouvido é avaliado separadamente (Argiris, 2008).

Diagnóstico Biológico

Este diagnóstico é efetuado em provas feitas pelas pessoas, nos resultados bacteriológicos ou nas análises das colheitas orgânicas (Costa, 2014).

A biópsia é sempre necessária para confirmar o diagnóstico de cancro (NCI, 2017). Neste exame, é retirado um pequeno pedaço de tecido com aparência tumoral, a fim de ser analisado para procurar células cancerosas. É o método de diagnóstico de cancro mais confiável (Campana & Goiato, 2013; Freitas, 2015).

Outro exame de diagnóstico que é feito é a endoscopia. Este é um exame em que pode ser examinado o interior do nariz, boca e garganta, utilizando endoscópio, e pode colher amostras de tecido para o exame microscópico (Mandal, 2019).

Também pode ser realizada a laringoscopia. Este é o procedimento para observar a laringe, utilizando espelho ou laringoscópio (instrumento em forma de tubo fino, com luz e lente para visualização) que é introduzido pela boca (Campana & Goiato).

Diagnóstico Radiológico

Diagnóstico feito apenas com base nos exames radiológicos efetuados (Costa, 2014).

A tomografia computadorizada (TAC) é um método de diagnóstico que utiliza radiação para obter imagens, permitindo visualização mais detalhada dos órgãos internos. Esta técnica é utilizada para detetar tumores, determinar o estádio da doença e verificar se células cancerígenas se disseminaram (Roche, 2021).

A Ressonância Magnética Nuclear (RMN) é um outro exame radiológico utilizado. As RMN utilizam campos magnéticos para obter imagens detalhadas do órgão ou tecido. RMN possibilita o estadiamento dos tumores, permitindo avaliar o local, tamanho e extensão dos tumores nos tecidos moles e duros (Freitas, 2015; Campana & Goiato,2013).

A radiografia com contraste pode ser necessária. Neste exame radiológico, as radiografias são feitas enquanto o paciente recebe uma dose de um medicamento (iodo ou bário), ingerida via oral, permitindo uma melhor visualização de diferentes estruturas do corpo (Rede D'Or São Luiz, 2021; ABCMED, 2014).

Também podem ser realizadas radiografias ao tórax para verificar se ocorreu disseminação pulmonar da neoplasia (Freitas, 2015).

Outro exame radiológico muito utilizado é o PET (tomografia por emissão de positrão). Este exame é cada vez mais utilizado para verificar se há metástases (espalhamento de cancro para outras partes do corpo) (Freitas, 2015; Argiris *et al*., 2008).

Análises ao sangue

A realização de dosagem de marcadores tumorais é uma análise sanguínea que permite identificar o cancro. Esta análise também permite analisar o desenvolvimento do tumor e a resposta ao tratamento (Lemos, 2021).

Uma das análises sanguíneas que pode ser efetuada é a Sorodiagnóstico. Este é um diagnóstico feito por análises ou provas serológicas (Costa, 2014).

A pesquisa de vírus de Epstein-Barr é uma análise ao sangue em que se procuram anticorpos e marcadores de ADN do vírus, que surgem em doentes que foram infectados pelo vírus (Costa, 2014). Segundo Vasconcelos (2019), parece haver uma relação clara entre vírus Epstein-Bar (EBV) e cancro de esófago.

Também deve ser realizado teste laboratorial para pesquisar tipos específicos de infecção por HPV. Este teste é feito em biópsias que podem revelar cancro da orofaringe (William, 2018).

2.5 Decisão de Tratamento

Tendo o diagnóstico a confirmar a existência de cancro, o médico vai querer estudar o estágio/crescimento da doença. O estágio é o processo pelo qual se verifica a metástase (crescimento de cancro em outras regiões para além da estrutura anatômica na qual se iniciou o crescimento), em caso afirmativo, descobrir em que partes do corpo (NCI, 2017). Um exame rigoroso é o fator mais importante que orienta a tomada de decisão terapêutica (Argiris, 2008). O estágio pode envolver um exame sob anestesia, por um cirurgião de cabeça e pescoço, raios-x, exames laboratoriais e outros procedimentos de imagiologia com TC ou RM, ou ambos (NCI, 2017; Argiris, 2008).

Com a confirmação da lesão suspeita, a biópsia é obrigatória e deve ser realizada o mais rápido possível. A amostra retirada será encaminhada para exame microscópico (anatomopatológico). Às vezes, são necessários exames auxiliares para chegar ao diagnóstico, como: Ultrassonografia; Radiografia Panorâmica de Mandíbula; Tomografia Computadorizada; Ressonância Nuclear Magnética e PET-TC. Esses exames são mais

utilizados em caso de tumores com uma maior área de incidência, que eventualmente tenham atingido gânglios linfáticos do pescoço ou invadido estruturas vizinhas, como os ossos e as cartilagens da região circundante (William, 2018).

3 Inteligência Artificial e Sistemas Periciais

3.1 Inteligência Artificial

Inteligência artificial (IA) é um ramo da ciência de computação que lida com a simulação de comportamento inteligente em computadores (Shaikh *et al*., 2020; Omankwu *et al.*, 2017). O termo IA foi criado em 1956 pelo professor John McCarty do Dartmouth College e tem origem na matemática, lógica, filosofia, psicologia, ciência cognitivas e biologia, entre outras áreas, e possibilita a automação de processos e métodos em várias áreas, tais como saúde (Peruzzo, 2019).

Os principais objetivos da IA são desenvolver métodos e sistemas para resolver problemas para as quais é necessária alguma inteligência, geralmente resolvido pela atividade intelectual dos seres humanos, melhorando assim a nossa compreensão de como o cérebro humano funciona (Farias *et al*., 2013).

A AI pode ser definida de várias formas, pois existem diversos elementos que manifestam de maneiras diferenciadas, produzindo um *framework* em categoria, nos quais as definições são classificadas conforme a tabela 3.1 (Medeiros, 2018).

Tabela 3.1: *Framework* para definições de IA em categoria (Medeiros, 2018).

	Ser humano	Racionalidade
Pensar	Sistemas que pensam como seres humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Agir	Sistemas que agem como seres humanos	Sistemas que agem racionalmente

3.1.1 Tipo de problemas resolvidos em Inteligência Artificial

Os problemas mais adequados aos métodos e técnicas de inteligência artificial englobam heurística e aprendizagem. Heurística busca de soluções por meio de conhecimento obtido com a prática, que se aproximam cada vez mais da solução com utilização de técnicas que envolvem tentativa e erro (Jaokar, 2017; Alves, 2005). Muitas vezes assume o aspeto de regras de bom senso ou de “Rules of Thumb” (Alves, 2005). Aprendizagem é o armazenamento e a utilização de dados coletados nas situações

anteriores, transformação desses dados em informações úteis, e utilização dessas informações em instâncias futuras do processo de resolução (que equivale à geração de conhecimento a partir das informações deduzidas) (Jaokar, 2017).

Jaokar (Jaokar, 2017) específica 12 categorias de problemas que envolvem heurística e aprendizagem, para as quais a inteligência artificial é especialmente adequada para prover soluções. Dessas categorias e para o âmbito deste trabalho destacam-se duas. Problemas em que a máquina deve aprender algum conhecimento complexo, e demonstrar perícia no assunto e em problemas em que a máquina não só deve aprender um domínio complexo e demonstrar perícia, mas também sugerir novos caminhos de ação, não presentes na base de conhecimento, com base no que aprende. Por exemplo sistemas periciais médicos, capazes de aprender sobre o assunto para auxiliar os peritos ou e indicar medicamentos conhecidos no tratamento de doenças nas quais ainda não foram utilizados.

3.1.2 Áreas e aplicações de IA

A inteligência artificial é aplicada em várias áreas (Panesar, 2019), entre os quais temos:

***Machine Learning* (Aprendizagem máquina)** é uma área de estudo que permite computadores aprenderem sem serem explicitamente programados (Shaikh *et al*., 2020).

Sistema Pericial é um programa de computador que tem como objetivo resolver problemas de decisão complexa de forma idêntica à utilizada pelos peritos (Gupta, 2013; Chojnacki *et al*., 2019).

O Processo de Linguagem Natural é um ramo de IA que se preocupa com interação entre computadores e humanos, utilizando a linguagem natural (Luo *et al*., 2020), que começou a ser utilizado em 1950 (Nadkarni *et al*., 2011).

Visão computacional é a área da ciência que desenvolve teorias e métodos que permitem analisar imagens e extrair informações úteis (Kakani *et al*., 2020; Lu & Young, 2020).

Robótica é um ramo da tecnologia que lida com os robôs. Os robôs são máquinas programáveis que geralmente são capazes de realizar uma série de ações de forma autónoma ou semi-autónoma (Omankwu *et al.*, 2017; Dirician, 2015).

3.2 Sistemas Baseados em Conhecimento (SBCs)

Um sistema baseado em conhecimento é um sistema de computador aplicado a problemas resolvidos por um especialista humano, num campo específico (Naser, 2016), automatizando o comportamento inteligente (Peruzzo, 2019). Os sistemas baseados em conhecimento são projetados para resolver problemas complexos raciocinando sobre o conhecimento, representados principalmente como regras se-então, em vez de por meio de códigos procedimentais convencionais (Ghali *et al*., 2017).

Os SBCs são utilizados para resolver problemas complexos, e problemas em que existe uma quantidade considerável de conhecimento no domínio sobre como resolvê-lo (Peruzzo *et al.*, 2019; Pardo & Rezende, s.d). Nos SBCs há uma separação clara entre conhecimento e raciocínio, o controle do programa não se mistura com a especificação do conhecimento (Faria, 2012). Conhecimento é um conjunto integrado de factos e relações que quando devidamente interpretado, produz um desempenho eficiente (Severino, 2017).

3.3 Sistema Pericial (SP)

Um sistema pericial (SP) é um programa de computador que simula o processo de raciocínio realizado pelo perito humano, para resolver problemas de decisão complexa, fornecendo conselho e conhecimento, numa área específica (Gupta, 2013; Bullinaria, 2015; Chojnacki *et al*., 2019). SP consiste em uma base de conhecimento de um domínio específico, geralmente restrito, e um mecanismo de inferência que permite realizar o processo de raciocínio (Severino 2017, Peruzzo *et al*., 2019). SP é um sistema baseado em conhecimento e um ramo de Inteligência Artificial (IA) (De Kock, 2003; Gupta, 2013). A figura 3.1 ilustra o lugar de SP na IA.

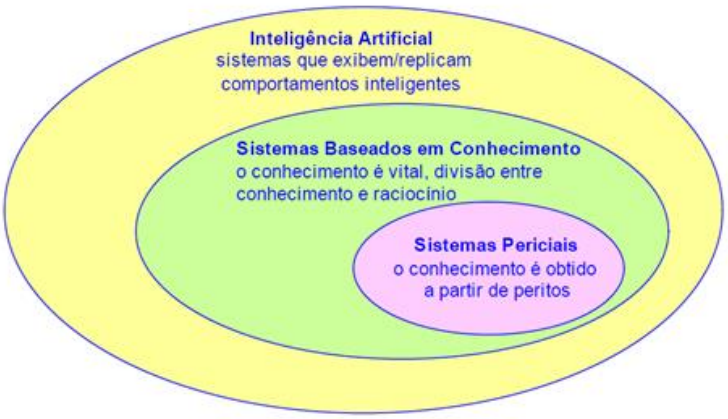


Figura 3.1: Sistema pericial e o seu lugar na inteligência artificial, adaptado de (IARTA, 2018).

Para um SP raciocinar, fornecer explicações e dar conselhos, é necessário processar e guardar conhecimento (De Kock, 2003). O conhecimento é guardado na base de conhecimento, em forma de factos e regras (Severino, 2017; Naser & AL-Hanjori, 2016). Para resolver um problema de nível de especialista, o SP vai necessitar de acesso eficiente à base de conhecimento, e um mecanismo de raciocínio para aplicar o conhecimento aos problemas que lhes são dados (Bullinaria, 2005). Normalmente estes sistemas devem ser capazes de explicar, como chegaram às suas decisões (Bullinaria, 2005; Severino, 2017).

3.3.1 Comparação entre Sistema Convencional e Sistema Pericial

Existem algumas características que distinguem um Sistema Convencional (SC) de um Sistema Pericial (SP). Os SPs manipulam conhecimento ao invés dos SCs que manipulam dados (Marconde, 2003; Alves, 2005).

Nos SPs existe uma separação entre conhecimento e o raciocínio (mecanismo de referência) (Faria, 2012; Marconde, 2003). Por outro lado, nos SCs a informação e o seu processamento são, normalmente, combinados num programa sequencial (Alves, 2005). Assim como os especialistas, os SPs utilizam lógica simbólica (inferência), enquanto que os SCs realizam processamento numérico (cálculos) (Marconde, 2003).

Nos SPs os problemas tendem a ser resolvidos utilizando heurísticas (regras práticas, regras ganhas com a experiência, regras da intuição do perito) ou métodos aproximados

ou métodos probabilísticos (Bullinaria, 2005; Faria, 2012). Por outro lado, nos SCs as execuções são efetuadas passo a passo, utilizando soluções algorítmicas (Marconde, 2003; Alves, 2005).

Num SC a explicação do raciocínio e dos resultados é uma tarefa difícil, enquanto que os SPs têm facilidade em fornecer explicações e justificações pelas suas soluções e recomendações (Gupta & Singhal, 2013).

Os SPs permitem revisão e mudanças, ou seja, a base de conhecimento pode ser atualizada, podendo ser acrescentadas novas regras e realizados ajustes. Por outro lado, os SCs apresentam dificuldade de modificação (Peruzzo *et al*., 2019; Marconde, 2003).

3.3.2 Benefícios e limitações de SP

Os SPs apresentam algumas vantagens pela sua capacidade de melhorar a resolução de problemas e diminuir o tempo da tomada de decisão, e consequentemente, aumento da produtividade (podem trabalhar mais rápido do que os humanos e em qualquer hora) (Naser & AL-Hanjori, 2016; Faria, 2012). Permitem a integração de opiniões de vários peritos, na base de conhecimento (Alves, 2005; Pereira, 2004), o que leva a superar conhecimento de um perito e ter capacidade para resolver problemas complexos. Estes sistemas têm habilidade para trabalhar com informação incompleta e incerta (Faria, 2012, Marconde, 2003). Estes sistemas podem operar em ambientes perigosos (onde dificilmente os humanos poderiam operar), e permitem preservar a perícia (a perícia, que é escassa e cara, fica na empresa caso o perito a abandone) (Alves, 2005; Gupta & Singhal, 2013).

Por outro lado, existem vários problemas e limitações, na concessão de um SP e no seu funcionamento. Os SPs apresentam a limitação de poderem trabalhar somente num determinado domínio de conhecimento (Naser & AL-Hanjori, 2016; De Kock, 2003). Um dos problemas dos SPs é que o conhecimento para além de estar sujeito a alterações, nem sempre está disponível. Não só os peritos humanos ganham novo conhecimento, mas também o conhecimento existente pode estar sujeito a grandes reformulações (Alves, 2005; Gallacher, 1989). Uma outra limitação é que a perícia não é fácil de ser extraída dos peritos (Gallacher, 1989; Faria, 2012), porque às vezes o engenheiro do conhecimento

tem dificuldades em perceber o perito (o vocabulário dos peritos é altamente técnico), ou porque o perito tem dificuldades em explicar o seu conhecimento (cada abordagem do perito pode ser diferente) (Alves, 2005). Outros problemas dos SPs estão associados à falta de confiança dos utilizadores dos SPs, devido aos seus limites cognitivos (De Kock, 2003; Gallacher, 1989). Além disso, muitos peritos não têm meios independentes para validar as suas conclusões (Alves, 2005; Faria, 2012).

A tabela 3.2 faz uma comparação de SP com peritos humanos, baseado nos fundamentos de (Alves, 2005; Gupta & Singhal, 2013; Naser & AL-Hanjori, 2016; De Kock, 2003).

Tabela 3.2: Comparação de SP com peritos humanos.

Fator	Perito	Sistema Pericial
Tempo Disponível	Horário de Trabalho	Sempre
Localização Geográfica	Local	Global
Segurança	Insubstituível	Substituível
Perecível	Sim	Não
Desempenho	Variável	Consistente
Velocidade	Variável	Constante
Custos	Altos	Suportáveis
Aspetos Emotivos	Sim	Não
Sujeito a Cansaço/Stress	Sim	Não

3.3.3 Tipo de problemas que justificam o uso de um SP

Os SPs envolvem um investimento considerável de dinheiro e esforço humano, pelo que é necessário verificar se o problema é apropriado para uma solução deste tipo. Existem algumas características que devem ser levadas em consideração na seleção do problema e no processo de engenharia do conhecimento (Luger,2015). A necessidade de uma solução deve justificar o custo e o esforço de construir um sistema especialista. Por

exemplo, sistemas para medicina apresentam, como retorno, ganhos para a saúde humana (Gallacher, 1989).

SP deve ser desenvolvida quando a perícia humana não está disponível em todas as situações em que ela é necessária. Por exemplo, na medicina, existem cidades que não possuem especialistas (Barreto, 2007; Gupta & Singhal, 2013).

Faz sentido utilizar SP quando o problema pode ser resolvido utilizando raciocínio simbólico (Luger,2015), o domínio do problema é bem estruturado e não requer raciocínio de senso comum (Gallacher, 1989; De Kock, 2003). Só devemos utilizar SP nos casos em que o problema não pode ser resolvido de forma satisfatória utilizando técnicas tradicionais (Barreto, 2007).

Para o desenvolvimento destes sistemas é necessário ter especialistas disponíveis (De Kock, 2003; Pardo & Rezende, s.d) com boa vontade e capacidade para compartilhar o seu conhecimento (Luger,2015; Gallacher, 1989).

Devem ser utilizados para resolução de um problema específico, porque é impossível colocar-se todo o conhecimento de um médico num sistema (Barreto, 2007).

3.3.4 Aplicações de SP ou Áreas de Aplicação de SP

Os SPs têm sido utilizados em uma ampla variedade de aplicações, atingindo quase todas as áreas do conhecimento incluindo engenharia, ciência, medicina, agricultura, indústria, educação e formação, negócios, finanças e design (Farias *et al*., 2013, Grosan & Abraham, 2011; Embrapa, 2017).

Os SPs podem ser utilizados num conjunto de situações, tais como, a realização de diagnósticos, a monitorização e controlo das atividades ou processos, a reparação de equipamentos ou a instrução de estudantes (Alves, 2005). Os SPs podem atuar em algumas áreas, conforme ilustrada na figura 3.2.

Diagnóstico – procura identificar os problemas, com os quais nos estamos a defrontar, em função do conjunto de dados ou informações que fornecemos (Alves, 2005;

Faria, 2012). Esta categoria inclui um largo espectro de tarefas no domínio da medicina, mecânica e eletrónica (Alves, 2005).

Interpretação – infere descrições de situações a partir de factos, fazendo uma análise e procurando determinar as relações e seus significados (Pereira, 2004; Júnior, 2002).

Prescrição - é muito utilizada nas áreas da medicina e da indústria (Faria, 2012).

Instrução – auxilia no ensino e no treino dos estudantes num determinado domínio, proporcionando ferramentas de ensino e treino por computador (Alves, 2005; Faria, 2012).

Previsão – a partir da análise do comportamento dos dados recebidos no passado, este sistema permite determinar a tendência do resultado futuro (Alves, 2005; Júnior, 2002). As tarefas típicas incluem a previsão do tempo e previsões financeiras (Alves, 2005).

Concepção/Projecto – deve ser capaz de justificar a iniciativa tomada para o objetivo final, e fazer a utilização dessa justificação para alternativas futuras (Pereira, 2004; Júnior, 2002).

Planeamento – gera sequências de ações que permitem atingir determinados objetivos, procurando definir os principais aspetos a levar em consideração na resolução de um problema (Alves, 2005).

Monitorização – permite acompanhar a evolução do sistema ao longo do tempo para vigiar os desvios que ameaçam os objetivos traçados (Faria, 2012).

Depuração – sistema que possui mecanismos para fornecer soluções para corrigir o problema diagnosticado (Pereira, 2004; Júnior, 2002).

Reparação – desenvolve e executa um plano para administrar a reparação prescrita (Alves, 2005; Júnior, 2002).

Controlo – faz a gestão do comportamento geral de outros sistemas, antecipando os problemas, planeando soluções e fazendo monitorização das ações necessárias (Alves, 2005; Pereira, 2004).

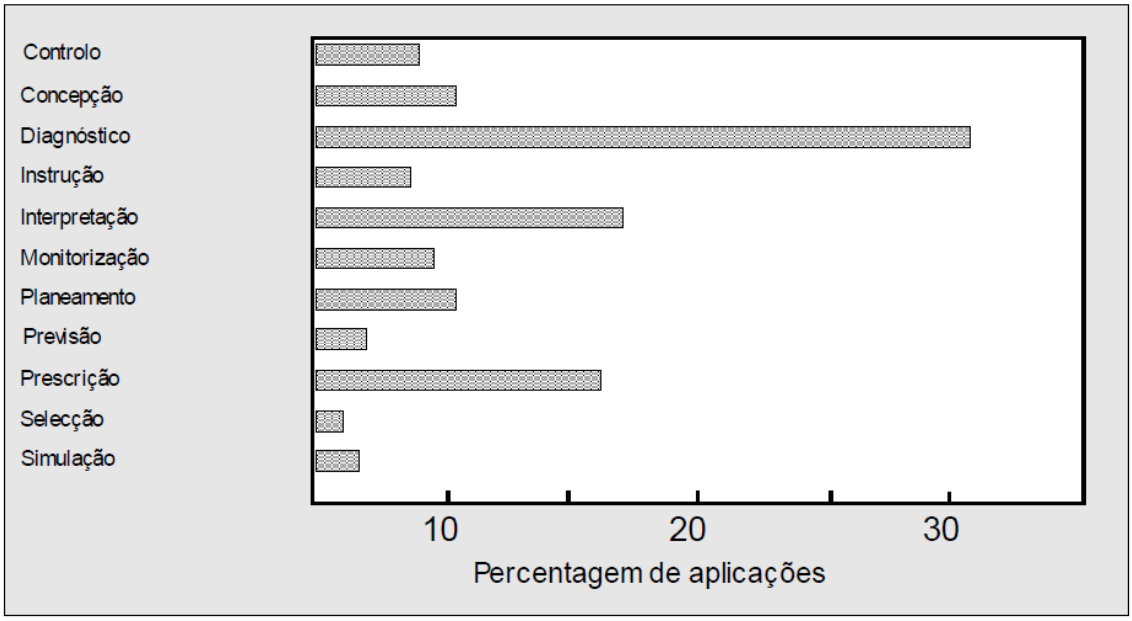


Figura 3.2: Percentagens de aplicações relativas à utilização de SP (Faria, 2012).

Na figura 3.2 pode-se observar que a maior área de aplicação é detida pelo diagnóstico, com mais de 30% de aplicações. Seguidamente vem a interpretação e a prescrição. A previsão, seleção e simulação são as áreas de menor relevância (Faria, 2012).

3.4 Estado da arte - Sistemas Computacionais na Área Médica

A IA é muito utilizada para projetar aplicações médicas para apoiar os médicos no diagnóstico e tratamento de pacientes de forma eficaz e eficiente (Souza-Pereira *et al.*, 2020). Os SPs são utilizados na maioria das áreas do conhecimento, em uma ampla variedade de aplicações, incluindo diagnóstico médico, ajudando os médicos a identificar potenciais diagnósticos com base em sinais e sintomas e dados do paciente (Farias *et al.*, 2013; Catania, 2021).

Para Faria (Faria, 2012), o objetivo final de um sistema de diagnóstico médico consiste na capacidade de originar um diagnóstico correto e simultaneamente possuir a capacidade de apresentar diagnósticos alternativos. Com a necessidade de ter métodos simples, baratos e acessíveis, o desenvolvimento de SP na área de diagnóstico torna-se relevante (Dantas et. Al, 2018). Os SPs possuem o conhecimento e inferências que lhes permitem acompanhar o tratamento e a terapêutica do paciente, auxiliando o profissional de saúde na tomada de decisão. Apesar da importância dos meios auxiliares de diagnóstico, os médicos são insubstituíveis. Neste sentido, realça-se mesmo assim a importância fundamental da atividade clínica e orientação para os sistemas a desenvolver (Faria, 2012).

É importante salientar que a aplicação de SP em nada pretende substituir o médico, apenas auxiliá-lo no pré-diagnóstico ou diagnóstico, promovendo melhor utilização de tempo dos profissionais de saúde e, consequentemente, melhor atendimento aos pacientes, muitas vezes importante no diagnóstico precoce (Carvalho, 2014). O diagnóstico e o tratamento precoce determinam o melhor prognóstico para o paciente, redução de custos de saúde e melhor qualidade de vida (Coelho, 2017; Dantas et. Al, 2018).

Sistema de Apoio à Decisão Clínica (SADC) é um sistema de TI na saúde projetado para receber informações de várias fontes clínicas (Shaikh *et al*., 2020), para fornecer suporte clínico na tomada de decisão (Shaikh *et al.*, 2020; Souza-Pereira *et al.*, 2020; Nogueira, 2014). Este sistema é, na maioria das vezes, baseado em sistemas periciais, que auxilia no diagnóstico, seleção de tratamentos, prognóstico de taxa de mortalidade, prognóstico de qualidade de vida, tarefas administrativas, etc. (Rodrigues *et al*., 2018). Muitos estudos foram realizados para fazer o diagnóstico ou a previsão de doenças utilizando técnicas de *machine learning* e sistemas periciais (Hamedan *et al.*, 2020).

Os primeiros sistemas computacionais para apoio à decisão foram construídos a partir dos anos 60 e eram, na sua maioria, voltados para o problema do diagnóstico (Flores & Hoher, s.d). Seguidamente, são apresentados alguns exemplos de sistemas de apoio à decisão clínica.

O CASNET foi o primeiro SP, baseado em raciocínio causal (as mesmas causas produzem os mesmos efeitos), utilizado na área médica, desenvolvido para apoio no diagnóstico do glaucoma, em 1960 (Faria 2012).

AAPHelp é um SP, desenvolvido em 1972 na universidade de Leeds. Este é um sistema para apoio ao diagnóstico de dores abdominais agudas e, com base em análises, utilizada no apoio à decisão sobre a necessidade de realizar ou não cirurgia (Liu, 2020).

INTERNIST é um SP, criado em 1974 pela Universidade de Pittsburgh para prestar assistência aos profissionais de saúde no diagnóstico (Liu, 2020; Faria 2012).

MYCIN foi um dos primeiros SPs criados, desenvolvido em 1976 na Universidade de Stanford enquanto dissertação de Doutoramento de Edward Shortliffe (Liu, 2020; Grosan & Abraham, 2011). Este sistema foi desenvolvido com o objetivo de identificar bactérias causadoras de infeções no sangue e fazer recomendações de antibióticos (com a dose ajustada ao peso de cada paciente) (Barreto, 2007; Flores & Hoher, s.d). Este sistema utiliza sistemas periciais (Liu, 2020; Grosan & Abraham, 2011), e uma das suas particularidades é a utilização de regras de julgamento para lidar com a incerteza, os chamados fatores de confiança e operava sobre base de conhecimento de cerca de 600 regras (Barreto, 2007; Flores & Hoher, s.d).

ABEL é um SP baseado em raciocínio causal, desenvolvido no início de 1980, utilizado na gestão de desarranjos de eletrólitos e ácido-base (Júnior, 2002).

ONCOCIN é um SP, baseado em regras, utilizado para gestão de protocolos oncológicos, desenvolvido na Universidade de Stanford (Flores & Hoher, s.d).

4 Arquitetura de um Sistema Pericial

O processo de construção de SP é muitas vezes chamado de engenharia do conhecimento (Bullinaria, 2005). A Engenharia do Conhecimento tem como objetivo transferir a perícia dos especialistas humanos para sistemas computacionais e de volta para os humanos, envolvendo atividades como aquisição, representação, validação, inferência, explicação e manutenção do conhecimento (De Kock, 2003; Rosa *et al.*, 2019).

O engenheiro de conhecimento é o profissional da área de computação que está envolvido com todos os componentes de um SP, codifica a perícia (conhecimento de uma especialista ou adquirido em outras fontes) e faz a representação do conhecimento (Severino, 2017). O Perito (especialista) é o elemento central no desenvolvimento de um SP e apresenta competências e conhecimento acerca de um dado domínio (Faria, 2012). Este especialista sabe, quando, como, onde e porque deve-se utilizar um determinado conhecimento (Jalowiecki *et al.*, 2017).

A figura 4.1 ilustra as atividades ou etapas de construção de um SP.

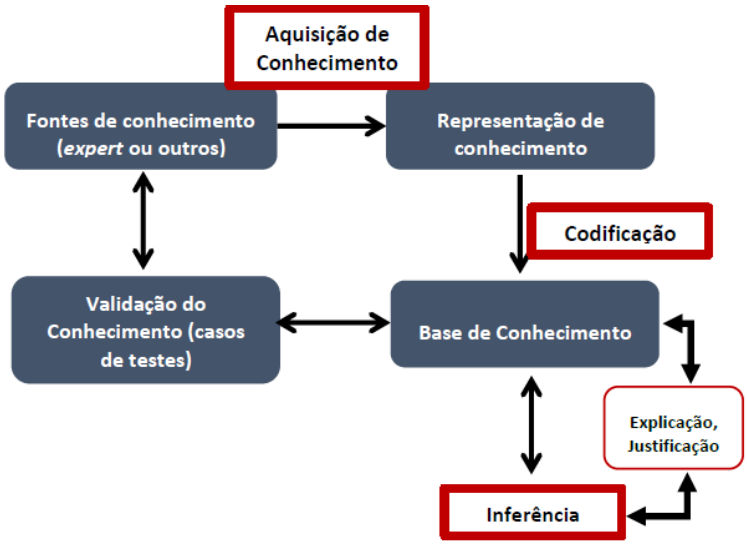


Figura 4.1: Processo de Engenharia do Conhecimento, adaptado de (Severino, 2017).

O processo de construção de um SP inicia-se com a identificação e definição do domínio do problema, fazendo consulta de algumas fontes de conhecimento (Medeiros, 2018). De seguida faz-se a aquisição do conhecimento, que é um processo de recolha do

conhecimento e da experiência, de um perito ou de qualquer outra fonte, a fim de introduzir na base de conhecimento de um SP e redefinir quando necessário (Bullinaria, 2005). A etapa seguinte é a representação do conhecimento, um processo em que o conhecimento obtido é organizado, estruturado e codificado na base de conhecimento, através de relações entre conceitos (Severino, 2017). O processo segue-se pela implementação do SP, onde é feito a codificação, construindo o motor de inferência e o módulo de explicação (Medeiros, 2018). A inferência é a capacidade de raciocínio que pode construir conhecimento de nível superior a partir dos conhecimentos existentes, fazendo combinação entre factos e regras, permitindo que os sistemas baseados no conhecimento possam aconselhar os utilizadores (De Kock, 2003). Explicação e justificação é a atividade onde verifica-se a passagem do conhecimento do sistema para os utilizadores, explicando como uma certa conclusão foi inferida (Botelho, 2015). Por fim é feita a validação de conhecimento, um processo de verificação e validação do conhecimento (utilizando casos de teste), até passar no teste de aceitação. A exatidão do sistema é verificada pelo perito, através da análise dos resultados dos casos de teste (Severino, 2017).

Segundo Severino (Severino, 2017), um sistema pericial precisa de ter quatro componentes básicos: base do conhecimento, motor de inferência, memória de trabalho e interface com o utilizador, como mostrado na figura 4.2.

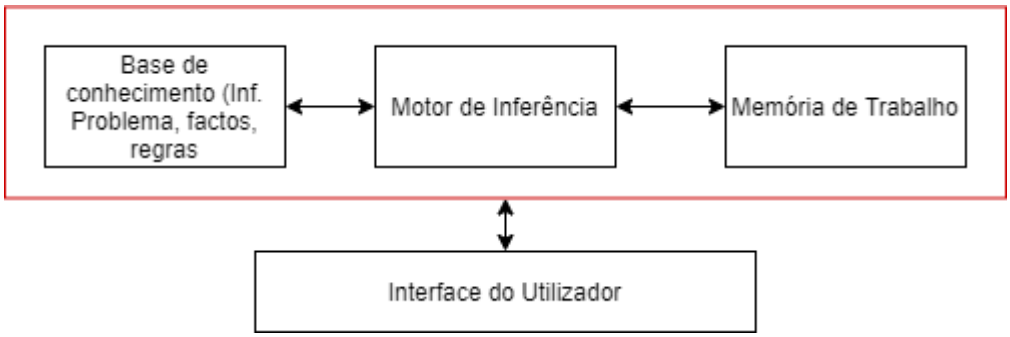


Figura 4.2: Arquitetura de um sistema Pericial, adaptado de (Severino, 2017).

A base de conhecimento (BC) consiste em procedimentos de regras de resolução de problemas e contém conhecimento altamente especializado na área do problema que é fornecido pelo perito (Gupta & Singhal, 2013). O motor de inferência é um mecanismo de controle genérico que utiliza a base de conhecimento, fazendo a combinação entre

factos e regras, para chegar a alguma solução ou conclusão (Ghali *et al*., 2017; Naser & El-Najjar, 2016). A memória de trabalho armazena dados sobre um problema específico (Faria, 2012), o estado do problema e dados relevantes sobre o que foi feito até ao momento, de modo a auxiliar no funcionamento dos outros módulos (Alves, 2005). A interface com o utilizador permite o diálogo entre o sistema e o utilizador (Severino, 2017).

4.1 Base de Conhecimento

A Base de Conhecimento (BC) é consultada/manipulada pelo motor de inferência (Pardo & Rezende, s.d), e contém os conhecimentos que o especialista humano utiliza na resolução de problemas (Severino, 2017; Fernandes, s.d). Conhecimento é a informação organizada e processada de forma a transmitir entendimento, experiência e aprendizagem acumulada, para a tomada de decisão. Informação é um conjunto de dados organizados e relacionados, que constitui uma mensagem sobre um determinado fenômeno ou evento (Severino, 2017). Pode também incluir probabilidades ou fatores de incerteza, que podem ser utilizados para melhorar a precisão das tomadas de decisão, ajudar na resolução de conflitos e melhorar recursos de explicação (Pardo & Rezende, s.d).

Depois de adquirido, o conhecimento é representado na base do conhecimento, em forma de factos e regras (De Kock, 2003; Naser & AL-Hanjori, 2016). Os factos conhecidos pelo sistema podem ser utilizados para produzir novos factos, designados de metaconhecimento. O metaconhecimento descreve o conhecimento sobre o próprio conhecimento. Este permite escolher o conhecimento que melhor se adapta à resolução do problema, tornando o processo de raciocínio e inferência mais eficiente (Alves, 200).

4.1.1 Aquisição de conhecimento

A aquisição do conhecimento consiste em reunir informações de um ou mais peritos humanos e/ou de fontes documentais (Pereira, 2004). A aquisição do conhecimento de um especialista é uma tarefa complexa, e, frequentemente, a parte mais crítica na construção de um SP (Pereira, 2004; Faria, 2012). Deste modo, há dois tipos de

conhecimento necessários para adquirir: o público e o privado. O conhecimento público provém da literatura legal, técnica, científica, entre outras, enquanto que o conhecimento privado é mais complexo e é adquirido pelos peritos (Faria, 2012).

O engenheiro de conhecimento (EC) desempenha um papel importante neste processo (Bullinaria, 2005), mas sistemas automatizados que permitem ao perito interagir diretamente com o sistema estão a tornar-se cada vez mais comuns (Bullinaria, 2005). Segundo Severino (Severino, 2017) existem três tipos de métodos de aquisição de conhecimento: métodos manuais, métodos semiautomáticos e métodos automáticos.

Nos métodos manuais, o EC é responsável por adquirir conhecimento do especialista ou outras fontes, codificando-o na base de conhecimento (BC) (Costa & Silva, 2005; Jalowiecki *et al*., 2017). Devido ao elevado custo deste método, lentidão no processo e imprecisões cometidas pelo homem, há uma certa tendência para a automatização deste processo (Severino, 2017). As técnicas podem ser baseadas em descrições ou literatura, em entrevistas e por acompanhamento (Faria, 2012; Costa & Silva, 2005). Em relação às técnicas baseadas em descrições, o engenheiro de conhecimento faz um pequeno estudo sobre o domínio de problema com base na literatura, a fim de adquirir algum conhecimento sobre o mesmo (Faria, 2012). Relativamente às técnicas baseadas em entrevistas, as informações podem ser recolhidas com o auxílio de gravações ou qualquer outro meio possível (Costa & Silva, 2005). Por fim, as técnicas baseadas no acompanhamento permitem acompanhar o processo de raciocínio do perito em casos reais (Faria, 2012).

Nos métodos semiautomáticos são utilizadas ferramentas computacionais que auxiliam o engenheiro de conhecimento a codificar a BC, reduzindo o número de pessoas envolvidas no processo e acelerando o processo de construção de BC (Costa & Silva, 2005). Estes métodos são caracterizados pela necessidade ou não da intervenção de EC ou especialista. No primeiro caso em que há necessidade de EC, o sistema permitirá executar as tarefas necessárias de forma eficiente e eficaz (com a participação mínima de um especialista). No caso em que há necessidade de especialista, o sistema interage diretamente com os peritos, permitindo construir BC com pouco ou nenhum suporte por parte do EC (Severino, 2017).

Nos métodos automáticos a participação do EC e peritos é mínima ou mesmo eliminada (Severino, 2017; Faria, 2012). Este método utiliza softwares na busca de conhecimento, automaticamente a partir de dados existentes (Jalowiecki *et al*., 2017). A aquisição automática de conhecimento é também conhecida como machine learning. Estes métodos apresentam como vantagens um reduzido custo, reduzido nível de qualificação exigido ao EC, facilidade de verificar e validar (De Kock, 2003).

4.1.2 Representação de conhecimento

Após a aquisição do conhecimento, é necessário representá-lo de modo a estimular a metodologia e o desempenho de um especialista no domínio desse problema (Faria, 2012). O sucesso dos SPs depende não somente do conhecimento adquirido, mas também da forma como este é representado na BC (Pereira, 2004).

As técnicas de representação de conhecimento, que serão discutidas neste trabalho, são: regras de produção, redes semânticas, frames e orientação a objetos. A representação de conhecimento também pode ser feita utilizando uma mistura de técnicas. Estes sistemas são chamados Sistemas Híbridos (Pardo & Rezende).

As regras representam o conhecimento e o comportamento humano (Leung, 2020; Jimenez *et al*, 2020), e são frequentemente chamadas de regras de produção (De Kock, 2003). A maioria dos SPs representam conhecimento como regras e assim sendo a BC é frequentemente referida como base de regras (De Kock, 2003). As regras envolvem sintaxes simples e flexíveis, por isso os peritos têm facilidade em ler, compreender e mantê-las (De Kock, 2003), mas não são eficientes e flexíveis o suficiente para ligar com longas cadeias de inferência (Leung, 2010). As regras são muito eficientes no diagnóstico de problemas da forma: se (condição), então (conclusão) (Jimenez *et al.*, 2020; Peruzzo *et al.*, 2019). Por exemplo: Se P Então C, onde P é a premissa (ou antecedente) da regra, e C é a conclusão (ou consequência) da regra (De Kock, 2003). A seguir é apresentado um exemplo desta técnica (Embrapa, 2017).

SE x é humano ENTÃO x é mortal
SE y é mulher ENTÃO y é humano
SE y é humano ENTÃO y é mortal

Redes Semânticas é uma forma popular e fácil de perceber, para representar conhecimento sem regras (De Kock, 2003). Redes Semânticas organiza conhecimento através de nós num gráfico em vez de uma estrutura de dados. Os nós estão ligados uns aos outros por um conjunto de ligações e representam objetos que podem ser factos, eventos, situações, ações, conceitos, indivíduos, proposições, termos, decisões e procedimentos (Leung, 2020).

Frame é um pedaço de dados estruturado sobre características típicas de um objeto, ato ou evento, em que o conhecimento é mais descritivo do que processual (De Kock, 2003; Peruzzo *et al*., 2019). Estas estruturas contêm conhecimento de um objeto, incluindo seu nome e um conjunto de atributos, denominados de *slots* ou propriedades (Barreto 2007). *Frames* devem ter valores por defeito e procedimento de preenchimento de *slots*, para lidar com valores ausentes (De Kock, 2003).

O paradigma da orientação a objetos (OO) consiste em distribuir informação, conhecimento e relações sobre objetos como parte de uma estrutura modular (Barros, 2018). Objeto (Figura 4.3) é uma estrutura de dados que contém atributos e métodos. Os objetos que compartilham os mesmos atributos e métodos são agrupados em classes (Walczak, 1998). A OO possui três termos importantes: objeto, atributo e método. Objeto é utilizado para designar uma instância de uma classe, atributo é um pedaço de conhecimento utilizado para definir o estado de um objeto, e um método é um comportamento ou função capaz de ser realizada por objetos dentro de uma classe (Walczak, 1998; Barros, 2018). Segundo Barros (2018) um objeto "porta de correr" pode ser uma instância de uma classe denominada "porta", que por sua vez pode conter outras instâncias, como "porta de abrir". Estes objetos podem compartilhar certos atributos como "espessura" e "altura" e podem ser diferenciados pelos valores destes atributos (Barros, 2018).

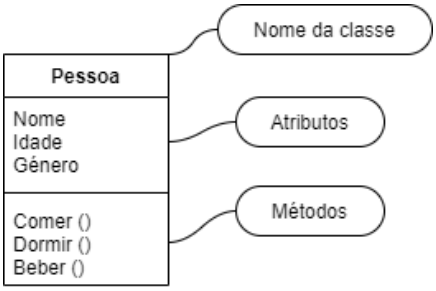


Figura 4.3: Representação de objeto.

Sistema híbrido (Regra + Objeto) consiste na integração de regras de produção com orientação a objeto (Embrapa, 2017). Os sistemas híbridos têm a vantagem de selecionar as melhores características de cada método de representação de conhecimento, tentando solucionar os defeitos que cada método possui (Lopes, 2019). A orientação a objetos oferece facilidade de representação estrutural de entidades complexas e codificação intuitiva do conhecimento (Bobin, 2014), mas não oferece facilidade direta para descrever declarativamente como o conhecimento armazenado deve ser utilizado (Embrapa, 2017), dado que a parte comportamental é codificada de maneira procedimental (Bobin, 2014). Esta deficiência pode ser mitigada pela integração da representação orientada a objetos com regras de produção (Embrapa, 2017), que oferecem uma maneira simples e intuitiva de expressar o raciocínio do sistema (Embrapa, 2017; Bobin, 2014). Bobin (2014) apresenta duas alternativas sintáticas para integrar regras com objetos: sistema orientado a objetos e sistema baseado em regras. No sistema orientado a objeto os métodos procedimentais das classes foram substituídos por bases de regras encapsuladas. No sistema baseado em regras os factos foram substituídos por instâncias de objectos, termos lógicos nas premissas e conclusões das regras foram substituídos por atributos de objetos (Bobin, 2014).

4.2 Memória de Trabalho

A memória de trabalho é a parte do sistema onde vai ser guardado e apagado os dados utilizados no processo de inferência (Júnior, 2002; Pereira, 2004), armazenando as informações temporárias (Costa & Silva, 2015). Este armazena as informações que são necessárias apenas no momento em que um determinado trabalho está sendo realizado (Costa & Silva, 2015). Nela são registadas todas as respostas fornecidas pelo utilizador, todos os passos executados, as conclusões intermédias e as conclusões finais (Pereira, 2004). A sua utilização traz algumas vantagens como: evitar a repetição de uma mesma pergunta ao utilizador; permite fornecer ao utilizador toda a linha de raciocínio responsável pelas conclusões obtidas; evita a realização de busca de informações repetidas na BC parachegar a conclusões (Costa & Silva, 2015).

4.3 Motor de Inferência

O motor de inferência (Figura 4.4) encontra as regras que combinam com os factos existentes, seleciona as regras a serem executadas e executa as, adicionando os factos deduzidos na memória de trabalho (De Kock, 2003).

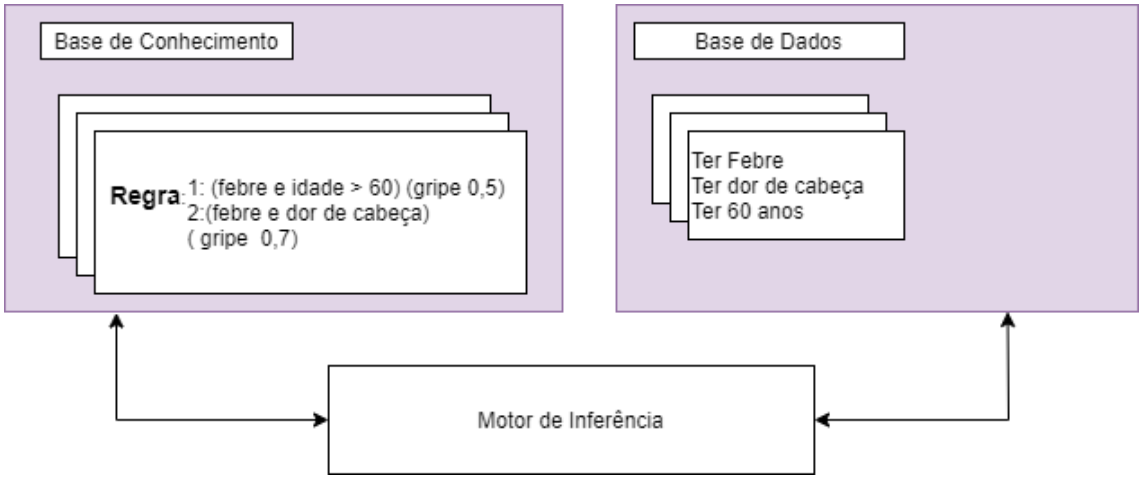


Figura 4.4: Motor de inferência.

A inferência utilizando regras é um processo interativo, em que os factos iniciais são utilizados como entradas. O mecanismo de inferência compara essas entradas com o conjunto de regras contidas na base de conhecimento e produz conclusões como saídas (Jimenez *et al*., 2020; De Kock, 2003). Essas conclusões, por sua vez, são utilizadas como novos factos a serem comparados novamente com o conjunto de regras para que novas conclusões sejam obtidas (Jimenez *et al*., 2020; Severino, 2017). Este processo é repetido dependendo do projeto do motor de inferências até que o processo de raciocínio chegue ao fim (Jimenez *et al*., 2020).

4.3.1 Técnicas de inferência

As técnicas de inferência explicitam de que forma o motor de inferência usa a base de conhecimento para raciocinar (Alves, 2005). Três técnicas básicas são identificadas na inferência ou conclusão a partir de base de conhecimento (De Kock, 2003; Alves, 2005): encadeamento para a frente, ou direto (“Forward Chaining”); encadeamento para trás, ou inverso (“Backward Chaining”); encadeamento híbrido (“Hybrif Chaining”).

Encadeamento para a frente (forward chaining), ou direto faz correspondência entre estado atual e os antecedentes de regras ou condições de base de conhecimento (De Kock, 2003; Chojnacki *et al*., 2019). Se a condição é verdadeira, o mecanismo de inferência adiciona a conclusão na lista de factos conhecidos. Factos conhecidos implicam outros factos. Esta técnica é também conhecida como baseado em dados (*data driven).* Este pode ser muito ineficiente, especialmente se muitas condições de regras correspondem com dados fornecidos pelo utilizador. Os dados fornecidos pelos utilizadores são examinados e novo conhecimento é concluído ou acertado e respondido (De Kock, 2003).

Encadeamento para trás (backward chaining), ou inverso é o inverso de encadeamento para frente, é também chamado de orientado aos objetivos (*goal driven*) (Gupta & Singhal, 2013). Este é utilizado para retroceder de uma meta para caminhos que levam à meta (Chojnacki *et al*., 2019). Este método é mais eficiente se o número de objetivos for limitado e envolve a aquisição de informação do utilizador na forma de questões para tirar conclusões específicas. Este método é utilizado para confirmar tarefas de diagnóstico e funciona de trás para frente, do que precisa ser provado para os factos que podem afetá-lo (De Kock, 2003).

Encadeamento híbrido é utilizado quando grande domínio de problema está envolvido, utiliza a combinação de duas técnicas, produzindo um programa mais eficiente (Chojnacki *et al*., 2019). Para modelar a estratégia utilizada pelo perito, um SP tem de empregar inferência complexa que quase sempre inclui ambos encadeamentos direto e inverso. Um mecanismo de inferência não atenderá a todas as possíveis tarefas resolvidas por um SP (De Kock, 2003).

4.3.2 Resolução de conflitos

Quando é utilizado raciocínio encadeamento para a frente, pode acontecer que as condições de mais que uma regra fiquem satisfeitas. Nesta situação o sistema deve escolher a regra que vai ser utilizada, dado que não poderá utilizar mais do que uma (Botelho, 2018).

Ao conjunto de regras com as condições satisfeitas chama-se conjunto de conflito ("conflict set") (Botelho, 2018). Aos critérios utilizados para selecionar apenas uma regra, do conjunto de conflito, a ser disparada chama-se política ou estratégia de resolução de conflitos ("conflict resolution strategy") (Botelho, 2018; Lopes, 2019).

Os vários sistemas utilizam diferentes estratégias de resolução de conflitos, constituídas por vários critérios (Botelho, 2018; Imperial, 2014), entre os quais os seguintes:

1. **Não duplicação:** não utilizar a mesma regra com os mesmos argumentos duas vezes
2. **Recenticidade:** preferir regras que dependem dos dados mais recentes.
3. **Especificidade:** preferir regras que são mais específicas.
4. **Prioridade do facto:** escolher-se a regra associada ao facto de maior importância.
5. **Prioridade de operação:** escolher-se a regra cuja ação seja de maior importância.

O primeiro critério é bastante útil porque evita que a mesma regra seja utilizada várias vezes devido aos mesmos factos. Nos casos dos sistemas que não implementam esse critério, nas suas políticas de resolução de conflitos, cabe ao programador criar mecanismos que invalidam a utilização repetida da regra (Botelho, 2018).

A escolha da regra que depende de factos mais recentes (critério 2) é muito útil em sistemas que devem se manter atualizados, pois se o sistema continuar a reagir a informação mais antiga, desvalorizando alterações recentes, pode acontecer que o seu comportamento se torne desatualizado (Botelho, 2018).

De acordo com o critério 3, quando duas ou mais regras têm a condição satisfeita, escolhe-se a regra mais específica, isto é, as regras com mais condições são preferíveis (Lopes, 2019; Grosan & Abraham, 2011).

Os critérios 4 e 5 permitem a atribuição de graus de importância (ou de prioridade) às regras ou mesmo às ações. Deste modo, se duas regras tiverem a condição satisfeita, o sistema escolheria aquela que tem maior importância ou aquela cujas ações fossem mais importantes (Botelho, 2018).

4.4 Interface com o Utilizador

A interface com o utilizador é o componente do sistema que permite a comunicação, orientada ao problema, entre o utilizador e o sistema (Bullinaria, 2005; Severino, 2017; Fernandes, s.d), com o objetivo de tornar transparente a complexidade do sistema (Júnior, 2002).

Este módulo é acionado basicamente em três situações. No início da interação, quando o utilizador vai informar ao sistema qual é o problema para o qual ele procura solução. É igualmente usado durante o processo de inferência, quando o motor de inferência precisa alguma orientação ou intervenção direta do utilizador indicando um caminho a seguir. Também é solicitado no final do processamento, apresentando o resultado obtido para o utilizador (Júnior, 2002; Fernandes, s.d).

A interface contém dois componentes básicos: o componente entrevistador e o componente de explicação (Bullinaria, 2005). O componente entrevistador permite a leitura de dados pelo sistema. Este pode fazer ao utilizador uma série de questões ou, ler ficheiros que contém uma série de resultados (Naser & El-Najjar, 2016). O componente de explicação fornece a solução do sistema e, também torna a operação do sistema transparente, fornecendo ao utilizador informações sobre o seu processo de raciocínio (Alves, 2005).

4.5 Geração automática de explicações

A capacidade de geração automática de explicações, para o utilizador, é uma das funcionalidades dos SBCs (Botelho, 2015). O módulo de explicação permite justificar as conclusões, e auxiliar a explicar o comportamento do sistema (Fernandes, s.d; Júnior, 2002).

Existem essencialmente dois tipos de explicações que um SBC pode gerar: explicações “Porquê?” (“*why ?*”) e explicações “Como ?” (“*how ?*”) (Botelho, 2015).

A explicação “*why*” refere-se à necessidade de justificar o porquê da necessidade de determinadas informações (Leug, 2020; De rock, 2003). Um sistema gera uma explicação

"*why*" quando, após ter solicitado ao utilizador uma informação, o utilizador lhe pergunta "Porque queres saber isso?" (*Why do you ask*?") (Botelho, 2015; Fernandes, s.d). A explicação "*why"* consiste em mostrar a regra que se pretende utilizar para chegar a uma determinada solução (intermédia ou final) e salientar que a utilização dessa regra depende da informação solicitada (Fernandes, s.d; Júnior, 2002).

No caso da explicação "*how*"**,** o sistema deve ser capaz de explicar como chegou a uma determinada conclusão a partir dos factos disponíveis (Leug, 2020; De rock**,** 2003). O utilizador pode não perceber por que razão o sistema produziu uma dada avaliação. Neste caso, para que o sistema produza uma explicação "*how",* o utilizador tem que perguntar como é que ele chegou a um determinado resultado (Botelho, 2015; Fernandes, s.d). A explicação consiste em mostrar que regra e factos foram utilizados na busca da solução (Botelho, 2015; Júnior, 2002).

4.6 Validação da base de conhecimentos

A validação da base de conhecimento em termos da sua consistência e completude pode ser feita de forma automática mediante a construção de um algoritmo que obedeça a regras pré-estabelecidas (Brasil, 2014; Botelho, 2015). Consistência significa que nenhum requisito deve ser contraditório (Shortliffe, 1982). Completude significa que nenhuma informação que seja necessária foi esquecida (De kock, 2003).

Em termos de consistência pode verificar-se se os conhecimentos que a compõem são contraditórios. A verificação da inconsistência consiste em determinar se é possível produzir um resultado (R) e a sua negação (!R) a partir da base de conhecimento do sistema. Todo o resultado produzido deve ser possível de verificar a regra que lhe deu origem (Brasil, 2014). As inconsistências na base de conhecimento podem ser detectadas se o sistema permitir examinar duas regras e determinar se existem situações em que ambas podem ser bem-sucedidas e se os resultados da aplicação das duas regras são iguais (Botelho, 2015).

Em termos de completude, podem fazer-se duas avaliações: verificar se existe informação necessária para satisfazer as condições das regras (De kock, 2003), e verificar

se os factos existentes na base de conhecimento e as conclusões geradas pelas regras são utilizadas noutras regras (Brasil, 2014). A verificação da completude consiste em encontrar factos que não são utilizados, verificar regras que dependem de factos que não são conhecidos, nem se podem derivar, nem se podem perguntar ao utilizador (Shortliffe, 1982).

4.7 Tratamento de incerteza

Os principais métodos existentes para representação da incerteza no SP são a racionalidade de Bayes, os fatores de certeza e a racionalidade fuzzy. Nos três métodos, associam-se às regras da base de conhecimento uma probabilidade, um fator de certeza ou uma possibilidade (Barreto, 2007).

Como o conhecimento humano não é determinístico, o tratamento de probabilidades é conveniente quando se deseja representar factos que nem sempre são óbvios. No entanto, existe uma polémica quanto a utilização de probabilidades e fatores de certeza, devido a algumas dificuldades (Pereira, 2004). De acordo com Pereira (2004) os especialistas não se sentem confortáveis em pensar em termos de probabilidade. Tratamentos rigorosamente matemáticos de probabilidade utilizam informações nem sempre disponíveis ou não são fáceis de justificar em aplicações práticas. Nem sempre é fácil de explicar um resultado atingido por meio de regra estatística.

4.7.1 Rede Bayesiana

Uma Rede Bayesiana (RB) é um gráfico acíclico direcionado (DAG - Directed Acyclic Graph), que implementa o raciocínio sob incerteza dentro da estrutura bayesiana (Rosa *et al.*, 2019). Essa estrutura gráfica é definida por meio de um conjunto de variáveis de domínio, que são representadas por nós, e suas relações diretas, que são codificadas por arcos (Arsene *et al*., 2011). Existem dois tipos de informação que podem ser modelados numa rede bayesiana: estrutura (aspecto qualitativo) e informação numérica (tabelas de probabilidades condicionais - TPC, aspecto quantitativo) (Chojnacki *et al*., 2019).

A figura 4.5 ilustra uma RB, que utiliza variáveis discretas, aplicada no diagnóstico de doenças. As variáveis desta RB são Idade (I), Profissão (P), Clima (C), Doença (D) e Sintomas (S).

Figura 4.5: Exemplo de Rede Bayesiana aplicada em diagnóstico médico, adaptado de (Karcher, 2009).

A equação 4.1 representa a regra de Bayes, onde Pr(A|B) é a probabilidade de que A seja verdadeiro dada a evidência B, Pr(A) é a probabilidade de A seja verdadeiro em geral, Pr(B|A) é a probabilidade de observar a evidência B quando A é verdadeiro e Pr(B) é a probabilidade de evidência B seja verdadeiro em geral (Luger, 2015).

$$Pr(A|B) = \frac{Pr(A) * Pr(B|A)}{Pr\ (B)} \quad (eq. 4.1)$$

Para o diagnóstico na área médica pretende-se saber a probabilidade à posteriori da ocorrência de uma doença (D) com base no conhecimento de probabilidades à priori de ocorrência de um ou mais sintoma (S). Essa probabilidade, mostrada na equação 4.2, é a probabilidade a posteriori de se ter uma doença D dada a existência de um sintoma S (Barreto, 2007).

$$P(D/S) \quad (eq. 4.2)$$

A partir da regra de Bayes podemos calcular a probabilidade a posteriori P(D/S) de uma doença D a partir da probabilidade a priori de ocorrência de uma doença P(D) em uma dada população e da probabilidade P(S/D) de que um sintoma esteja presente num

indivíduo com a doença (Barreto, 2007). Essa probabilidade é expressa através da equação 4.3.

$$P(D/S) = \frac{P(S/D)}{P(S/D).P(D) + P(S/N).P(N)}.P(D) \quad (eq.4.3)$$

Na expressão anterior, a probabilidade P(N) representa a probabilidade a priori da doença não ocorrer numa dada população, e a probabilidade P(S/N) representa a probabilidade de um sintoma estar presente num indivíduo sem a doença. Ambas, podem ser calculadas a partir de P(D) e de P(S/D) pelas equações 4.4 e 4.5 (Barreto, 2007).

$$P(D) + P(N) = 1 \quad (eq.4.4)$$

$$P(S/D) + P(S/N) = 1 \quad (eq.4.5)$$

Segundo Barreto (2007), para a maioria das doenças, as probabilidades P(D) e P(S/D) não estão disponíveis. Poucos sistemas médicos tratam o processo de decisão médica utilizando-se as RB, de entre os quais temos AAHelp.

4.7.2 Fator de certeza

O fator de certeza foi introduzido como uma alternativa à decisão Bayesiana. O fator de certeza (fc) é um número que expressa uma medida da confiança de um especialista num processo de raciocínio. O valor máximo que o fator de certeza assume é 1,0 (definitivamente verdadeiro) e o mínimo -1,0 (definitivamente falso), sendo que o valor positivo representa um grau de confiança enquanto que o valor negativo representa um grau de desconfiança (Barreto, 2007). Na tabela 4.1 mostram-se alguns termos associados a fatores de certeza.

Tabela 4.1: Termos associado aos fatores de certeza, adaptado de (Barreto, 2007).

Termo	Fator de Certeza
Definitivamente não	-1,0
Quase certamente não	-0,8
Provavelmente não	-0,6
Pode não ser	-0,4
Desconhecido	-0,2 a 0,2
Pode ser	0,4
Provavelmente sim	0,6
Quase certamente sim	0,8
Definitivamente sim	1,0

A maioria dos SPs que utilizam fatores de certezas, associam esses fatores de certeza, de diversas formas, aos factos e às regras. A aplicação de uma regra gera um novo fato, que deve ser acompanhado de certo fator de certeza. Duas ou mais regras podem concluir um mesmo facto com seus respetivos fatores de certeza, que podem assumir valores diferentes. O facto concluído deverá ser registado na base de conhecimento com um fator de certeza que é combinação dos fatores de certeza obtidos da aplicação individual das diversas regras que concluíram este facto (Pereira, 2004).

A teoria da certeza introduz o conceito de confiança e desconfiança, baseados na avaliação do especialista. Estes conceitos, por serem independentes um do outro, não podem ser combinados como probabilidades. A equação 4.6 permite a combinação entre estes conceitos (Pereira, 2004):

$$FC[H,E] = MC[H,E] - MD[H,E] \qquad (eq.4.6)$$

Onde, FC[H,E] é o fator de certeza da hipótese H dada a evidência E, MC[H,E] é a medida da confiança em H dado E e MD[H,E] é a medida da desconfiança em H dado E.

- **Cálculo do Fator de Certeza da Conclusão com o Operador E**

O cálculo do fator de certeza da conclusão com o operador “E” utiliza a fórmula de Probabilidade de Eventos Independentes (Pereira, 2004). Dois eventos A e B são independentes se, e somente se, a probabilidade de ambos ocorrerem for igual ao produto

de sua ocorrência individual (Luger, 2015). Essa relação de independência é expressa na equação 4.7 (Pereira, 2004; Luger, 2015), onde:

sendo A e B dois factos, temos que (Pereira, 2004; Luger, 2015):

$$P(A \cap B) = P(A) * P(B) \qquad (eq. 4.7)$$

logo temos que (Pereira, 2004):

$$FC(Rc) = FC\ (Ra) * FC(Rb) \qquad (eq. 4.8)$$

sendo: FC(Ra) - fator de certeza da conclusão da regra a; FC(Rb) – fator de certeza da conclusão da regra b; e FC(Rc) – fator de certeza resultante da aplicação do operador E.

- **Cálculo do Fator de Certeza da Conclusão com o Operador OU**

O cálculo do fator de certeza da conclusão com o operador "OU" utiliza a fórmula de Probabilidade da União de Eventos, onde (Pereira, 2004):

sendo A e B dois factos, temos que (Pereira, 2004; Luger, 2015):

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \qquad (eq. 4.9)$$

logo temos que (Pereira, 2004):

$$FC(Rc) = FC(Ra) + FC(Rb) - (FC(Ra) * FC(Rb)) \qquad (eq. 4.10)$$

sendo: FC(Ra) – fator de certeza da conclusão da regra a; FC(Rb) – fator de certeza da conclusão da regra b; e FC(Rc) – fator de certeza resultante da aplicação do operador OU. A equação seguinte representa a regra de adição de probabilidades (operação OU), entre três eventos (Davila, s.d)

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cap B) - P(B \cap C) - P(A \cap C) + P(A \cap B \cap C) \qquad (eq. 4.11)$$

O fator de certeza final, que será utilizado como resposta, é calculado pela aplicação do operador OU nos fatores de certeza calculados, ou seja (Pereira, 2004):

$$FC_{Final} = \sum_{i=1}^{i<n} FC(Ri) + FC(Ri+1) - \big(FC(Ri) * FC(Ri+1)\big) \qquad (eq. 4.12)$$

4.7.3 Racionalidade fuzzy (Lógica difusa)

O sistema especialista fuzzy fornece uma estrutura para a transferência de conhecimento médico para modelos matemáticos para desenvolver conclusões (Hamedan *et al.*, 2020). A teoria da lógica Fuzzy permite tratar imprecisões, ambiguidades e incertezas nas informações, sendo desta forma útil para o diagnóstico médico. Uma única doença pode-se manifestar de forma totalmente diferente em diferentes pacientes e com vários graus de agressividade (Faria, 2012).

Os modelos baseados em conhecimento fuzzy utilizam basicamente o mesmo formato de regras IF-THEN que os sistemas baseados em regras, mas as declarações utilizam intencionalmente a lógica fuzzy. Ao contrário da lógica booleana em que uma proposição só pode ser verdadeira ou falsa, na lógica fuzzy existem valores intermediários para descrever o nível de verdade ou falsidade de uma afirmação (Jimenez *et al.*, 2020).

A lógica fuzzy está fortemente relacionada com as percepções humanas. Essa característica torna a lógica fuzzy uma ferramenta importante para a gestão de incertezas (Jimenez *et al.*, 2020). As suas técnicas são adequadas para representar conceitos vagos inerentes a termos linguísticos, tais como: a) imprecisão linguística de predicados como ‘alto’, ‘maior’, 'quente', 'frio', etc, b) imprecisão do tipo ‘a caixa pesa entre 10 e 16 quilos’ e c) quantificadores imprecisos do tipo ‘muitos’, ‘alguns’, ‘a maioria’, etc (Flores & Hoher).

5 Trabalho Desenvolvido

Para o desenvolvimento desta aplicação foram utilizadas várias metodologias e tecnologias, com as quais se implementou as diferentes funcionalidades. Neste capítulo são apresentadas as etapas do desenvolvimento do sistema e, de seguida, são apresentadas e descritas as metodologias, tecnologias, a conceção do projeto e os módulos desenvolvidos, de modo a implementar as funcionalidades específicas do projeto.

O SP HNC-Diagnostic tem como objetivo facilitar o diagnóstico de cancro de cabeça e pescoço (CCP). É um SP baseado em regras e permite fazer pré-diagnóstico (rastreio) baseado em fatores de risco, sinais e sintomas.

A aquisição do conhecimento do sistema é feita pelos peritos (conjunto de especialistas) devidamente autorizados. A representação do conhecimento é feita por esses especialistas através de regras com a respetiva probabilidade, de uma forma fácil, intuitiva e sem qualquer tipo de dependência do engenheiro de conhecimento.

O SP HNC-Diagnostic é dirigido a todas as pessoas assintomáticas ou que apresentem sinais/sintomas associados ao CCP com a finalidade de diagnosticar precocemente a doença. O resultado produzido pelo sistema estará disponível apenas para os profissionais de saúde. Estes analisam as explicações dadas relativamente às conclusões e com base na sua experiência tomam uma decisão em relação aos próximos passos a dar pelo paciente. Este sistema permite diminuir a distância entre as evidências e a prática clínica, ao disponibilizar dados e conhecimentos relevantes.

5.1 Etapas de desenvolvimento do SP HNC-Diagnostic

Para o desenvolvimento do sistema foram realizadas várias atividades seguindo as seguintes etapas:

- Identificação ou definição do problema e as suas principais características, estabelecendo objetivos. Nesta etapa foi feito o estudo sobre cancro de cabeça e pescoço e inteligência artificial, e definiu-se os principais objetivos do projeto.

- Concetualização. Nesta etapa foi definida a arquitetura do sistema, escolhidos os métodos e as tecnologias a serem utilizados no seu desenvolvimento. Foi igualmente escolhido o método de aquisição e representação de conhecimento, o mecanismo de inferência e o método de tratamento de incerteza.
- Design ou formalização. Nesta etapa foi feita a modelação do sistema, fazendo a representação dos elementos existentes no sistema e qual a ligação entre eles.
- Implementação. Nesta etapa foram desenvolvidas as funcionalidades, no lado do servidor e no lado do cliente.
- Teste e melhorias. Neste passo foi feita a aquisição do conhecimento, criando regras no sistema. Também foram feitos alguns casos de teste, a fim de avaliar o sistema desenvolvido.

5.2 Arquitetura e visão geral do SP HNC-Diagnostic

Nesta seção serão apresentadas todas as metodologias utilizadas no desenvolvimento do projeto. A figura 5.1 ilustra a arquitetura do sistema pericial desenvolvido.

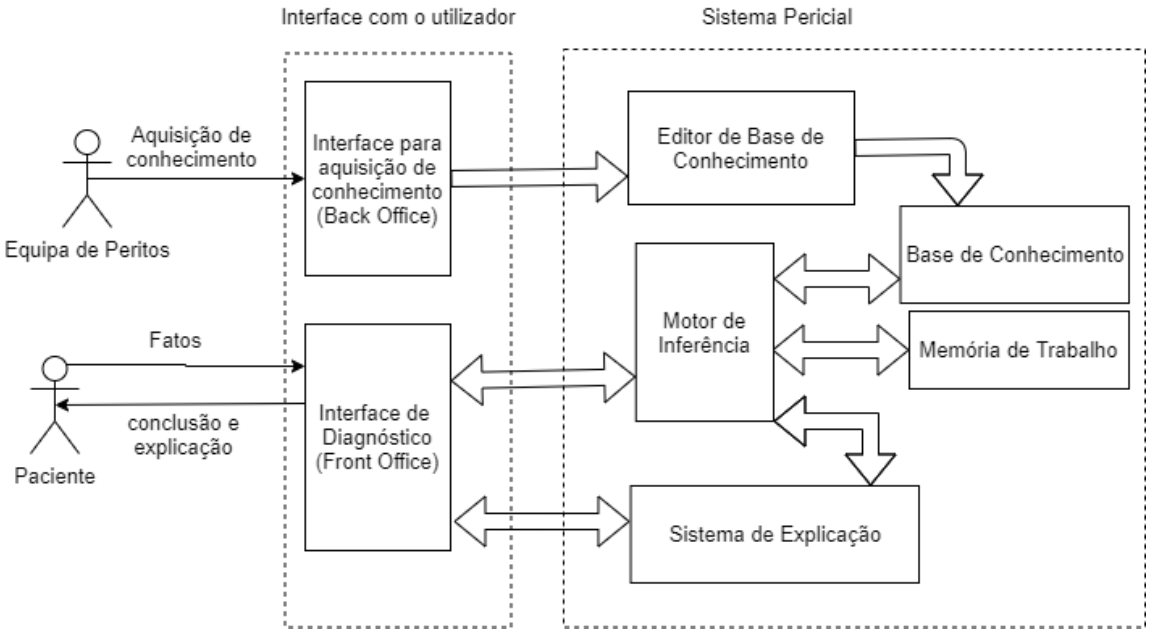


Figura 5.1: Arquitetura de HNC-Diagnostic.

O **utilizador** interage com o sistema através de uma interface (web) onde são disponibilizadas diferentes funcionalidades que dependem do tipo de utilizador. **O editor de base de conhecimento** permite fazer aquisição de conhecimento, através da interface de aquisição de conhecimento e guardá-lo na Base de Conhecimento. A **base de conhecimento** contém o conhecimento representado através de factos e regras. O **motor de inferência**, o principal componente do sistema, acede à Base de Conhecimento, faz a inferência entre as regras e os factos (respostas ao diagnóstico realizado), tira conclusões e fornece conselhos e explicações. A **memória de trabalho** guarda os dados utilizados no processo de inferência e as conclusões. O **sistema de explicação** fornece a solução e as explicações produzidas pelo sistema.

Interface com o utilizador

Este módulo é o responsável pela interação direta com o utilizador. Assim a experiência que o utilizador terá com a interface foi levada em conta no seu desenvolvimento. O sistema possui dois tipos de interface: Interface para a aquisição de conhecimento e a interface de diagnóstico.

A interface de aquisição de conhecimento é utilizada por uma equipa de peritos que trabalha em *back-office*, não estabelecendo contacto com o paciente. Esta equipa é a responsável pela introdução das perguntas relativas à anamnese, criação de regras e probabilidades. Esta interface segue, como base, o questionário relacionado com fatores de risco (Anexo I) e questionário sobre sinais e sintomas (Anexo II), que serão abordados na seção de resultados.

A interface que tem contacto com o paciente (*front-office*) permite o registo de dados clínicos de uma forma fácil, intuitiva e interativa. Utilizando uma linguagem natural são feitas as perguntas da anamnese, que aparecem na sequência definida no *back-office* pelos peritos. Esta interface é dinâmica e adaptada ao paciente e ao seu perfil.

Ainda no *front-office*, de acordo com as respostas ao questionário do diagnóstico, o profissional recebe do sistema conclusões e explicações e envia uma recomendação ao paciente.

Editor da base de conhecimento

O editor da base de conhecimento permite fazer a aquisição de conhecimento, de forma a manter a base de conhecimento atualizada e cada vez mais enriquecida.

Na aquisição de conhecimento foi utilizado o método semiautomático, de maneira que o sistema interaja diretamente com os peritos, permitindo construir a base de conhecimento com pouco ou nenhum suporte por parte de um engenheiro de conhecimento. Deste modo, o engenheiro de conhecimento constrói o sistema sem ter conhecimento sobre o domínio do problema.

Depois da implementação do sistema, este é utilizado por um conjunto de especialistas autorizados pelo mesmo (estes podem ser definidos pelo SNS – Sistema Nacional de Saúde) de modo a fazerem a aquisição de conhecimento. Essa aquisição de conhecimento consiste no registo de todas as características necessárias para auxiliar no diagnóstico de CCP. Após este registo inicial, os especialistas criam as regras a serem utilizadas pelo SP, atribuindo uma percentagem (fator de certeza) às conclusões das regras.

Base de conhecimento

Na aquisição do conhecimento foram adquiridas várias informações como fatores de risco, sinais e sintomas, que estão relacionados com CCP. Estas informações seão utilizadas para criar regras a serem utilizadas no mecanismo de inferência.

A representação de conhecimento do HNC-Diagnostic foi feita utilizando uma mistura de duas técnicas (regra de produção e orientação a objetos). Optou-se por utilizar o sistema híbrido porque este possui a vantagem de selecionar as melhores características de cada método, tentando solucionar os defeitos de cada um. Neste sistema os factos e as regras são representados em forma de objetos.

Mecanismo de Inferência

O processo de inferência do SP implementado leva em consideração as respostas do paciente para os questionários (Anexos I e II). Com a validação dos factos (respostas dos questionários), caso o resultado tenha associado algum grau de probabilidade de poder ter cancro, o sistema sugere a consulta de um determinado especialista, a fim de realizar um determinado diagnóstico.

Dos três mecanismos estudados nesta dissertação, para o projeto desenvolvido foi utilizado o encadeamento para frente ou direto ("*Forward Chaining*"), em que se parte dos factos para chegar a uma conclusão. Utilizou-se este mecanismo porque é mais eficiente quando se utiliza a representação de conhecimento baseado em regras e no caso do HNC-Diagnostic as regras podem ser complexas, tendo várias condições e conclusões.

No processo de inferência (Figura 5.2) é feito a combinação entre os factos e as regras, para chegar a uma conclusão. Os factos são obtidos das respostas às questões de anamnese, respondidas pelo paciente. Cada regra pode ter muitas condições e várias conclusões. Deste modo a inferência dá-se percorrendo as regras, e em cada regra são percorridas todas as condições. Se todas as condições forem verificadas, de acordo com os factos introduzidos, as conclusões da regra são adicionadas à lista das conclusões inferidas. Por fim, é feito o cálculo do fator de certeza para cada região da cabeça e pescoço.

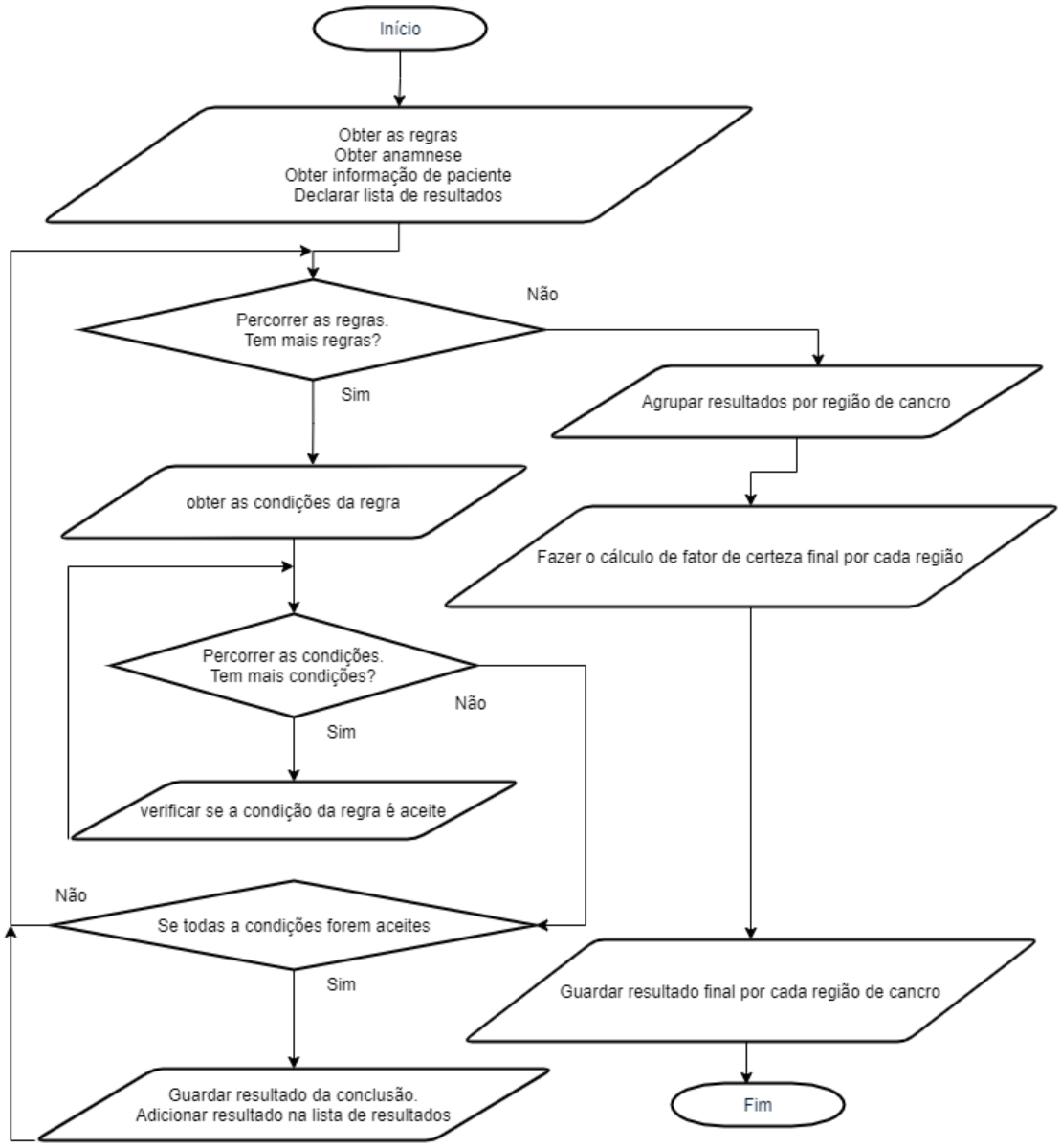


Figura 5.2: Fluxograma do processo de inferência.

Os factos, conclusões e outras informações relevantes são guardadas, para que sejam consultadas posteriormente.

Tratamento de incerteza

Para o tratamento da incerteza utilizou-se fator de certeza, em que cada regra tem um fator de certeza associado. Para cada conclusão inferida, o fator de certeza final, que será utilizado como resposta, é calculado pela aplicação do operador OU nos fatores de certeza de cada regra inferida.

Módulo de explicação

O sistema de explicação do HNC-Diagnostic fornece uma conclusão e respetiva justificação, fornecendo informações sobre o seu processo de raciocínio. Este componente apresenta aos profissionais de saúde as conclusões inferidas, assim como, as regras utilizadas para tirar as conclusões. A conclusão apresenta uma probabilidade de ter cancro numa determinada região, e uma possível recomendação para a marcação de consulta com um profissional de saúde. O profissional de saúde depois de analisar a conclusão inferida pelo sistema, escreve uma recomendação para o paciente.

5.3 Modelação do sistema HNC-Diagnostic

Nesta seção está descrita a modelação orientada à objetos proposta para o desenvolvimento de SP via web, apresentando detalhadamente os elementos existentes no sistema e qual a ligação entre eles. Estes elementos são apresentados em vários processos pela ordem da modelação. A modelação do sistema iniciou-se com o levantamento dos requisitos (funcionais e não funcionais), a fim de descrever as funcionalidades e as características do sistema. De seguida deu-se início à fase de análise e conceção do protótipo, em que os requisitos funcionais foram trabalhados de forma a originar vários casos de usos. Na fase seguinte, foi elaborado o modelo do domínio, representado as classes do sistema e as relações entre elas. Depois foi criado o modelo de dados, em que as classes foram representadas por tabelas (denominadas de entidades) e as relações pelas ligações entre tabelas. Seguiu-se a criação do modelo de componentes, mostrando a ligação e as dependências dos componentes de sistema. Por fim, foi representado a vista de implementação (máquina de desenvolvimento).

5.3.1 Requisitos

A primeira etapa da modelação do nosso software é identificar requisitos funcionais e não funcionais necessários à criação de uma aplicação para diagnóstico de cancro de cabeça e pescoço. Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades do sistema,

enquanto que os requisitos não funcionais representam as características específicas do sistema (Morais, 2012).

Para a criação desta aplicação foram definidos os seguintes requisitos funcionais:

- O paciente pode fazer o próprio registo, atualizar os seus dados e apagar a sua conta. Depois de registado e autenticado poderá completar o seu perfil com os fatores de risco, e realizar diagnóstico.
- O registo do profissional de saúde é feito pelo administrador. Depois de registado e autenticado poderá atualizar os seus dados, ver as regras de diagnósticos e seus atributos. Os profissionais de saúde devidamente autorizados têm acesso ao *back-office* onde podem gerir a base de conhecimento criando, atualizando e apagando regras e seus atributos (sinais e sintomas, fatores de risco, resultados possíveis). Podem ainda ver os pacientes e os respetivos diagnósticos.
- O administrador faz a gestão de utilizadores, onde pode criar novos utilizadores, atualizar os seus dados e apagar os seus registos.
- O sistema permite ao paciente realizar o diagnóstico e receber o apoio à decisão. O sistema tira a conclusão (probabilidade de ter cancro) e fornece a explicação relativa à conclusão deduzida. O resultado inferido pelo sistema estará disponível apenas aos profissionais de saúde, evitando que as pessoas possam receber diagnóstico incorreto. O profissional de saúde, depois de analisar a conclusão e a explicação do sistema, envia uma recomendação ao paciente.

Para garantir a qualidade desta aplicação foram definidas as seguintes características (requisitos não funcionais):

- A interface da aplicação deve ser responsiva, capaz de adaptar aos diferentes tamanhos de ecrã;
- A página Web deve ser dinâmica, e as respostas devem ser a um curto intervalo de tempo;
- Permite evoluir atendendo às necessidades mutáveis;
- Ser eficiente, ou seja, não deve desperdiçar recursos do sistema;
- Facilidade de utilização;
- Organizar a informação de forma lógica;

5.3.2 Casos de Uso

Para melhor compreensão dos requisitos funcionais, foram elaborados diagramas de Casos de Uso, onde são apresentadas as principais funcionalidades implementadas. Os diagramas de casos de uso representam as interações entre utilizadores (atores) e software, e descrevem uma sequência de ações que simplificam as principais funcionalidades (Morais, 2012; Garcia, 2017).

Um ator representa um utilizador dos casos de uso, que interage com o sistema, usufruindo das funcionalidades do mesmo. Nesta aplicação existem 4 atores: convidado, paciente, profissional de saúde e administrador. De seguida é apresentada uma descrição resumida de cada ator.

- **Convidado**: É o utilizador não autenticado que têm acesso a informações gerais da aplicação como a sua utilidade e as vantagens que terá em efetuar o registo e a autenticação.
- **Paciente (Utente):** É o utilizador que vai realizar diagnóstico, com o objetivo de receber uma recomendação.

- **Profissional de saúde (PS)**: Este utilizador tem acesso à informação do paciente e aos resultados dos seus diagnósticos. Tem igualmente acesso às regras do sistema pericial.
- **Administrador**: É o utilizador que faz a gestão dos diferentes utilizadores, criando, atualizando e apagando os seus registos.

Exemplo de caso de uso

A figura 5.3 ilustra um exemplo de caso de usos do HNC-Diagnostic para o ator Utente (diagrama simplificado, com apenas um caso de uso). Todos os diagramas completos são apresentados no anexo III.

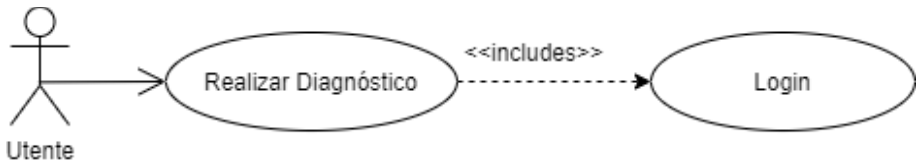


Figura 5.3: Diagrama de Casos de Uso para o paciente (caso específico).

A representação “Realizar Diagnóstico <<includes>> Login”, significa que o comportamento “Login” faz parte do comportamento “Realizar Diagnóstico”, ou seja, é obrigatório fazer login para poder realizar o diagnóstico.

Descrição do caso de uso

O anexo IV apresenta a descrição de todos os casos de uso. Em seguida é apresentada a descrição do caso de uso mais importante, “Realizar diagnóstico”.

Identificação: C12

- Nome: Realizar diagnóstico
- Funcionalidade: Responder às questões sobre os sinais e sintomas (anamnese)
- Pré-condição: O paciente tem que estar autenticado. É necessário a existência de regras de SP no sistema.
- Pós-condição: Resultado do diagnóstico fica disponível para ser consultado.
- Atores: Utente

5.3.3 Modelo de domínio (modelo Entidade/Relação)

O modelo de domínio (diagrama de classes) mostra as classes/objetos do sistema, seus relacionamentos (incluindo herança, agregação e associação), as operações e os atributos das classes (Garcia, 2017). O diagrama de classes fornece igualmente uma visão estática (estrutural) do sistema, mas também explica como a comunicação é feita entre os objetos (Barreto, 2020).

Para o desenvolvimento do sistema HNC-Diagnostic foram identificadas 13 classes, a partir dos diagramas de casos de uso. Posteriormente foi elaborado um diagrama de classe conceptual (Figura 5.4), representando as classes e as suas relações.

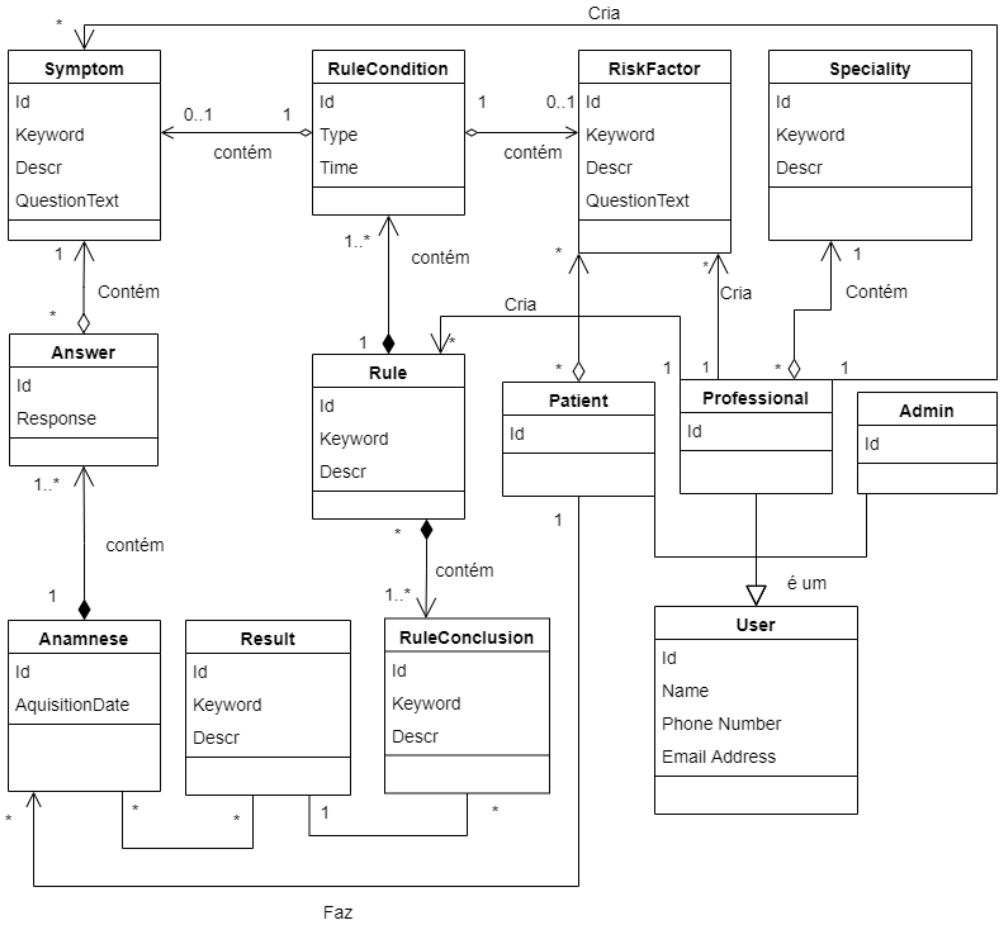


Figura 5.4: Modelo de domínio.

O paciente (***Patient***), profissional de saúde (***Professional***) e o administrador (***Admin***) são tipos de utilizador (***User***), ou seja, são entidades/objetos que herdam as características do utilizador. O paciente, após o registo no sistema, pode preencher o seu perfil com os seus fatores de risco (***RiskFactor***) e realizar diagnóstico, respondendo às questões de anamnese (***Anamnese)***. Cada anamnese tem várias respostas (***Answer***), cada uma relacionada com um sinal/sintoma (***Symptom***).

Um profissional de saúde (***Professional***) pode criar várias regras (***Rule***), estas duas classes têm uma relação de associação. Cada regra contém uma ou mais condição (***RuleCondition***) e um ou mais conclusão (***RuleConclusion***). Condições e conclusões têm uma relação de composição (agregação forte) com as regras, ou seja, não existem condições e conclusões sem regra. Uma condição pode ser sinal/sintoma ou fator de risco. As conclusões podem assumir resultados pré-definidos (***Result***).

5.3.4 Modelo de dados normalizado (Modelo Relacional)

Depois de elaborado o modelo de domínio ou classes do sistema HNC-Diagnostic foi necessária a sua representação sob forma de tabelas. Para representar as entidades e as suas relações sob forma de tabelas foi usado o modelo de dados normalizado, na terceira forma normal. A terceira forma normal serve para evitar repetições de dados e anomalias no sistema. A figura 5.5 representa o modelo de dados obtido e que permite criar a base de dados.

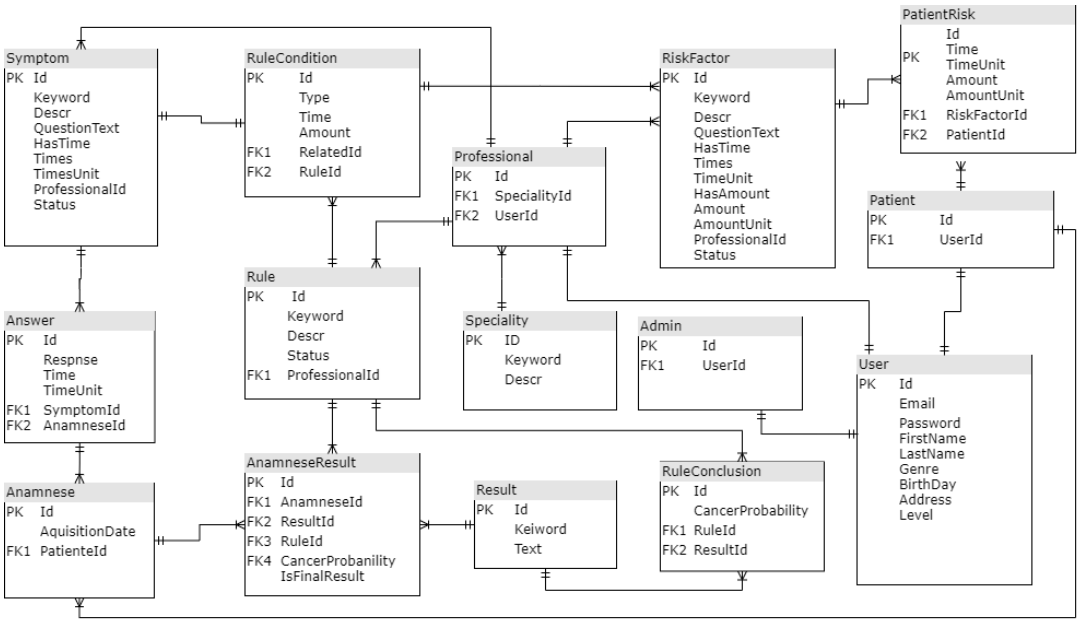


Figura 5.5: Modelo de dados normalizado.

5.3.5 Modelo de componentes/Vista lógica

Modelo de componentes (vista lógica), mostra como os componentes de software são interligados por intermédio de interfaces e as suas dependências (Garcia, 2017). Esta aplicação *web* foi implementada seguindo um modelo cliente-servidor. Existe uma divisão de tarefas entre o prestador de serviços ou recursos, o servidor, e aquele que procura acesso aos recursos, o cliente. Este projeto é constituído por um servidor - *WebServer* (RESTful Web API) e um cliente - *WebSite*. API (*Application Programming Interface*) é um conjunto de serviços de um *software*, que podem ser consumidos por outras aplicações, que pretendem usar as funcionalidades fornecidas por um servidor (Microsoft, 2020). Na figura 5.6 é apresentado o diagrama de componentes do sistema.

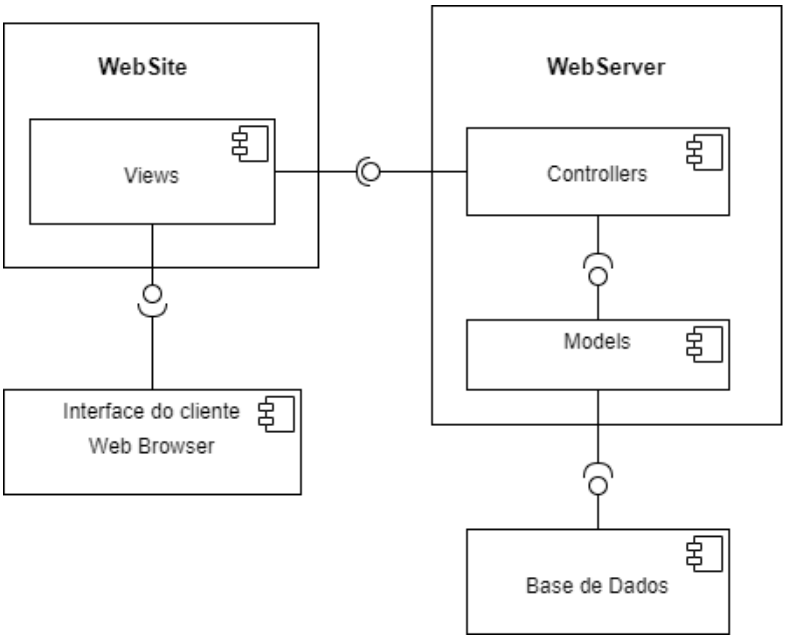


Figura 5.6: Modelo de componentes.

A *WebServer* é constituída pelos componentes *models* e *controllers*. ***Models*** são responsáveis por gerir diretamente os dados, lógicas e regras da aplicação. Os ***Controllers*** são responsáveis por gerir os métodos de ação que tratam das solicitações provenientes das *Views*. Os *controllers* recebem pedidos das *Views*, via JSON (JavaScript Object Notation), e enviam informações de volta. As ***Views*** são componentes da *WebSite*, responsáveis por gerir a apresentação das páginas com a informação da aplicação. A **base de dados** é responsável por guardar e fornecer os dados do domínio implementado. A ***Web Browser*** representa a interface do cliente.

5.3.6 Vista de implementação

Vista de implementação (máquina de desenvolvimento) mostra o relacionamento entre os componentes de software e hardware no sistema, na fase de desenvolvimento (Garcia, 2017). Neste sistema, ambas as aplicações se encontram na mesma máquina, no entanto apresentam portas diferentes. Deste modo, permite que o *WebSite* possa fazer pedidos *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) ao *WebServer* (Web API) e obter informações, de modo a gerar as páginas *web*. A figura 5.7 representa a vista de implementação da solução, que se trata da arquitetura física do sistema.

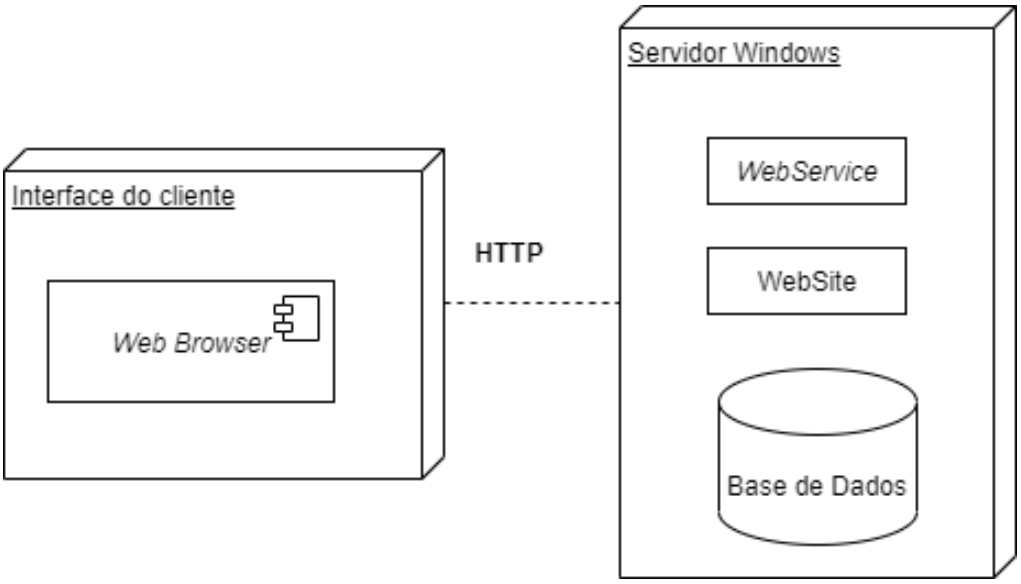


Figura 5.7: Vista de implementação.

Todos os componentes foram desenvolvidos num *laptop* Samsung RC530, processador Intel(R) Core(TM) i7-2670QM Quad Core 2.20 GHZ 64bits, 12 GB de memória RAM, SSD de 222 GB, conexão Rede rj45 e wireless, monitor LED de 15.6 polegadas, executando o Windows 10 Professional.

5.4 Tecnologias utilizadas

O desenvolvimento da aplicação web HNC Diagnostic consistiu na construção de dois grandes componentes: *front-end* (Lado do cliente) *e back-end* (Lado do servidor).

5.4.1 Front-end

Front-end é toda parte da programação relativa à interface da aplicação, ou seja, o lado do cliente. Para o desenvolvimento desta interface do HNC-Diagnostic foram utilizadas as linguagens HTML, CSS, JavaScript. Para além destas linguagens foram usadas as bibliotecas jQuery e bootstrap, e a *framework* Vue.js. Estas linguagens são interpretadas no *browser* do utilizador da aplicação.

- **HTML5**

HTML (versão 5) foi utilizado para definir conteúdo das páginas web. HTML (HyperText Markup Language) é uma linguagem de marcação (*markup*), que permite escrever e definir o conteúdo de uma página web, baseada em etiquetas (*tags*) (Meloni 2012; Patel, 2020).

- **CSS3**

Foi utilizada a linguagem de estilo, CSS (versão 3), para descrever a apresentação dos documentos escritos em HTML. CSS (Cascading Style Sheets) permite alterar as propriedades dos elementos HTML para que a página *web* fique mais atrativa (MDN, 2019; Namatrian, 2020). O CSS possibilita também a alteração da apresentação quando a página é carregada em ecrãs com resoluções diferentes, tornando assim a página mais responsiva (Meloni 2012; Patel, 2020).

- **JavaScript e jQuery**

De forma a tornar a aplicação mais interativa recorreu-se à utilização do JavaScript. JavaScript é uma linguagem de programação de *scripting*, orientada a objetos, que permite a validação de formulários no lado do cliente e a implementação de outros eventos (MDN, 2019; Tuturial Point, 2015). Utilizou-se a biblioteca jQuery (versão 2.12.1) para simplificar o código dos eventos em relação à utilização do JavaScript padrão. O jQuery é uma biblioteca de JavaScript que permite simplificar o código de algumas tarefas, em relação à utilização do JavaScript padrão (Patel 2020). Possui também a funcionalidade de resolver a incompatibilidade do JavaScript entre os navegadores (Resig, 2010).

- **Bootstrap**

Um dos problemas com o design da página *web* é que este pode aparecer diferente em diferentes navegadores e dispositivos. Este problema pode ser facilmente resolvido utilizando Bootstrap (Patel, 2020). A biblioteca Bootstrap (versão 4) foi utilizada para tornar a aplicação responsiva. Bootstrap é a biblioteca de HTML, CSS e JavaScript para o desenvolvimento de *websites* responsivos e aplicação *mobile* (Patel 2020).

- **Vue.js**

A *framework* Vue.js (versão 2.6.10) foi utilizada para a criação da interface *web*, uma aplicação de página única, em que foram criados vários métodos que comunicam com back-end e retornam resultados para os componentes da aplicação. Optou-se por utilizar este *framework* porque os seus componentes são bastante reativos. Vue.js é uma *framework* de *JavaScript*, de código aberto (*open source*), baseada em componentes reativos, utilizada especialmente para criar interfaces *web*, na maioria das vezes chamadas SPA-*Single Page Application* ou aplicação de página única (Vue Js, 2019). A biblioteca principal é focada apenas na camada de visualização e é fácil de compreender e integrar com outras bibliotecas ou projetos existentes (Vue Js, 2019).

5.4.2 Back-end

Sempre que um paciente ou profissional de saúde acede à aplicação há comunicação com o servidor que seleciona qual a informação a enviar. A responsabilidade destas tarefas é do *back-end*. *Back-end* é toda a parte de programação associada ao lado do servidor. As linguagens de programação usadas no *back-end* foram C#, Asp.net Core e Microsoft SQL Server.

- **C#**

Como já foi dito anteriormente o sistema pericial HNC-Diagnostic é um sistema híbrido, em que a representação de conhecimento é feita utilizando a combinação entre regras e objetos (representando regras em forma de objetos). Assim a utilização de uma linguagem orientado a objetos, como C#, foi a opção encontrada. A escolha deveu-se à sua simplicidade, flexibilidade e compatibilidade com a representação de conhecimento escolhida.

- **Asp.net Core**

De forma a abstrair as interações com a base de dados, foi criada uma Web API, utilizando a *framework* Asp.net Core (versão 2.1), que é executada sobre .NET *Framework* (versão 5.0.6), utilizando a linguagem de programação C#. Este serve para

construir serviços HTTP e possibilitar que uma ampla gama de dispositivos (*browser* e *mobile*) possa aceder de uma forma direta à nossa aplicação (Microsoft, 2020).

- **Microsoft SQL Server**

A base de dados, onde são armazenados os factos e as regras do HNC-Diagnostic, foi criada em Microsoft SQL Server (um sistema de gestão de base de dados), utilizando a linguagem SQL. SQL (Structure Query Language) é uma linguagem padrão para armazenar, manipular e recuperar dados armazenados em base de dados relacional (DSL, 2009).

5.5 Implementação

Nesta seção são apresentados e descritos os principais componentes implementados (apresentados anteriormente no modelo de componentes). O protótipo funcional do sistema *web* foi implementado utilizando as *frameworks* ASP.Net core e Vue.js, anteriormente descritas. A aplicação é constituída por um *WebServer* e um *WebSite* (Figura 5.8).

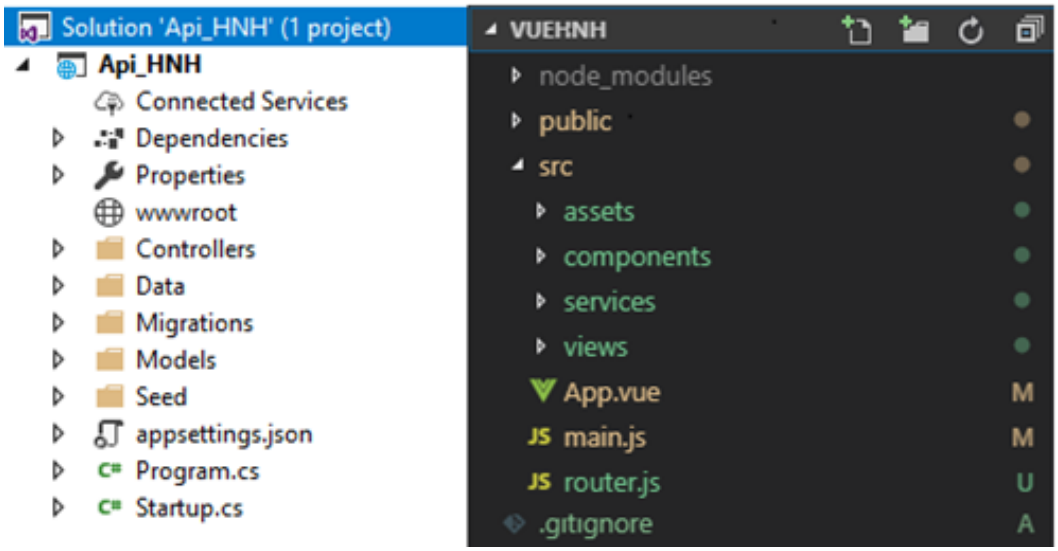


Figura 5.8: Estrutura da aplicação.

Na esquerda está ilustrada a estrutura da *WebServer*, a API "Api_HNH" (aplicação servidor *web*, *back-end*) e na direita encontra-se a estrutura de *WebSite* "VueHNH" (aplicação do lado do cliente, *front-end*). De seguida são descritos os principais componentes da aplicação e as suas interações.

5.5.1 *Model* (Modelo)

Cada modelo define cada classe apresentada no diagrama de classes ou modelo Entidade/relação, e está relacionado com uma tabela da base de dados. Na figura 5.9 estão apresentados os modelos utilizados no sistema.

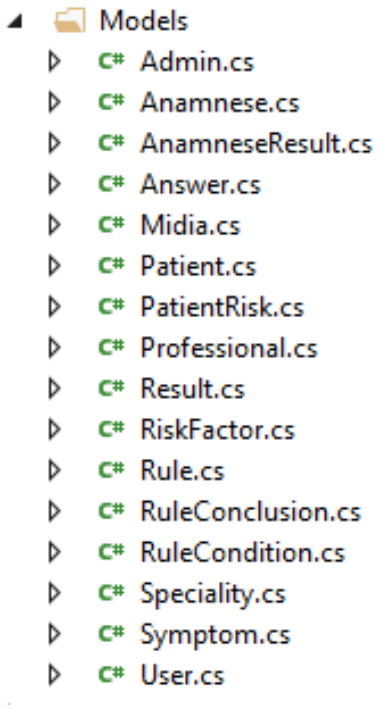


Figura 5.9: Modelos utilizados no sistema.

Admin – Modelo que representa administrador, correspondente à tabela *admin*.

Anamnese- Modelo que representa anamnese, correspondente à tabela *anamnese*.

AnamneseResult – Modelo que representa resultado de anamnese, correspondente à tabela *anamneseResult*.

Answer - Modelo que representa resposta, correspondente à tabela *answer*.

Midia - Modelo que representa as imagens, corresponde à tabela *midia.*

Patient – Modelo que representa paciente, correspondente à tabela *patient*

PatientRisk – Modelo que representa risco de paciente, correspondente à tabela *PatientRisk.*

Professional – Modelo que representa profissional de saúde, correspondente à tabela *professional.*

Result – Modelo que representa resultado, correspondente à tabela *result*.

RiskFator – Modelo que representa fatores de risco, correspondente à tabela *riskFactor*

Rule -Modelo que representa regras, correspondente à tabela *rule.*

RuleCondition - Modelo que representa condições de uma regra, corresponde à tabela *ruleCondition.*

RuleConclution - Modelo que representa conclusões de uma regra, corresponde à tabela *ruleConclution.*

Speciality - Modelo que representa especialidade, correspondente à tabela *speciality*.

Symptom - Modelo que apresenta sintomas, correspondente à tabela *symptom.*

User – Modelo que representa utilizador, correspondente à tabela *user*.

5.5.2 *Controller* (Controlador)

A aplicação é composta por vários controladores, que permitem fazer a ligação entre os modelos e as tabelas da base de dados, de forma a realizar uma operação (inserir, atualizar, apagar e obter dados). A figura 5.10 ilustra todos os controladores do sistema.

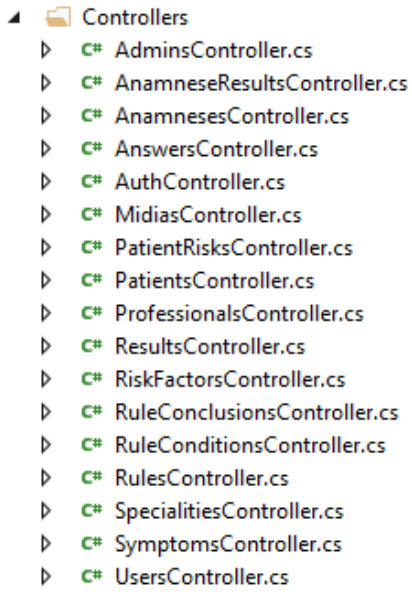


Figura 5.10: Os controladores.

A aplicação tem 6 controladores principais: ***AnamnesesController*** (para operações relacionadas com diagnóstico/anamnese), ***AuthController*** (para operações de registo e autenticação de utilizadores), ***UsersController*** (para gerir os utilizadores), ***RulesController*** **(**para operações relacionadas com regras), ***SymptomsController*** **(**para operações relacionadas com sintomas) e ***RiskfatorController*** **(**para operações relacionadas com fatores de risco). Os 3 últimos controladores são utilizados pelo *Back-Office* da aplicação de modo a manter a base de conhecimento atualizada e cada vez mais enriquecida.

O acesso aos métodos de cada controlador depende do URL e do método do pedido HTTP enviado. As 10 principais *routes* existentes na aplicação, em conjunto com os métodos invocados de cada controlador, estão listadas na tabela 5.1. *Route* é responsável por corresponder as solicitações HTTP de entrada no *WebServer* e despachar essas solicitações para os endpoints do cliente. Endpoint é um ponto de comunicação e acesso a uma aplicação.

Tabela 5.1: Principais *routes* da API.

Método HTTP	URL	Método invocado no controlador	Função
POST	register	AuthController@Register	fazer o registo do utilizador
POST	login	AuthController@Login	fazer login
GET	Users	UsersController @GetUser	obter todos os utilizadores
PUT	Users/{id}	UsersController @PutUser	atualizar dados de utilizador
POST	Anamneses	AnamnesesController @PostAnamnese	guardar dados de anamneses realizados
GET	Anamneses/VerifyAnamneseResults/{idf}	AnamnesesController @VerifyAnamneseResults	fazer inferência de factos e regras
GET	Anamneses/ getByPatientId/{id}	AnamnesesController@ getAnamnesesByPatientId	Obter anamneses de um paciente
POST	Rules	RulesController @PostRule	criar regra
PUT	Rules/{id}	RulesController @PutRule	atualizar regra
DELETE	Rules/{id}	RulesController @DeleteRule	apagar regra

5.5.3 Base de dados

Para a elaboração das diferentes tabelas da base de dados (BD) do HNC-Diagnostic recorreu-se à migração. A migração é o processo de conversão dos dados dos modelos/classes em tabelas que compõem a base de dados. Neste projeto foram criadas as classes/modelos (Figura 5.9) correspondente às tabelas. A partir dessas classes criou-se ficheiros que permitem criar base de dados de forma automática e ter uma ligação entre as tabelas e os modelos. A vantagem de ter ficheiros de migração é que se a base de dados for apagada este pode ser criado de forma fácil e rápida, sendo apenas necessário executar o comando "Update-Database".

Nesta aplicação foram utilizadas várias migrações, como é mostrado na figura 5.11.

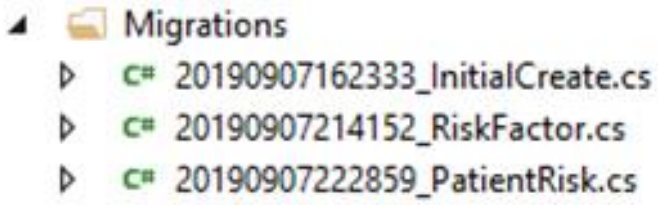


Figura 5.11: Migração.

Para a construção da base de dados do HNC-Diagnostic foram feitas três migrações. Cada ficheiro de migração pode criar, atualizar ou apagar uma ou mais tabelas. Depois de fazer a primeira migração, só é necessário fazer outras migrações caso algum modelo for atualizado.

InicialCreate - tem informação das tabelas na criação da primeira migração. Esta foi executada utilizando o comando "Add-Migration InicialCreate". Depois da criação desta migração, foi executado o comando "Update-Database" que cria a base de dados com todas as tabelas incluídas na migração.

RiskFactor – foi criada para atualizar a tabela *RiskFactor*, executando o comando "Add-Migration RiskFactor".

PatientRisk – foi criada para atualizar a tabela *PatientRisk*, executando o comando "Add-Migration PatientRisk".

Depois de cada comando de migração executado, é sempre necessário executar o comando "Update-Database". Este comando permite criar ou atualizar a base de dados. A figura 5.12 ilustra as tabelas criadas na base de dados.

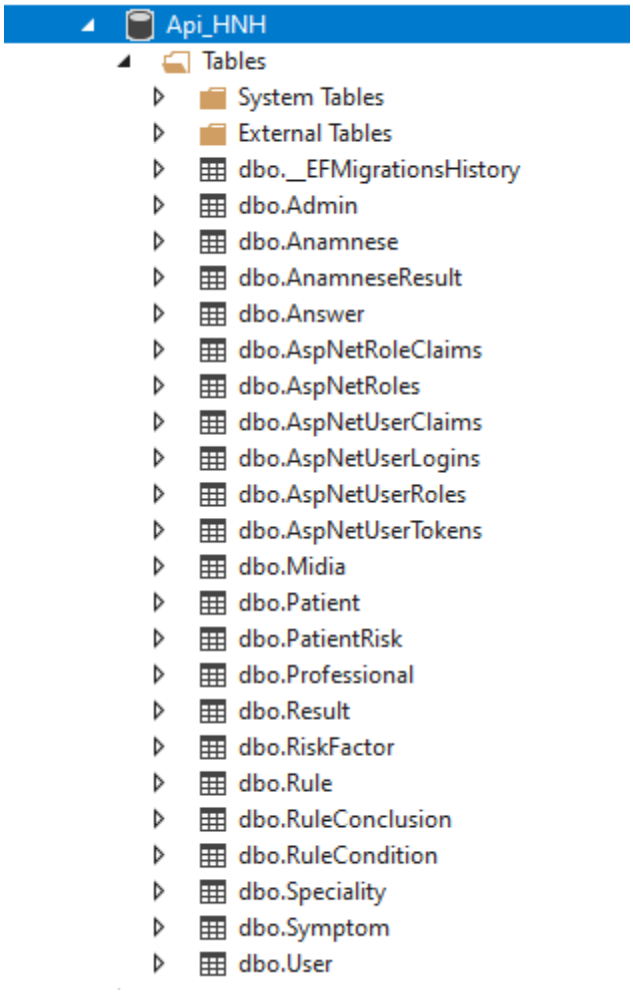


Figura 5.12: Tabelas da base de dados.

As tabelas “AspNetRoleClaims”, “AspNetRoles”, “AspNetUserClaims”, “AspNetUserLogins”, “AspNetUserRoles” e “AspNetUserTokens” foram criadas automaticamente devido a utilização de classe *IdentityUser*, esta que está integrada na *EntityFrameworkCore*. A classe “User” herda as características da classe “IdentityUser”. Decidiu-se utilizar a classe “IdentityUser”, porque este permite facilmente implementar/configurar uma autenticação segura, utilizando *jwtsecuritytokenhandler*, onde este permite ter um *token* de autenticação. *Token* de autenticação é enviado para o *front-end* depois da autenticação, permitindo assim uma comunicação segura entre *front-end* e *back-end.*

Algumas tabelas da base de dados foram completadas inicialmente utilizando a sedimentação. Sedimentação é o processo através do qual podemos preencher as tabelas, com as informações inseridas no código. Ao invés de inserir fatores de risco e sintomas no *Back-Office* uma de cada vez, pode-se criar um ficheiro que permite inserir esses dados na base de dados. A vantagem de ter ficheiro de sedimentação é que se a base de dados for limpada ou apagada estes ficheiros permitem facilmente inserir essas informações básicas do sistema.

A figura 5.13 ilustra as classes criadas para a sedimentação.

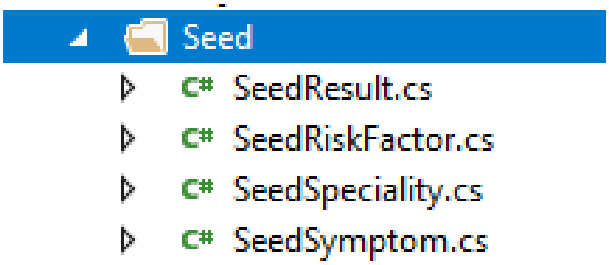


Figura 5.13: Sedimentação.

SeedResult – este permite guardar os possíveis resultados na tabela *Result*. ***SeedRiskFactor*** – este permite inserir os fatores de riscos na tabela *RiskFactor*. ***SeedSpecility*** – este insere as especialidades de profissional de saúde na tabela *Speciality*. ***SeedSymptom*** – este faz introdução dos sintomas na tabela *Symptom*.

5.5.4 *Views*

Como descrito anteriormente no modelo de componentes, o componente *Views* pertence ao *WebSite*. A aplicação *WebSite* foi desenvolvida utilizando a *framework* Vue.js, e outras tecnologias de *front-end* descritas anteriormente. A figura 5.14 ilustra componentes da *Views*, onde se destaca as páginas de anamneses (*Create*, *Details*, *Edit* e *Index*), que estão relacionadas com o diagnóstico.

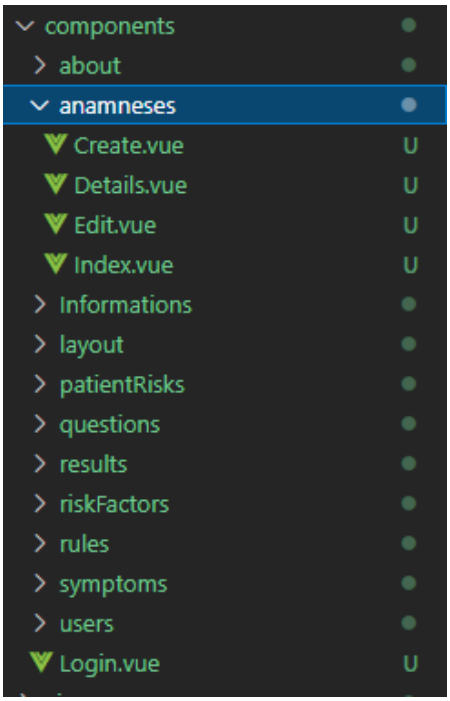


Figura 5.14: Componentes da Views.

O *WebSite* faz a comunicação com *WebServer*, de modo a receber as informações necessárias para a criação das páginas *Web*. Vue.j s tem o elemento *axios* que permite que o cliente *WebSite* possa fazer pedidos HTTP ao *WebServer*. A figura 5.15 ilustra exemplo de um pedido que o *WebSite* faz ao *Web*Server, de modo a gerar uma página com informações de anamnese (diagnóstico) de um paciente.

```
getAnamneseByPatientId(id){  //Get all Anamneses by patientId
    axios.get(base_url_ApiHNH+'Anamneses/getByPatientId/'+id)
    .then(res=>this.anamneses=res.data)
    .catch(err=>{
        this.$parent.errorMethod(err);
    });
},
```

Figura 5.15: Exemplo de pedido ao *WebServer*.

No pedido apresentado na figura 5.15, é utilizado o método HTTP “get” e a *route* “Anamneses/getByPatientId”. Sendo, “Anamneses” o nome do controlador e “getByPatientId” o nome do método a ser invocado no controlador.

6 Resultados e testes

Ao longo deste capítulo são apresentadas as interfaces da aplicação e os testes realizados. A aplicação pode ser dividida em três módulos principais conforme apresentado na figura 6.1 – especialista, profissional de saúde e paciente.

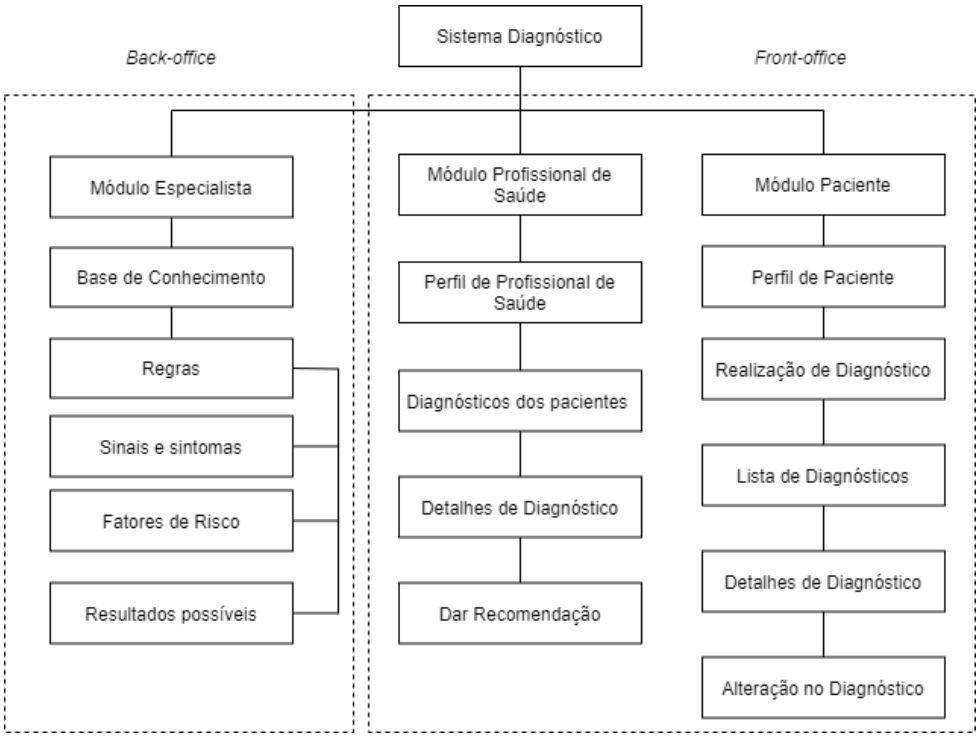


Figura 6.1: Árvore de navegação do fluxo de informação do sistema.

Neste ponto fica clara a distinção de papéis entre os especialistas (profissionais de saúde perito na área e devidamente autorizados), profissionais de saúde e pacientes. Enquanto os primeiros atuam no *back-office*, o segundo e o terceiro grupo atuam no *front-office*. Os especialistas possuem a responsabilidade de fazer a manutenção da base de conhecimento, enquanto que os outros profissionais de saúde interagem com os pacientes, fornecendo recomendação. Os pacientes, por sua vez, realizam o diagnóstico, de modo a receberem uma recomendação.

6.1 Apresentação da aplicação

Nesta secção são apresentadas e descritas as diferentes interfaces que os diferentes utilizadores terão disponíveis.

A figura 6.2 ilustra a página inicial da aplicação e disponível para qualquer utilizador. Nesta página geral o utilizador poderá ter acesso as informações sobre a aplicação. Dependendo do tipo de utilizador, este pode ter acesso a funcionalidades do *Back-Office* ou funcionalidades sobre diagnóstico.

Figura 6.2: Página inicial.

De seguida são descritos detalhadamente os principais janelas existentes para os diferentes utilizadores

6.2 Registo de Utilizador

O SP desenvolvido permite a gestão do registo de utilizadores (pacientes e profissionais de saúde). No registo são inseridos os dados do utilizador, preenchendo os campos apresentados na figura 6.3.

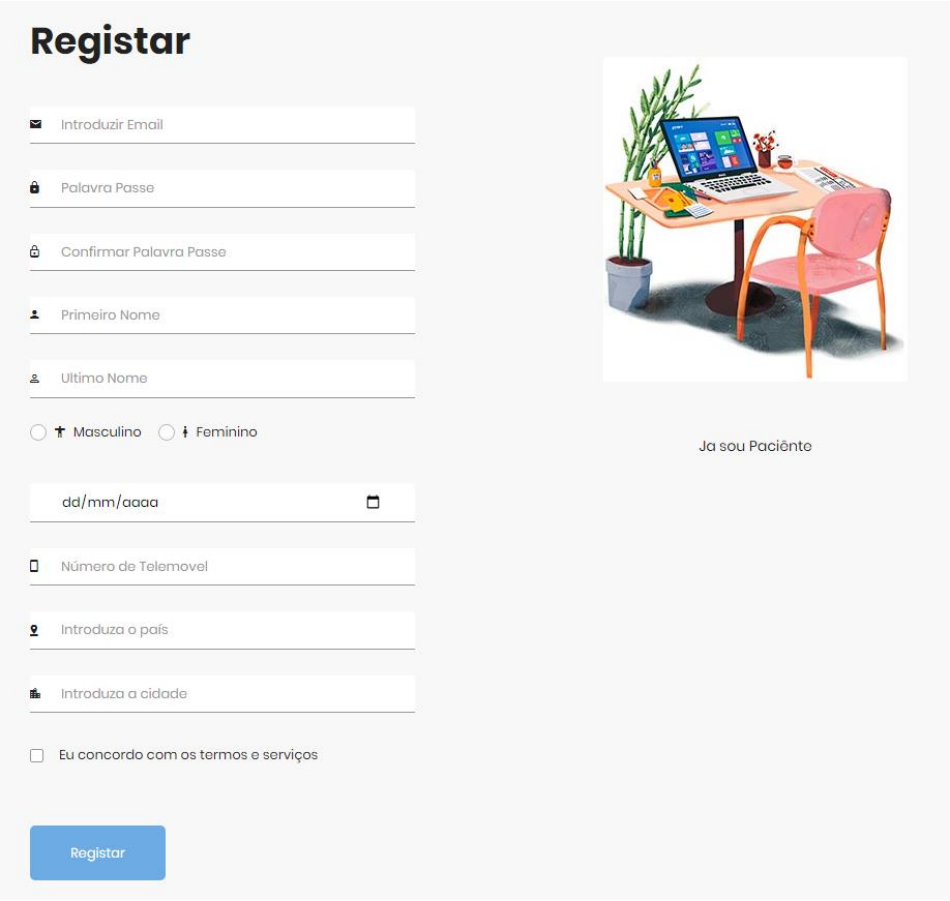


Figura 6.3: Página de registo de utilizador.

Estando registado na aplicação, o utilizador acede à página de login, ilustrada na figura 6.4, e utiliza as suas credenciais para realizar a autenticação.

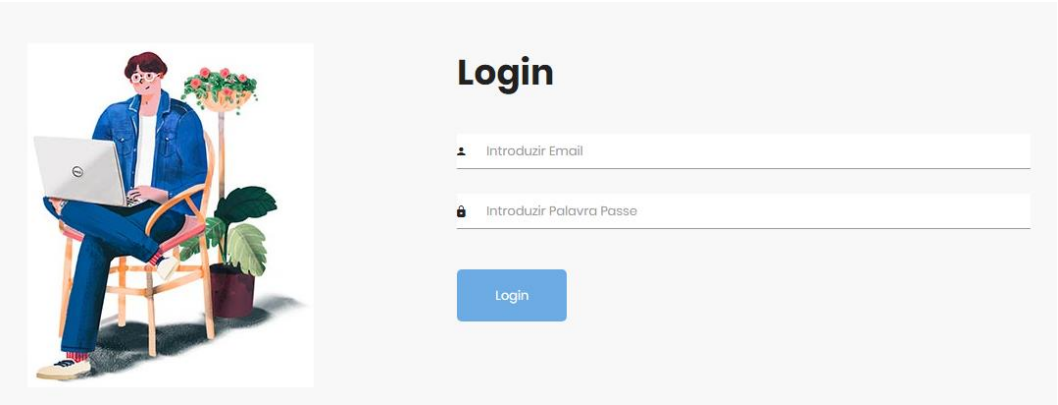


Figura 6.4: Página de autenticação.

6.3 Módulo de Especialista

No processo de diagnóstico de CCP o paciente terá de responder a um questionário que será elaborado e mantido pelos especialistas. É da responsabilidade dos especialistas a manutenção da base de conhecimento. O *Back-Office* é a interface que permite a comunicação entre o especialista e o editor de base de conhecimento. Na janela principal do módulo de especialista existem quatro opções disponíveis: registo de fatores de risco, sinais e sintomas, registo de regras e registo de conclusões. Para que haja criação de regras, o especialista terá de definir as condições (fatores de risco, sinais e sintomas associados ao CCP) e as conclusões (resultados possíveis) e introduzi-los previamente no sistema

6.3.1 Sintomas e Fatores de Risco

Os sintomas e fatores de risco podem ser criados, editados ou apagados pelo especialista para serem usados posteriormente no questionário de diagnóstico. O especialista poderá criar sintomas específicos para os diferentes tipos de cancro de CCP bem como sintomas gerais e comuns a todas as patologias. Os sintomas encontram-se divididos através de separadores conforme ilustrado na figura 6.5.

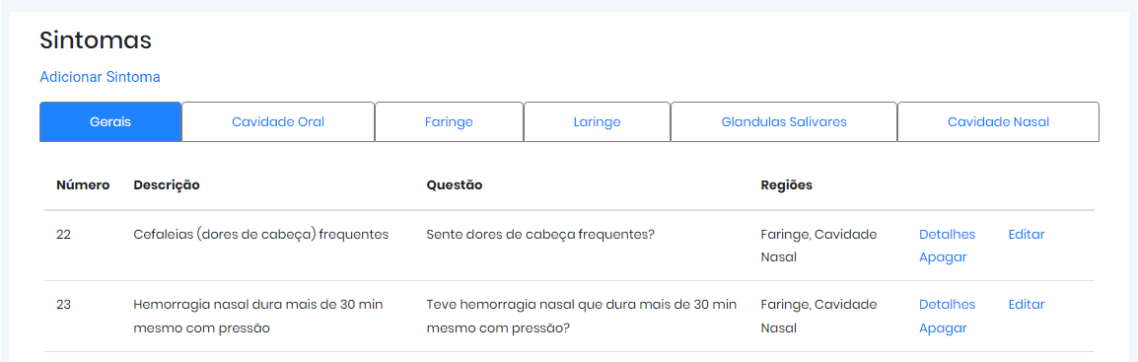


Figura 6.5: Lista de sinais e sintomas.

Os fatores de risco estão igualmente agrupados por categorias (estilo de vida, ambientais, etc..) e exibidos em separadores independentes conforme a figura 6.6.

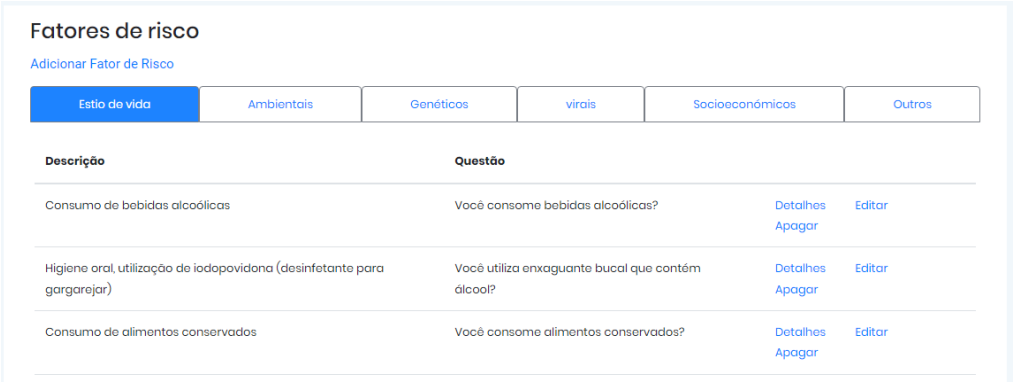


Figura 6.6: Lista de fatores de risco.

Para cada fator de risco, sinal ou sintoma inserido é definida uma pergunta com as respetivas alternativas de resposta, que irá aparecer no questionário. A figura 6.7 ilustra os campos a serem preenchidos na criação de um fator de risco.

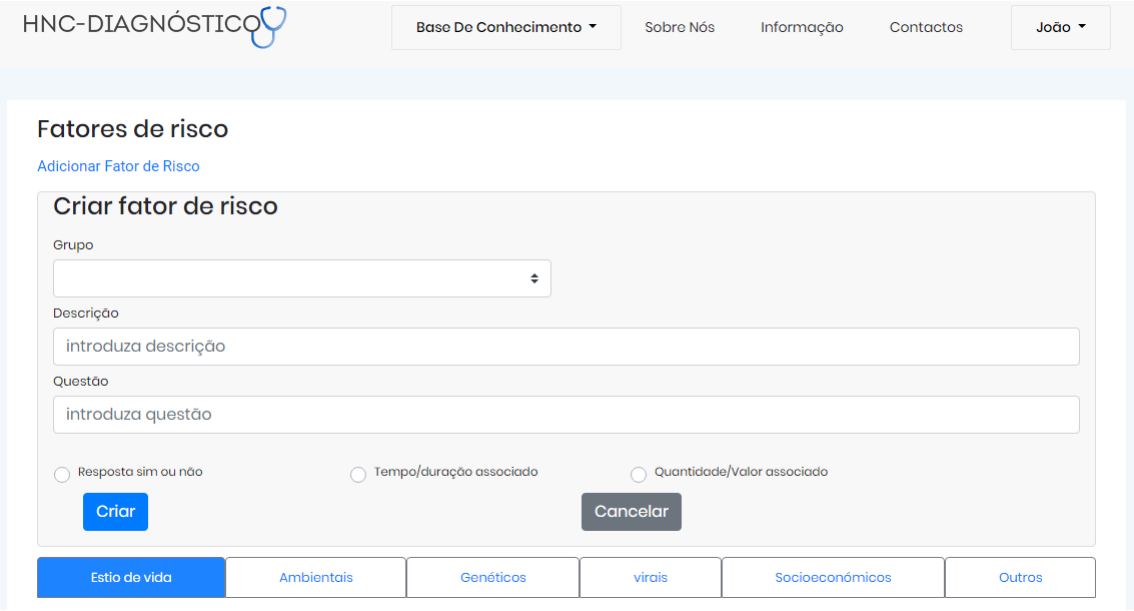


Figura 6.7: Criação de um novo fator de risco.

Por defeito, o HNC-Diagnostic contém um grupo de 19 perguntas (Anexo I) relativas a fatores de risco associados ao CCP provenientes da literatura científica e já desenvolvidos no capítulo 2. No entanto, com os avanços científicos, o especialista poderá sempre que o pretenda adicionar, alterar e apagar qualquer regra, fator de risco, sinal e sintoma.

Na figura 6.8 é ilustrado exemplo de um sintoma inserido com a descrição, a região associada, a respetiva questão e as alternativas do tempo de exposição ao fator de risco.

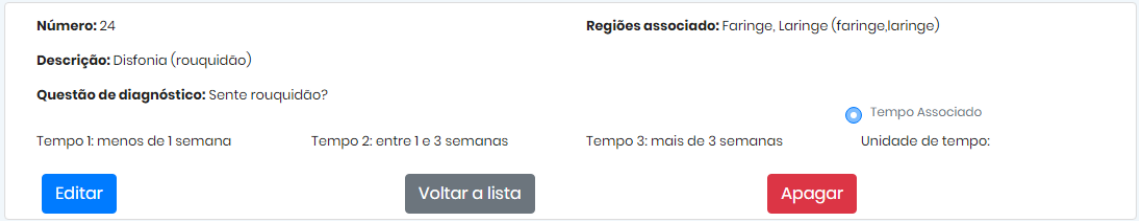


Figura 6.8: Detalhes de um sintoma.

6.3.2 Conclusões

Por defeito, foram inseridas 10 conclusões no HNC-Diagnostic (Figura 6.9) que irão ser usadas para na criação de regas do sistema, exceto a primeira. Das conclusões, a primeira "Anamnese não revela problema" apenas é utilizada para concluir que nenhuma regra foi inferida. As outras nove conclusões, cada uma está associada a uma região específica de cabeça e pescoço. As conclusões podem ser editadas, apagadas e vistas de forma detalhada. Também podem ser adicionadas novas conclusões.

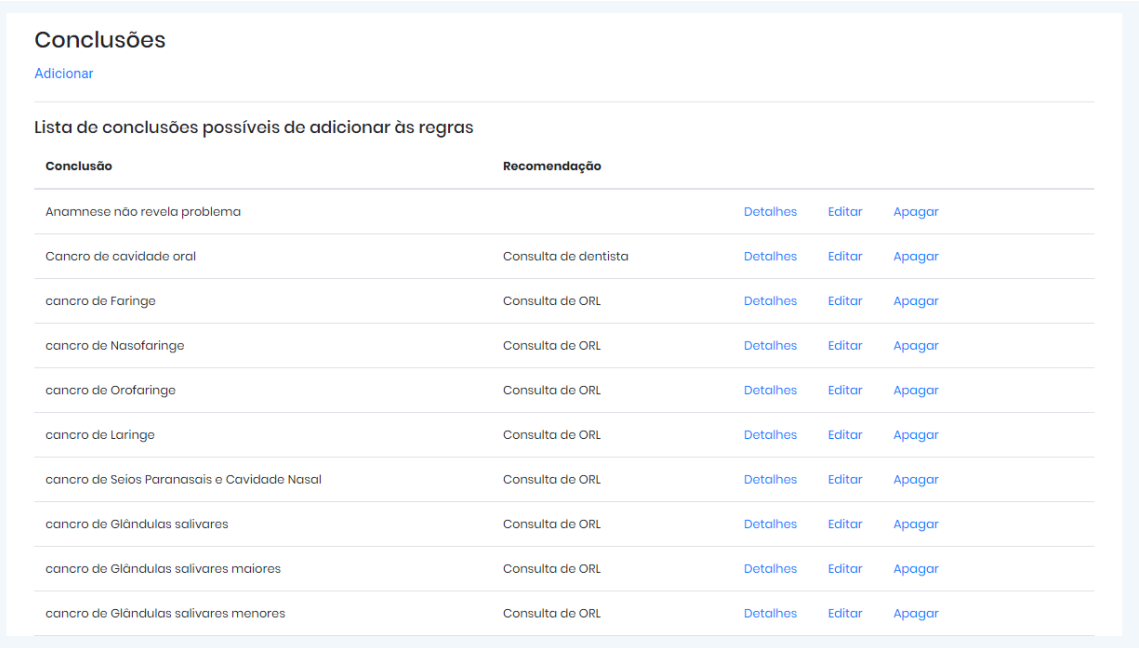


Figura 6.9: Lista de Conclusões.

Na figura 6.10 é representada uma conclusão inserida no sistema, com a descrição e a recomendação.

Figura 6.10: Detalhes de uma conclusão.

6.3.3 Regras do Sistema

Depois de inserir os sinais, sintomas, fatores de rico e conclusões, poderão ser criadas as regras. Estas regras são criadas por um conjunto de especialistas, em que as definem após debate.

A aplicação permite criar várias regras, em que cada regra pode ter várias condições e conclusões. As condições são os fatores de risco e os sinais/sintomas, enquanto as conclusões são os resultados possíveis (conclusões e recomendações que podem ser inferidas). Cada conclusão tem um fator de certeza associado (uma probabilidade, definida em percentagem). A figura 6.11 mostra a página de criação de regras.

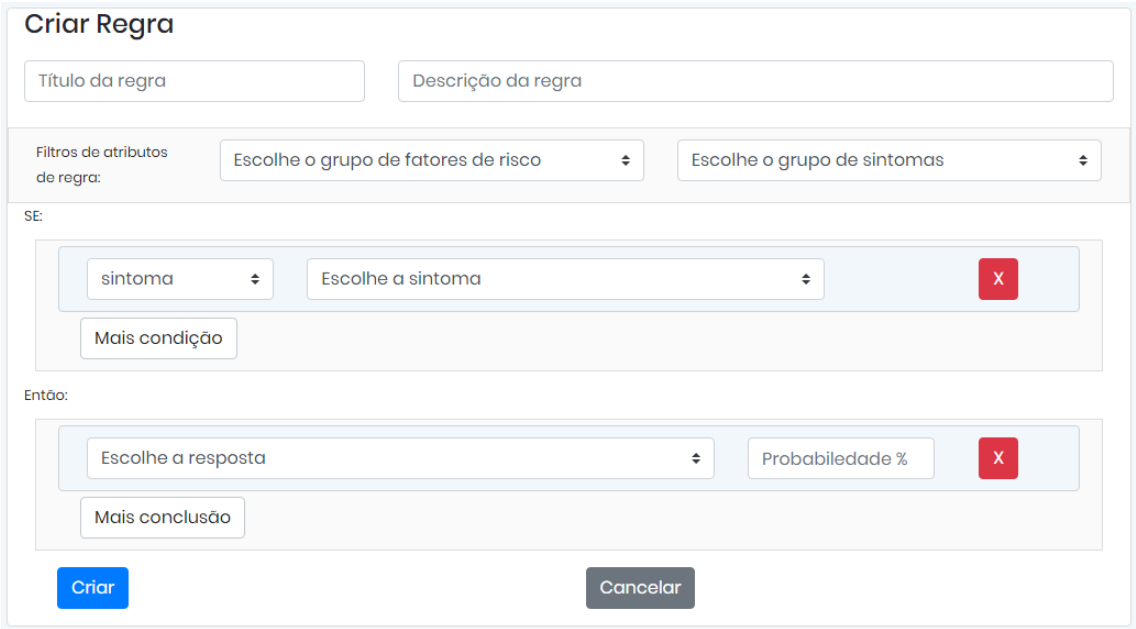


Figura 6.11: Página de criação de regras.

Na figura 6.12 ilustra o exemplo de uma regra criada com um fator de risco e um sintoma colocados no sistema e que leva a uma conclusão com grau de probabilidade 30%.

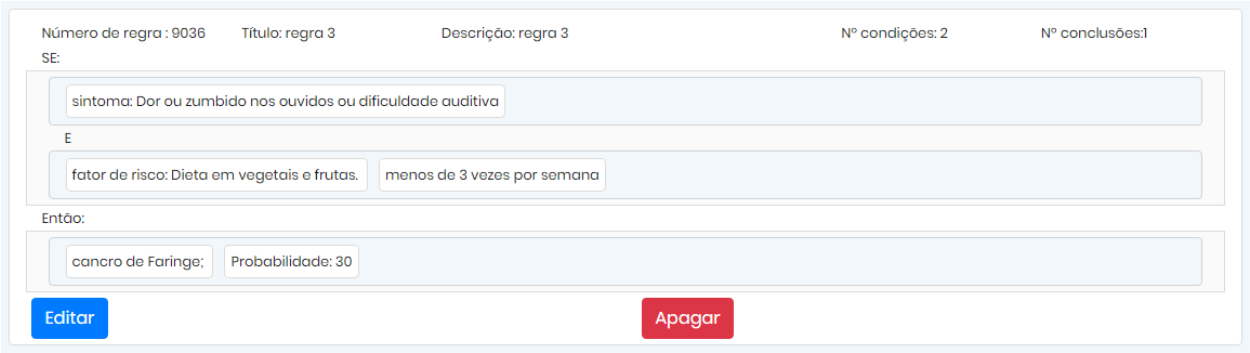


Figura 6.12: Exemplo de uma regra.

6.4 Módulo do Paciente

Depois do registo e através da autenticação o paciente entra na sua área pessoal a partir do qual poderá preencher e submeter os seus dados pessoais, fatores de risco e diagnósticos.

- **Perfil do Paciente**

Como visto no capítulo 2 existe uma relação entre os indicadores socioeconómicos (nível económico, social, escolaridade, região, a idade e o sexo) e a incidência de cancro do pescoço e cabeça. Para além dos indicadores socioeconómicos, vários são os fatores de risco que podem aumentar o risco de desenvolver CCP. Estes fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, herdados ou resultado de hábitos ou costumes próprios de um determinado ambiente social e cultural. Assim sendo, na página perfil de paciente (Figura 6.13.), uma das opções que se encontra disponível para o paciente é o preenchimento de alguns desses dados pessoais.

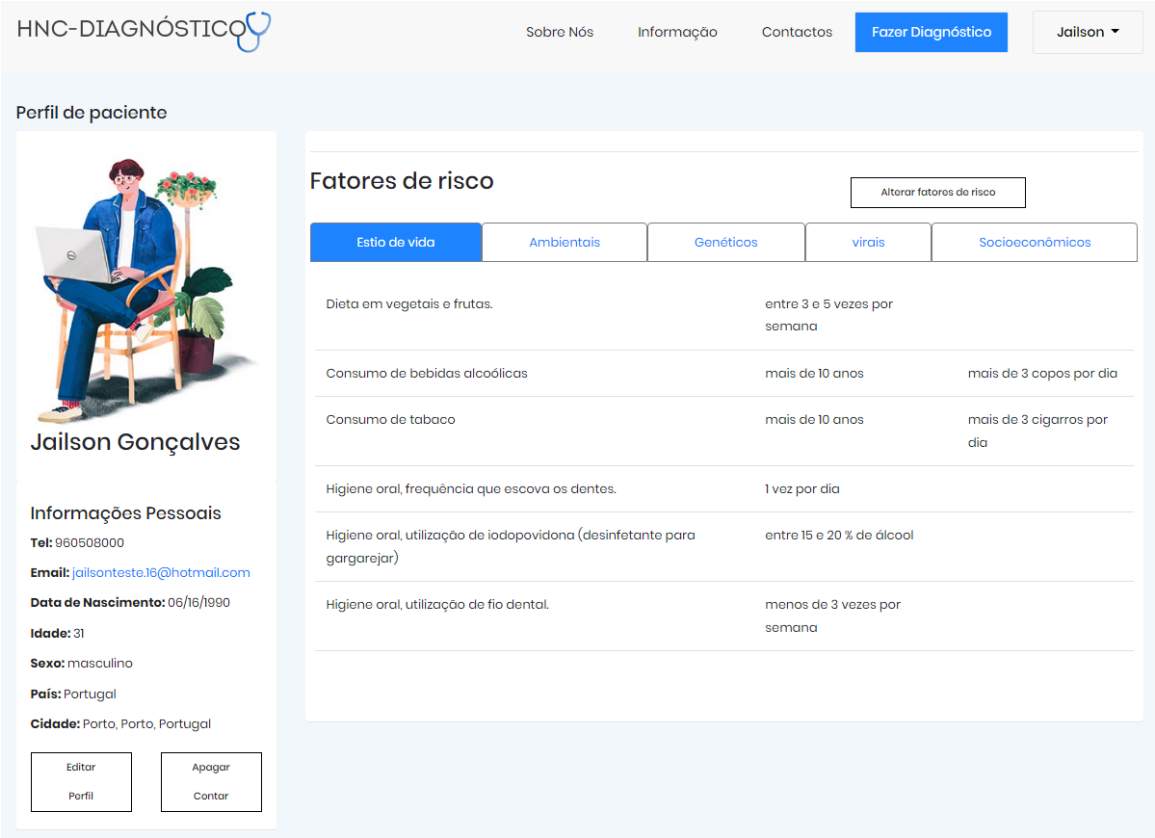


Figura 6.13: Perfil do paciente.

O paciente encontra igualmente, no menu inicial, os fatores de risco (estilo de vida, ambientais, genéticos, virais e socioeconómicos) devidamente organizados através de separadores. Estes separadores são dinâmicos e permitem que o utilizador aceda e alterne rapidamente entre eles, sem ter que tenha que sair da página.

O HNC-Diagnostic contém um grupo de 19 perguntas (Anexo I) relativas a fatores de risco associados ao CCP. A maioria das perguntas são do tipo dicotómicas ou fechadas. Estas perguntas fechadas "sim/não" são usadas pelo sistema para uma validação básica. Se o paciente responder "sim" será feita uma nova pergunta de resposta única onde é pedido a duração em que esteve sujeito a um determinado fator de risco e/ou a frequência com que se sujeita ao mesmo (Figura 6.14.). As questões não respondidas serão automaticamente assinaladas como "não".

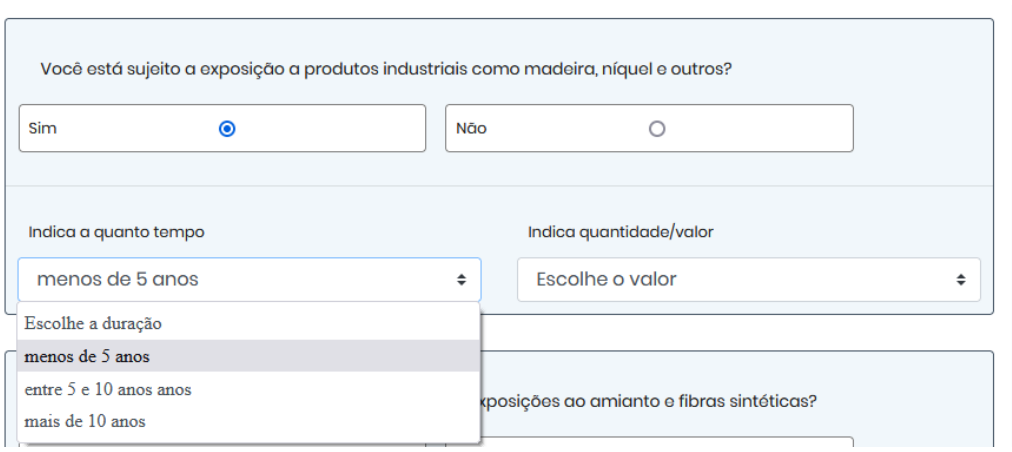


Figura 6.14: Edição de fatores de risco.

- **Diagnóstico**

Outra das opções ou funcionalidades que o paciente tem na janela principal da aplicação é a que permite realizar, gerir e consultar todos os diagnósticos efetuados.

O questionário de diagnóstico está relacionado com sinais e sintomas, composto por 39 perguntas (Anexo II), todas com duas alternativas ("sim" ou "não"), e em caso afirmativo é ainda questionado relativamente à duração do respetivo sinal ou sintoma. As questões não respondidas são automaticamente assinaladas como "não". A figura 6.15 mostra uma lista com algumas questões que devem ser respondidas durante a realização do diagnóstico.

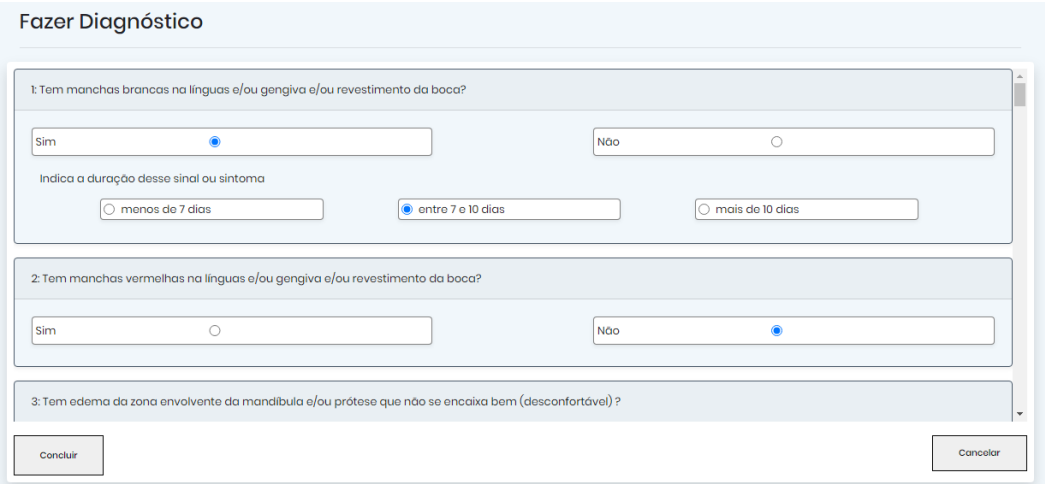


Figura 6.15: Realizar diagnóstico.

A figura 6.16 ilustra a lista de diagnósticos realizados pelo paciente. Cada diagnóstico pode ser visto ao pormenor, editado ou apagado, clicando respetivamente nas ações ver, editar e apagar. Nesta página também tem um botão "Novo Diagnóstico", que leva o paciente à página de realizar diagnóstico.

Figura 6.16: Listagem de diagnóstico de um paciente.

Na página de diagnóstico, o paciente pode visualizar todas as questões e respetivas respostas. Este utilizador também tem a opção de editar, apagar e voltar para a lista de diagnósticos. A figura 6.17 ilustra a página de diagnóstico, com verificação pendente, na perspetiva de paciente.

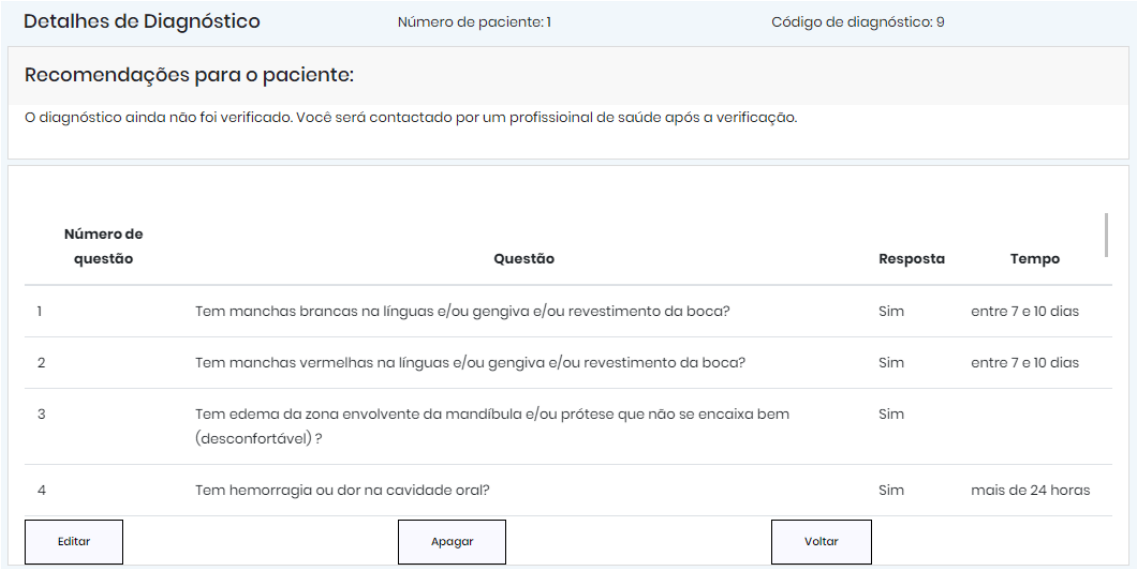


Figura 6.17: Diagnóstico pendente, visto pelo paciente.

A figura 6.18 ilustra a página de diagnóstico, verificado pelo profissional de saúde, na perspetiva de paciente.

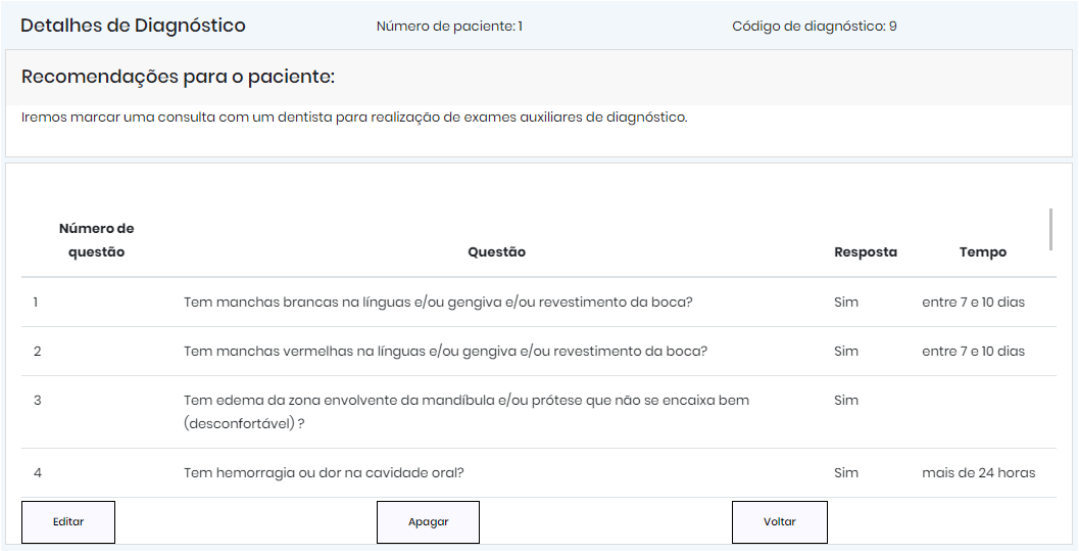


Figura 6.18: Diagnóstico verificado, visto pelo paciente.

6.5 Módulo de Profissional de Saúde

Depois do registo o profissional de saúde pode preencher os seus dados pessoais, ver a lista dos diagnósticos dos pacientes e detalhes de cada diagnóstico.

- **Perfil do profissional de saúde**

No perfil de profissional de saúde são apresentados os seus dados e os últimos diagnósticos realizados, como mostra a figura 6.19.

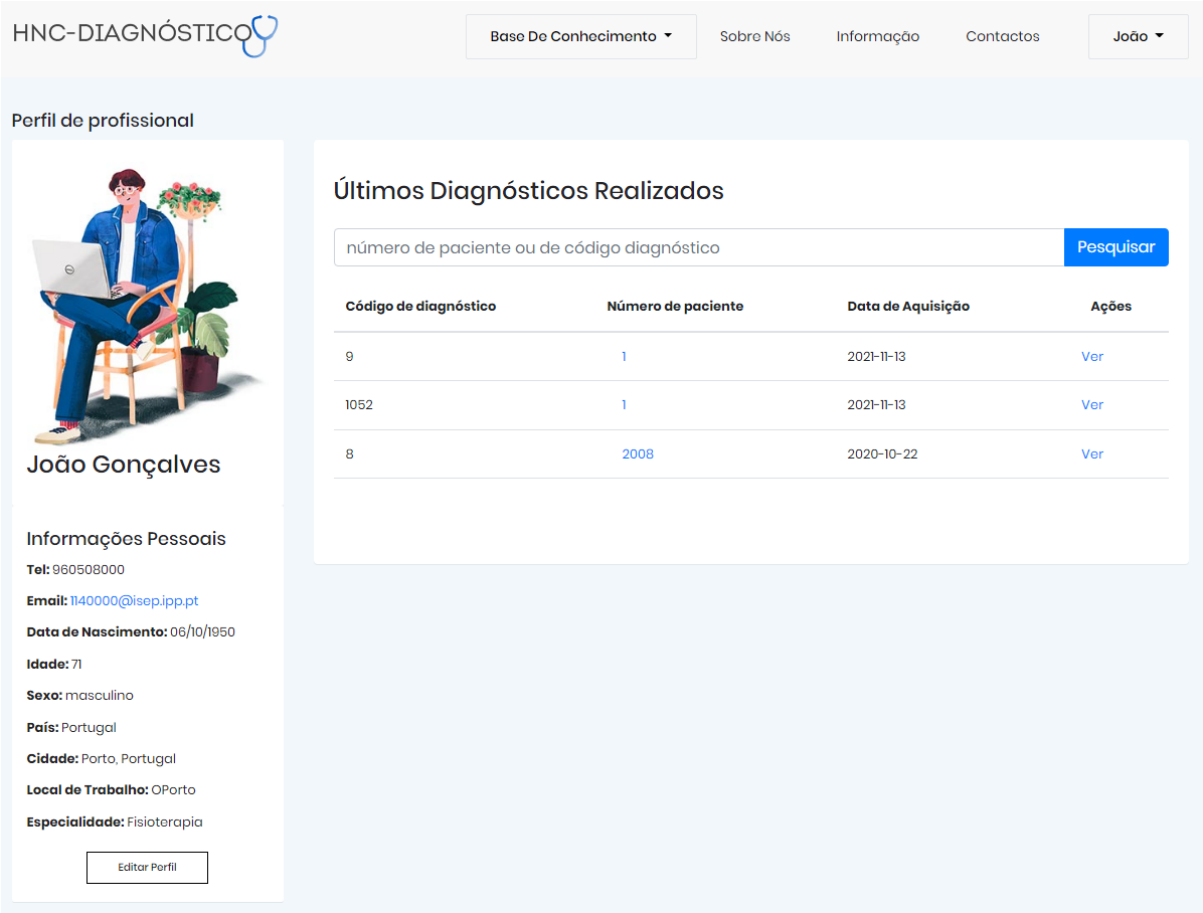


Figura 6.19: Perfil de profissional de saúde.

- **Detalhes de diagnóstico**

Na página de diagnóstico, o profissional de saúde pode visualizar todas as questões e respetivas respostas. Este utilizador também tem acesso às conclusões e às explicações. O profissional de saúde analisa as conclusões e explicações e escreve uma recomendação ao paciente. A figura 6.20 ilustra a página de diagnóstico, na perspetiva do profissional de saúde.

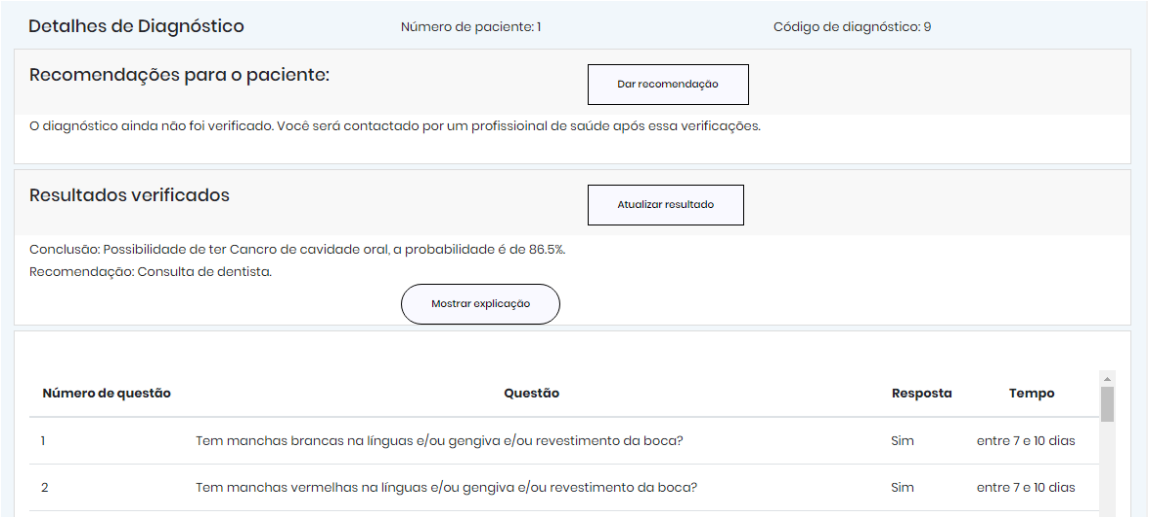


Figura 6.20: Página de diagnóstico (visto pelo profissional de saúde).

6.6 Teste de validação do sistema

Esta secção é dedicada ao teste e à validação do sistema desenvolvido, sendo importante esta fase pois tem como objetivo garantir a qualidade do sistema e verificar se este cumpre com os requisitos estabelecidos. O autor realizou os testes funcionais durante e após o desenvolvimento.

Os testes funcionais representam a avaliação de *software* como um utilizador final da aplicação *web*, com a finalidade de testar certas funcionalidades e determinar se o *software* cumpre todos os requisitos funcionais definidos. Este teste verifica se a aplicação faz o que deveria fazer.

Das várias funcionalidades existentes no sistema, decidiu-se realçar a principal funcionalidade, a realização do diagnóstico. Foram elaboradas e testadas, diversas combinações de respostas para diagnósticos possíveis, de forma a obter o resultado do diagnóstico gerado pelo sistema HNC-Diagnostic. Nos testes realizados obtiveram-se, com sucesso, os resultados dos diagnósticos.

6.6.1 Módulo de Especialista – Criação de regras

Neste teste são simuladas regras definidas por profissionais de saúde.

Regra 1. Se o paciente tem manchas brancas na língua (7 e 10 dias) e manchas vermelha na língua (7 e 10 dias) e consume álcool (mais de 10 anos e mais de 3 copos por dia) e consome tabaco (mais de 10 anos e mais de 3 cigarros por dia), então a probabilidade de ter Cancro da cavidade Oral é de 70 % (Figura 6.21).

Figura 6.21: Regra 1.

Regra 2. Se o paciente tem edema da zona envolvente da mandíbula e/ou prótese que não se encaixa bem e hemorragia ou dor na cavidade oral (mais de 24 horas) e escova os dentes uma vez por dia e utiliza fio dental menos de 3 vezes por semana, então a probabilidade de ter Cancro da cavidade Oral é de 50 % (Figura 6.22).

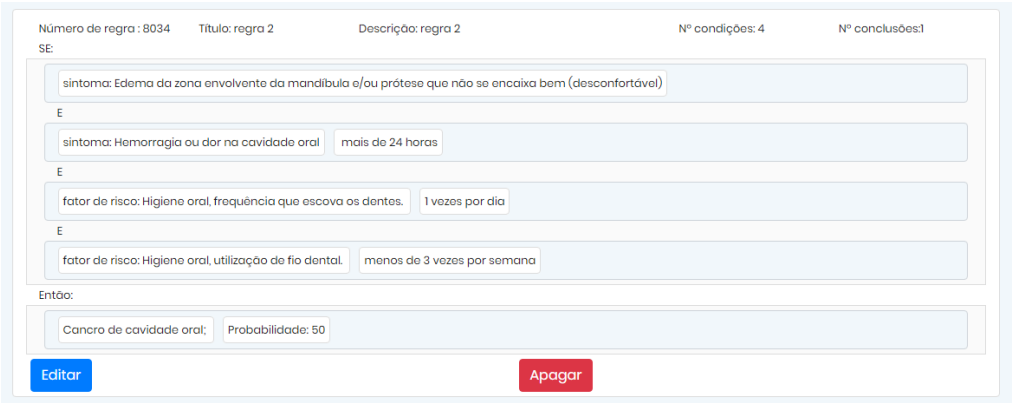


Figura 6.22: Regra 2.

Regra 3. Se o paciente sente dor ou zumbido nos ouvidos ou dificuldade auditiva, e consome vegetais e frutas menos de 3 vezes por semana, então a probabilidade de ter Cancro da cavidade Oral é de 30 % (Figura 6.23).

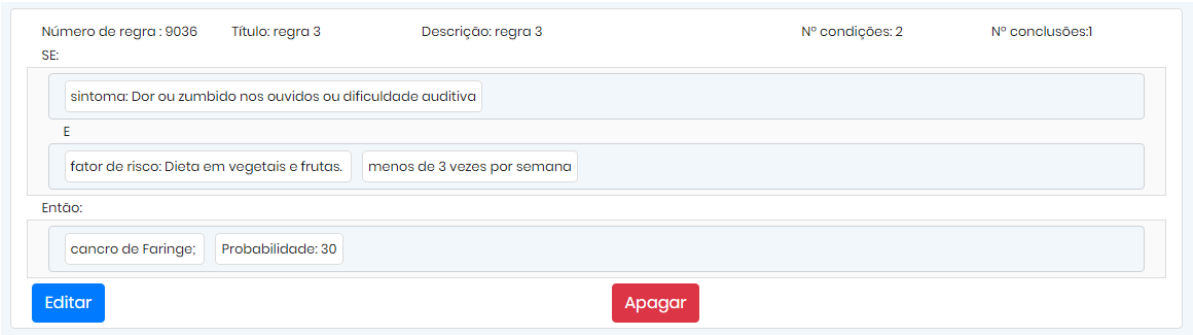


Figura 6.23: Regra 3.

Regra 4. Se o paciente tem sinais de sangramento na garganta, então a probabilidade de ter Cancro da cavidade Oral é de 10 % (Figura 6.24).

Figura 6.24: Regra 4.

Regra 5. Se o paciente sente rouquidão (mais de 3 semanas) e consome tabaco (mais de 10 anos e mais de 3 cigarros por dia), então a probabilidade de ter cancro de laringe é de 40 % (Figura 6.25).

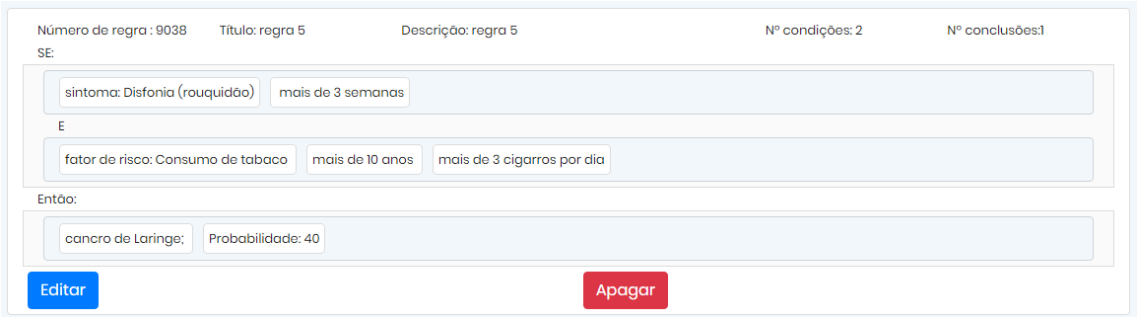


Figura 6.25: Regra 5.

Regra 6. Se o paciente sente dor de garganta ou ouvido que não melhora ou piora em 2 dias e consume álcool (mais de 10 anos e mais de 3 copos por dia), então a probabilidade de ter cancro de laringe é de 40 % (Figura 6.26).

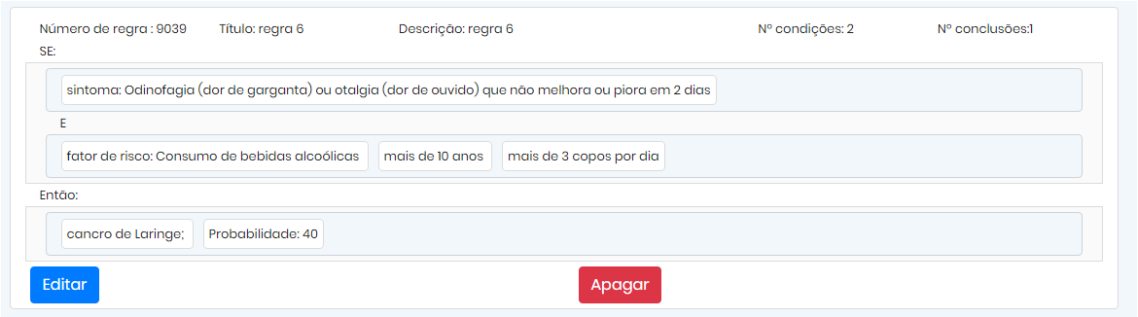


Figura 6.26: Regra 6.

6.6.2 Módulo do Paciente – Realização de Diagnóstico

Preencheu-se o perfil de paciente com 6 fatores de riscos (estilo de vida), e realizou-se diagnóstico.

Fatores de risco (Figura 6.27)

1. Consumo bebidas alcoólicas (mais de 10 anos) (mais de 3 copos por dia)
2. Dieta em vegetais e frutas (3 a 5 vezes por semana)
3. Higiene oral. Utilização de iodopovidona (desinfetante para gargarejar) (15 a 20% de álcool)
4. Higiene oral. Utilização de fio dental (menos de 3 vezes por semana)

5. Consumo de tabaco (mais de 10 anos) (mais de 3 cigarros por dia)
6. Higiene oral. Frequência que escova os dentes (1 vez por dia)

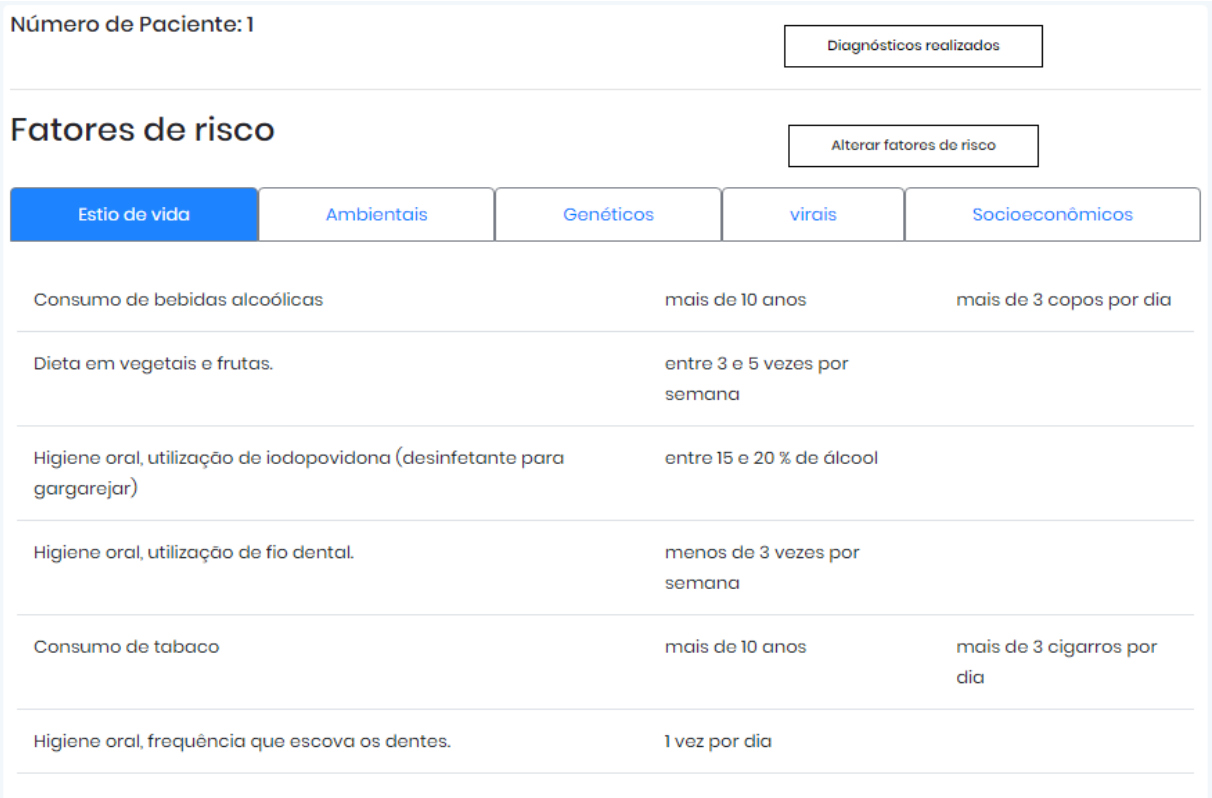
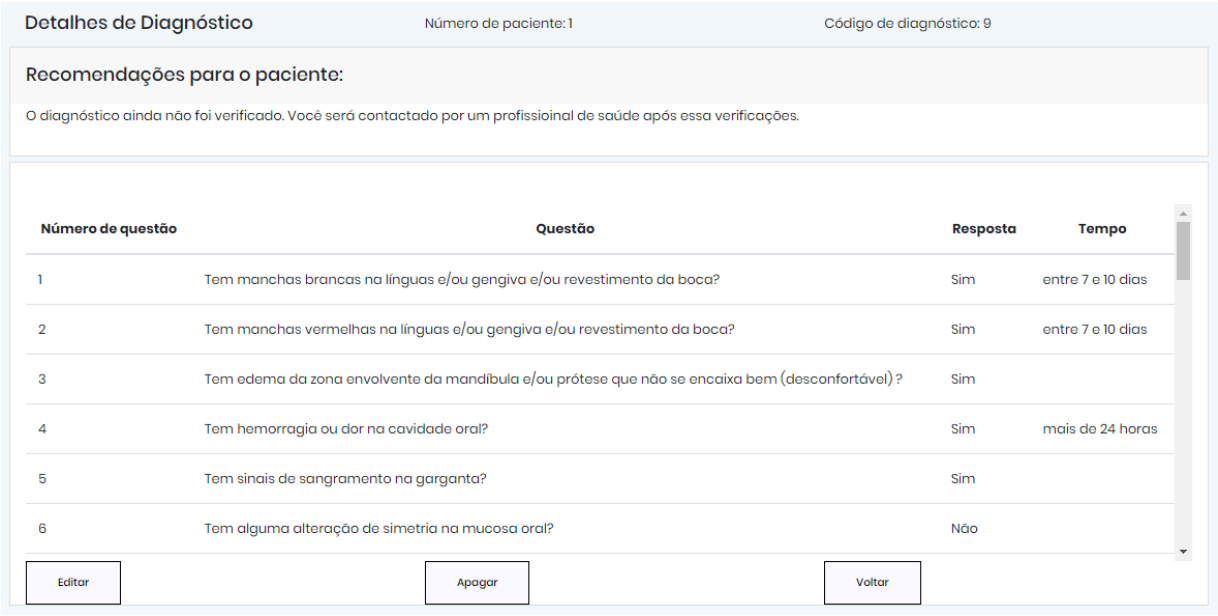


Figura 6.27: Fatores de risco do utilizador (estilo de vida).

Diagnóstico (Figura 6.28 e Figura 6.29)

7. Manchas brancas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca (7 a 10 dias)
8. Manchas vermelhas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca (7 a 10 dias)
9. Edema da zona envolvente da mandíbula e/ou prótese que não se encaixa bem (desconfortável)
10. Hemorragia ou dor na cavidade oral (mais de 24 horas)
11. Sinais de sangramento na garganta
12. Rouquidão (mais de 3 semanas)
13. Dor de garganta ou dor de ouvido que não melhora ou piora em 2 dias



Detalhes de Diagnóstico Número de paciente: 1 Código de diagnóstico: 9

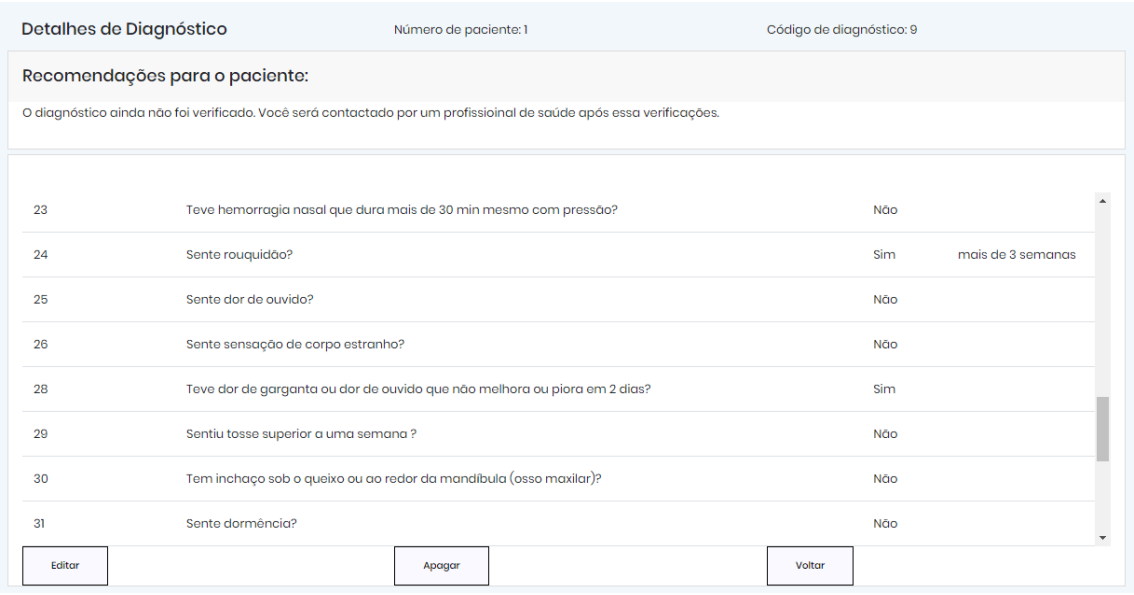
Recomendações para o paciente:

O diagnóstico ainda não foi verificado. Você será contactado por um profissioinal de saúde após essa verificações.

Número de questão	Questão	Resposta	Tempo
1	Tem manchas brancas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca?	Sim	entre 7 e 10 dias
2	Tem manchas vermelhas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca?	Sim	entre 7 e 10 dias
3	Tem edema da zona envolvente da mandíbula e/ou prótese que não se encaixa bem (desconfortável) ?	Sim	
4	Tem hemorragia ou dor na cavidade oral?	Sim	mais de 24 horas
5	Tem sinais de sangramento na garganta?	Sim	
6	Tem alguma alteração de simetria na mucosa oral?	Não	

Editar Apagar Voltar

Figura 6.28: Respostas e resultados de diagnóstico.



Detalhes de Diagnóstico Número de paciente: 1 Código de diagnóstico: 9

Recomendações para o paciente:

O diagnóstico ainda não foi verificado. Você será contactado por um profissioinal de saúde após essa verificações.

23	Teve hemorragia nasal que dura mais de 30 min mesmo com pressão?	Não	
24	Sente rouquidão?	Sim	mais de 3 semanas
25	Sente dor de ouvido?	Não	
26	Sente sensação de corpo estranho?	Não	
28	Teve dor de garganta ou dor de ouvido que não melhora ou piora em 2 dias?	Sim	
29	Sentiu tosse superior a uma semana ?	Não	
30	Tem inchaço sob o queixo ou ao redor da mandíbula (osso maxilar)?	Não	
31	Sente dormência?	Não	

Editar Apagar Voltar

Figura 6.29: Respostas e resultados de diagnóstico (continuação).

6.6.3 Resultados do Diagnóstico

Na figura 6.30 ilustra-se as conclusões inferidas e as justificações.

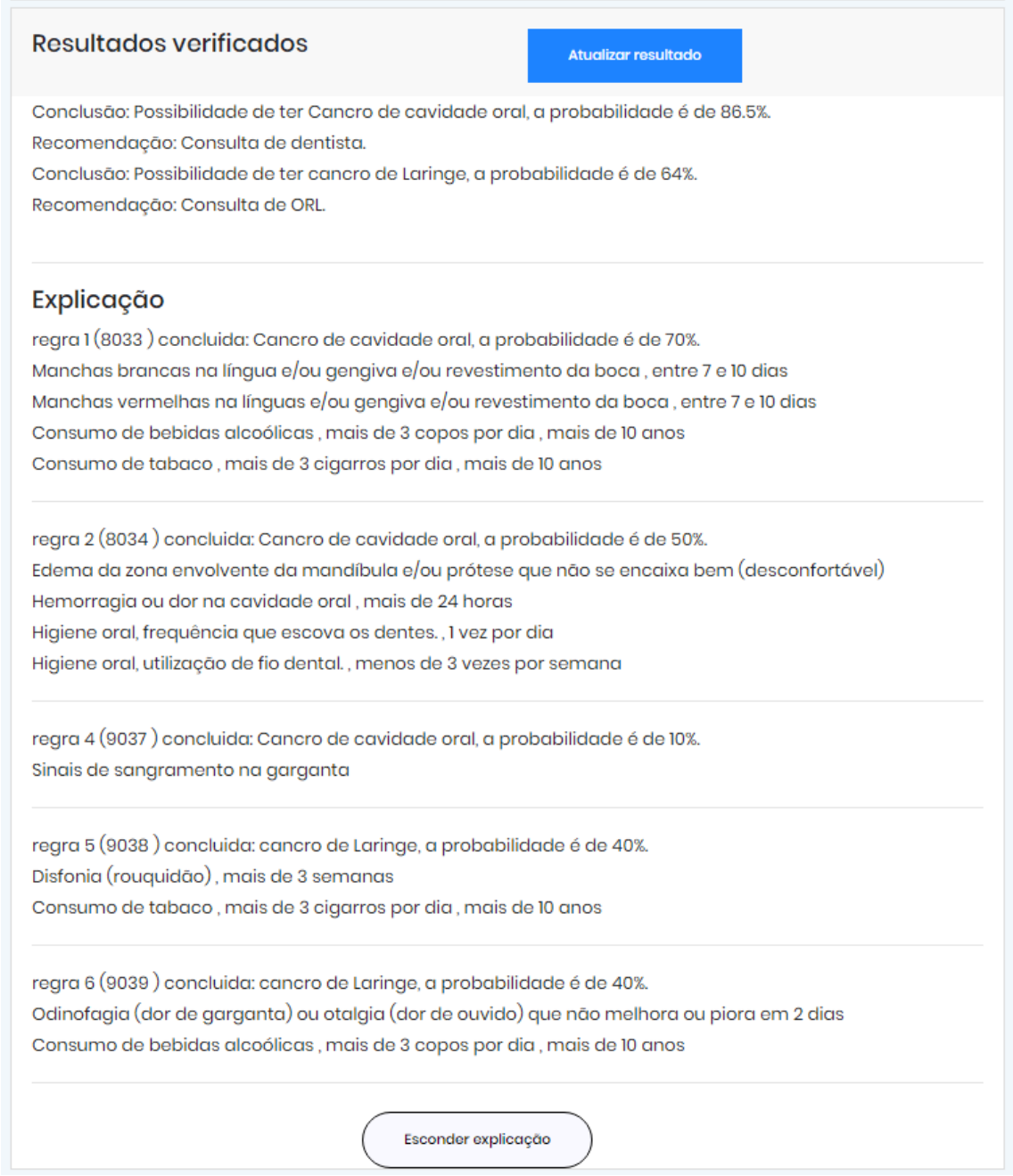


Figura 6.30: Conclusões e explicações.

Para o cancro de cavidade oral, as regras concluídas são: regras 1 (probabilidade = 70%), regras 2 (probabilidade = 50%) e regra 4 (probabilidade = 10%). Já para o cancro de laringe, as regras concluídas são: regra 5 (probabilidade = 40 %) e regra 6 (probabilidade =40 %). Sendo assim, a probabilidade final de ter cancro numa região é a combinação das probabilidades concluídas relativas a essa região.

Regra 1 (8033) foi concluída, porque o paciente consome mais do que 3 copos de álcool, por mais de 10 anos; consome mais de 3 cigarros por dia, por mais de 10 anos; tem manchas brancas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca, entre 7 e 10 dias; tem manchas vermelhas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca, entre 7 e 10 dias.

Regra 2 (8034) foi concluída, porque o paciente escova os dentes 1 vez por dia; utiliza fio dental menos de 3 vezes por semana; tem edema na zona envolvente da mandíbula e/ou prótese que não se encaixa bem (desconfortável); tem hemorragia ou dor na cavidade oral por mais de 24 horas.

A regra 3 (9036) não foi concluída, porque o paciente consome vegetais e frutas entre 3 e 5 vezes por semana.

A regra 4 (9037) foi concluída, porque o paciente tem sinais de sangramento na garganta.

A regra 5 (9038) foi concluída, porque o paciente consome mais de 3 cigarros por dia, por mais de 10 anos e sente rouquidão por mais de 3 semanas.

A regra 6 (9039) foi concluída, porque o paciente consome mais do que 3 copos de álcool, por mais de 10 anos e sente dor de garganta ou dor de ouvido que não melhora ou piora em 2 dias.

6.6.4 Verificação de Resultados

Conclusão 1: Probabilidade de ter cancro na cavidade oral

As três regras inferidas (com conclusão cancro de cavidade oral), regra 1, regra 2 e regra 4, cada uma tem um fator de certeza associado, 70%, 50% e 10%, respetivamente.

Foi feita uma combinação entre esses fatores de certeza, utilizando regra de adição de probabilidades, de forma a verificar o valor inferido pelo SP. Utilizando a equação 4.11 foi realizado o seguinte cálculo:

Sabendo que: P(A) = 0,7, P(B) = 0,5 e P(C) = 0,1

$P(A \cup B \cup C)$ = (0,7 + 0,5 + 0,1) – (0,7 * 0,5) – (0,5 *0,1) - (0,1 * 0,7) + (0,7 * 0,5 * 0,1) = 1,3 – 0,35 – 0,05 – 0,07 + 0,035 = 0,865

Probabilidade de ter cancro de cavidade oral = $P(A \cup B \cup C)$* 100 %= 0,865 * 100 % = 86,5 %.

No teste realizado obteve-se, com sucesso, os resultados do diagnóstico. A probabilidade do paciente diagnosticado ter cancro de cavidade oral, inferido pelo SP, é de 86,5%, igual ao valor calculado, utilizando a regra de adição de probabilidades.

Conclusão 1: Probabilidade de ter cancro laringe

As duas regras inferidas (com conclusão cancro de laringe), regra 5 e regra 6, ambas tem um fator de certeza de 40%. Foi feita uma combinação entre esses fatores de certeza, utilizando regra de adição de probabilidades, de forma a verificar o valor inferido pelo SP. Utilizando a equação 4.10 foi realizado o seguinte cálculo:

Sabendo que: P(A) = 0,4 e P(B) = 0,4

P(A∪B) = (0,4 + 0,4) – (0,4 * 0,4) = 0,64

Probabilidade de ter cancro de laringe = P(A∪B)*100 %= 0,64 * 100 % = 64 %.

No teste realizado obteve-se, com sucesso, os resultados do diagnóstico. A probabilidade do paciente diagnosticado ter cancro de laringe, inferido pelo SP, é de 64%, igual ao valor calculado, utilizando a regra de adição de probabilidades.

7 Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste capítulo são apresentadas as reflexões finais deste trabalho e as perspetivas do trabalho futuro com vista a implementação de um conjunto de melhorias.

7.1 Conclusão

Acredita-se que os objetivos definidos para este trabalho tenham sido atingidos com sucesso, já que foi possível estudar as técnicas de IA voltadas ao desenvolvimento de SP, bem como estudar os conceitos e a estrutura básica de um SP. Além disso, fez-se o estudo sobre CCP, e a aquisição do conhecimento para enriquecer a base do conhecimento do sistema implementado. Em relação à implementação do protótipo do SP, conseguiu-se desenvolver, testar e validar o mesmo, obtendo as respostas esperadas tanto nas funcionalidades do sistema, assim como na implementação do algoritmo responsável pela verificação das respostas obtidas na anamnese, gerando desta forma os diagnósticos esperados.

O estudo efetuado no Estado da Arte permitiu conhecer a realidade do cancro de cabeça e pescoço (CCP). Cada pessoa tem o seu estilo de vida, o que faz com que algumas pessoas estejam mais em risco do que outras. Os efeitos dos agentes cancerígenos são geralmente dependentes da dose. Quanto maior a dose ou maior a duração da exposição, maior o risco de desenvolvimento do cancro.

A partir do estudo realizado concluiu-se que, para ser eficaz, um sistema pericial (SP) deve se concentrar num domínio de um problema específico e ter uma base de conhecimento atualizada e enriquecida. Na área de saúde, os SPs são, na maioria das vezes, voltados para o problema do diagnóstico.

O objetivo principal desta dissertação foi o desenvolvimento de um SP que permite fazer pré-diagnóstico com a finalidade de tirar conclusões da probabilidade de um utente ter CCP e fornecer justificação do resultado inferido. Fazendo uma análise geral do projeto, conclui-se que os requisitos relativos aos principais objetivos do projeto foram implementados, o que revela ser um balanço positivo. Alguns objetivos de partida foram superiores aos concretizados, nomeadamente o feedback do sistema durante o tratamento,

sugestão de exames a realizar para confirmação da existência do cancro e comunicação com outros sistemas, de modo a obter informações sobre o histórico clínico do paciente.

O sistema desenvolvido apresenta características interessantes e vantajosas. A interface com o utilizador, permite criar regras, de forma flexível, de modo que as regras praticamente iguais podem inferir conclusões com probabilidades diferentes. O sistema apresenta algumas fragilidades que devem ser consideradas num trabalho futuro, de modo a apresentar maior credibilidade e certeza dos resultados. Uma das fragilidades do sistema desenvolvido é que este não tem uma política de resolução de conflitos definida. Contudo, o mecanismo de inferência desenvolvido invalida a utilização repetida da regra, minimizando assim os conflitos. Uma outra fragilidade deste sistema é que não foi feita a validação do conhecimento em termos de consistência e completude.

7.2 Trabalhos Futuros

O próximo passo neste projeto é ter um sistema que permite maior flexibilidade no diagnóstico, e que permite inferir com maior credibilidade. Para ter uma inferência credível, pretende-se implementar estratégias de resolução de conflito e várias formas de validação do conhecimento, de modo a ter certeza dos resultados.

Também se pretende implementar um sistema de feedback entre o paciente e os profissionais de saúde, de modo que os profissionais de saúde acompanhem a evolução do tratamento dos pacientes. Este sistema também permitirá a partilha de informação entre os profissionais de saúde.

De acordo com o estudo feito no estado da arte, os peritos da área de saúde, muitas das vezes, têm pontos de vista diferentes sobre a probabilidade de uma paciente ter cancro, tendo um determinado sintoma ou fator de risco. Posto isso, o sistema irá permitir uma interação entre esses peritos, permitindo criar regras que sejam as mais ponderadas e assertivas possíveis.

Futuramente esta aplicação irá comunicar com as bases de dados dos hospitais, de modo a obter históricos clínicos dos utentes. Tendo em consideração estas informações, torna-se possível criar regras de forma automática e calcular da melhor forma a probabilidade de um utente ter cancro.

8 Bibliografia

AbcMed. (9 de Agosto de 2014). *Exames e Procedimentos*. Obtido em 15 de Maio de 2021, de AbcMed: https://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/565322/radiografia+contrastada+o+que+e+por+que+fazer+como+e+feita.htm

Alexandruk, M. (2018). *SQL.* Obtido em 4 de Outubro de 2020

Alves, J. F. (2005). *Avaliação de Desempenho dos Sistemas Periciais.* UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA, Lisboa.

Argiris, A., Karamouzis, M., Raben, D., & Ferris, R. (Maio de 2008). Head and neck cancer.

Arsene, O., Dumitrache, L., & Mihu, L. (2011). Medicine Expert System Dynamic Bayesian Network and Ontology Based. *Expert Systems With Applications*, 15253, 15256, 15257. Obtido em 26 de Agosto de 2020

Barreto, C. T. (2020). *Engenharia de Software.* Obtido em 23 de Julho de 2020

Barreto, L. S. (2007). *Shell Para Desenvolvimento De Sistema Especialista Na Área De Saúde.* Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Obtido em 06 de Outubro de 2020

Barros, A. (2018). Representação de Conhecimento de Projeto de Produto utiizando o Paradigma da Orientação a Objectos. *13º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, (p. 8). Joinville. Obtido em 20 de Outubro de 2021, de http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/ped2018/3.3_ACO_70.pdf

Benedito, M. V. (2009). *Sistema Especialista para Diagnóstico de Algumas Doenças Epidemiológicas.* Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Obtido em 31 de Maio de 2021

Berner, E. S. (Ed.). (2016). *Clinical Decision Support Systems* (3º ed.). Springer. Obtido em 16 de Setembro de 2020

Blows, W. T. (2005). *The Biological Basis of Nursing: Cancer* (1º ed.). London: Routledge. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Botelho, L. M. (2015). *Inteligência Artificial.* Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação.

Botelho, L. M. (2018). *Inteligência Artificial.* Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação.

Brasil, M. A. (2014). *Uma Estratégia para Validação da Completude e Consistência em Progressos de Software.* Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Rio Grande do Sul.

Bullinaria, J. (2005). *IAI : Expert Systems.*

Caelum. (s.d.). *C# e Orientação a Objectos.* Obtido em 25 de Setembro de 2020

Campana, I. G., & Goiato, M. C. (2013). TUMORES DE CABEÇA E PESCOÇO: EPIDEMIOLOGIA,.

CancroOnLine. (2021). *O que é o cancro da cabeça e pescoço*. Obtido em 10 de Maio de 2021, de CancroOnLine: https://www.cancro-online.pt/cancro-da-cabeca-e-pescoco/informacao-basica/o-que-e-o-cancro-da-cabeca-e-pescoco/

Carvalho, J. P. (2014). *Protótipo de um Sistema de Apoio à Decisão Clínica em Anestesiologia.* Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra. Obtido em 31 de Maio de 2021

Catania, L. (2021). *Foundations of Artificial Intelligence in Healthcar and Bioscience.* Jacksonville, Florida, United States. Obtido em 15 de Outubro de 2021

Chapman, & Hall. (2012). *Machine Learning and Knowledge Discovery for Engineering Systems Health Management.* (A. N. Srivastava, & J. Han, Edits.) CRC Press. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Chojnacki, E., Plumecocq, W., & Audouin, L. (2019). An Expert System Based On A Baysian Network For Fire Safety Analysis In Nuclear Area. *Fire Safety Journal*, 30 - 32. Obtido em 27 de 08 de 2020

Clínica s. Miguel. (2019). *A importância do rastreio precoce do cancro*. Obtido em 2 de Julho de 2021, de Clínica s. Miguel: https://cs-miguel.pt/a-importancia-do-rastreio-precoce-do-cancro/

Coelho, F. M. (2017). *CANCRO DE CABEÇA E PESCOÇO: FATORES EPIDEMIOLÓGICOS NUM RASTREIO OPORTUNÍSTICO A NÍVEL NACIONAL.* Universidade do Porto, Porto.

Cohen, E., & LaMonte, S. (2016). American Cancer Society Head and Neck Cancer Survivorship Care Guideline. *A Cancer Journal for Clinicians*.

Conway, D. I. (12 de Maio de 2009). Enhancing epidemiologic research on head and neck cancer: INHANCE – The international head and neck cancer epidemiology consortium. *Oral Oncology*.

Costa, M. F. (2014). *Dicionário de Termos Médicos.* Porto Editora. Obtido em 25 de 07 de 2021, de https://www.portoeditora.pt/produtos/ficha/dicionario-de-termos-medicos/170578

Costa, W. S., & Silva, S. C. (Stembro de 2005). Aquisição de Conhecimento: O Grande Desafio Na Concepção De Sistemas Especialistas. pp. 3, 7, 8,9. Obtido em 1 de Outubro de 2020

CUF. (2020). *Cancro de Cabeça e Pescoço*. Obtido em 10 de Maio de 2021, de CUF: https://www.cuf.pt/saude-a-z/cancro-de-cabeca-e-pescoco

Dantas, B., Marinho, G., Leite, Y., Athayde, L., Barros, F., & Barreto, R. (2018). SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO MÉDICA: UMA INOVAÇÃO NA MEDICINA ONCOLÓGICA. *REVISTA SAÚDE & CIÊNCIA ONLINE*.

Davila, V. H. (s.d.). *Introdução à Teoria das Probabilidades.* Obtido em 22 de 06 de 2021, de https://www.ime.unicamp.br/~hlachos/probabilidade.pdf

De Kock, E. (2003). Chapter 6 - Expert Systems and. Em E. d. Kock, *DECENTRALISING THE CODIFICATION OF RULES IN A DECISION SUPPORT EXPERT KNOWLEDGE BASE.* Pretoria.

De Mello, L. C. (2002). *Um Assistente de Feedback para p Serviço de Filtragem de Software Direto.* Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre. Obtido em 03 de Outubro de 2020

Dirican, C. (2015). The Impacts of Robotics, Artificial Intelligence On Business and Economics. *Procedia - Social and Bahavioral Sciences*, 567. Obtido em 14 de Novembro de 2020

Embrapa. (2007). Uma Abordagem Orientada a Objectos para Ambiente de Diagnóstico Remoto. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 12,13. Obtido em 20 de Outubro de 2021, de https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/666/1/bp15.pdf

Estêvão, R., Santos, T., Ferreira, A., Machado, A., & Fernandes, J. (2016). Características Epidemiológicas e Demográficas dos Doentes Portadores de Tumores da Cabeça e Pescoço no Norte de Portugal: Impacto na Sobrevivência.

Evans, M., Dalkir, D., & Bidian, C. (2014). A Holistic View of the Knowledge Life Cycle: The Knowledge Management Cycle (KMC) Model.

Faria, A. T. (2012). *Desenvolvimento de um Sistema Pericial de Apoio ao Diagnóstico Clínico de Carcinoma da Próstata.* Universidade Da Beira Interior, Covilhã. Obtido em 01 de Outubro de 2020

Farias, E., Sassi, R. J., & Soares, E. D. (2013). *Uso de Sistema Especialista no Auxílio ao Diagnóstico por meio de Escalas de Apoio à Enfermagem.* Obtido em 31 de Maio de 2021, de ResearchGate.

Feliz, I. S. (2019). *Suscetibilidade Genética No Cancro.* Obtido em 25 de 04 de 2021

Fernandes, A. M. (s.d.). *Inteligência Artifical, noções geriais.* Obtido em 15 de Outubro de 2021

Flores, C. D., & Hoher, C. L. (s.d.). *Uma Experiência do Uso de Redes Probabilísticas no Diagnóstico Médico.* Porto Alegre. Obtido em 16 de Setembro de 2020

Freitas, B. A. (2015). *O Cancro Oral e o Papel do Médico Dentista.* Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Gabriel, T., Jardim, A., Campelo, P., Araújo, B., Ruui, F., Montalvão, P., & Magalhães, M. (31 de Julho de 2017). Melanomas da mucosa nasal no IPOLFG.

Galbiatti, A. L., Padovani-Junior, J. A., Maníglia, J. V., Rodrigues, C. D., Pavarino5,, É. C., & Goloni-Bertollo, E. M. (2013). Câncer de cabeça e pescoço: causas, prevenção e tratamento.

Gallacher, J. (1989). Pratical Introductio to Expert Systems. pp. 1- 4. Obtido em 27 de Agosto de 2020

Gama, J. (2002). Árvores de Decisão. 3, . Obtido em 26 de Setembro de 2020

Garcia, R. E. (2017). Engenharia de Software. Obtido em 23 de Julho de 2020

Gentle, J. E., Härdle, W. K., & Mori, Y. (Edits.). (2012). Berlin Heidelberg: Springer. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Ghali, M. J., Mukhaimer, M. N., Yousef, M. K., & Naser, S. S. (222 de Agosto de 2017). Expert System for Problems of Teth and Gums. *International Journal of Engineering and Information Systems*, 198. Obtido em 28 de Maio de 2020

Gomes, M. I. (2019). *Informação Clínica e a sua relação com a Qualidade de Vida em.* Universidade Nova de Lisboa.

Gomes, P. C. (26 de Junho de 2019). *Machine Learning*. Obtido em 10 de Agosto de 2020, de Data Geeks: https://www.datageeks.com.br/machine-learning/

Gonçalves, L. R. (5 de Abril de 2005). Apostilha de JavaScript. 3. Obtido em 25 de Setembro de 2020

Grosan, C., & Abraham, A. (2011). *Intelligent Systems Reference Library.* Springer. Obtido em 15 de Outubro de 2021

Gupta, S., & Singhal, R. (2013). Fundamentals and Characteristics of an Expert System. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*.

Hamedan, F., Orooji, A., Sanadgol, H., & Sheikhtaheri, A. (24 de Março de 2020). Clinical Decision Support System to Predict Chronic Kidney Disease: A Fuzzy Expert System Approach. *International Journal of Medical Informatics*, 3, 6 , 7, 8,. Obtido em 16 de Setembro de 2020

Hohenstein,, N., Chan, J., & BA. (2020). Diagnosis, Staging, Radiation Treatment Response Assessment, and Outcome Prognostication of Head and Neck Cancers Using PET Imaging: A Systematic Review.

Holzinger, A. (Ed.). (2016). *Machine Learning for Health Informatics.* Saarbrücken, Germany: Springer. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Imperial, T. (2014). *Sistemas Baseados em Regras de Produção.* Obtido em 22 de Outubro de 2021, de https://slideplayer.com.br/slide/383460/

Instituto Oncoguia. (2018). *Sinais e Sintomas do Câncer de Laringe e Hipofaringe*. Obtido em 03 de Julho de 2021, de Oncoguia: http://www.oncoguia.org.br/conteudo/sinais-e-sintomas-do-cancer-de-laringe-e-hipofaringe/2183/213

Jałowiecki, A., Kłusek, P., & Skarka, W. (2017). The methods of knowledge acquisition in the Product Lifecycle for a Generative Model's creation process. *Procedia Manufacturing*, 2219, 2220. Obtido em 03 de Setembro de 2020

Jaokar, A. (5 de Janeiro de 2017). *Twelve types of Artificial Intelligence (AI) problems.* Obtido em 06 de Junho de 2021, de Data Science Central: https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/twelve-types-of-artificial-intelligence-ai-problems

Jimenez, J. J., Schwartz, S., Vingerhoeds, R., Grabotd, B., & Salaün, M. (2020). Towards multi-model approaches to predictive maintenance: A systematic literature survey on diagnostics and prognostics. *Journal of Manufacturing Systems*, 540, 546,. Obtido em 12 de Agosto de 2020

Júnior, H. G. (2002). *Um Sistema Especialista para Auxílio ao Diagnóstico De Problemas em Computadores Utilizando Raciocínio Baseado em Casos.* Universidade Federal De Santa Catarina , Florianópolis. Obtido em 30 de Setembro de 2020

Kakani, V., Nguyen, V. H., Kumar, B. P., Kim, H., & Pasupuleti, V. R. (2020). A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Jornal of Agriculture and Food Research*, 4. Obtido em 14 de Novembro de 2020, de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154320300144

Karcher, C. (2009). *Redes Bayesianas Aplicadas à Análise do Risco de Crédito.* São Paulo. Obtido em 03 de Outubro de 2020

Kawashitaa, Y., Soutomea, S., Umeda, M., & Saito, T. (2020). Oral management strategies for radiotherapy of head and neck cancer. *Japanese Dental Science Review*.

Kenhub. (2021). Obtido em 16 de Maio de 2021, de Kenhub: https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/laringe

King, R. J., & Robins, M. W. (2006). *Cancer Biology* (3º ed.). (Longman, Ed.) London, England. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Kleina, M. (s.d.). Árvores de Decisão. 2, 7, 9, 10. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Kolankiewicz, A. C., De Domenico, E. B., Lopes, L. F., & Magnago4, T. S. (2013). Portuguese validation of the Symptom Inventory of the M.D. Anderson Cancer Center*.

Kristensen, M., Isenring, E., & Brown, B. (2020). Nutrition and swallowing therapy strategies for patients with head and neck cancer. *Nutrition*.

Lemos, M. (Maio de 2021). *Exames de sangue que detectam o câncer*. Obtido em 15 de Maio de 2021, de TuaSaúde: https://www.tuasaude.com/veja-quais-sao-os-exames-de-sangue-que-detectam-o-cancer/

Leung. (2020). Artificial Intelligence and Expert Systems. *International Encyclopedia of Human Geography, 1*, 209 . 2012. Obtido em 16 de Setembro de 2020

Liu, R., Rong, Y., & Peng, Z. (2020). A reviewofmedical artificial intelligence. *Global Health Journal*, 1 - 3. Obtido em 06 de Julho de 2020

Lo Nigro, C., Denaro, N., Merlotti, A., & Merlano, M. (18 de Agosto de 2017). Head and neck cancer: improving outcomes with a multidisciplinary approach.

Lobo, V. (2009). Classificação Bayesiana. 3 . Obtido em 26 de Setembro de 2020

Lopes, K. R. (2019). *Sistema EspecialistaparaAmbienteIndustrial Baseado em Regras com Auto-Aprendizagem.* Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia.

Ltda, Domínio Sistemas. (2009). *Introdução a SQL para o Domínio Gerador de Ralatórios.* Obtido em 4 de Outubro de 2020

Lu, Y., & Young, S. (2020). A survery of public datasets for computer vision tasks in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1. Obtido em 14 de Novembro de 2020, de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169920312709

Luger, G. (2015). *Inteligência Artificial* (6º ed.). México: Pearson.

Luo, J., MDCM, Chong, J., MD, MHI, & FRCPC. (2020). Review of Natural Language Processing in Radiology. p. 1. Obtido em 14 de Novembro de 2020, de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1052514920300563

Maia, R. B. (Abril de 2005). *Detecção da Intrusão Utilizando Classificação Bayesiana.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Obtido em 03 de Outubro de 2020

Majid, A., Sayeed, B., Khan, M., Lakhani, M., Saleem, M., Rajani, H., . . . Hussain, M. (2017). Assessment and Improvement of Quality of Life in Patients Undergoing Treatment for Head and Neck Cancer.

Malmir, B., Amini, M., & Chang, S. I. (19 de Junho de 2017). A Medical Decision Support System for Disease Diagnosis under Uncertainty. *Expert Systems With Applications*, 2, 4, 14. Obtido em 11 de Julho de 2020

Mandal, A. (19 de Abril de 2019). *Diagnóstico do cancro de boca*. Obtido em 10 de Maio de 2021, de News Medical: https://www.news-medical.net/health/Diagnosis-of-mouth-cancer-(Portuguese).aspx

Marcondes, J. L. (2003). *SADTUR - Sistema Especialista de Apoio à Decisão em Inventário e Diagnóstico Turístico.* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Marur, S., D'Souza, G., Westra, W., & Forastiere, A. (2010). HPV-associated head and neck cancer: a virus-related cancer epidemic.

MDN. (2019). *Tecnologias*. Obtido em 25 de Setembro de 2020, de MDN web docs ;ozilla: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML

Medeiros, L. (2018). *Inteligência Artificial Aplicada.* São Paulo, Brasil: Intersaberes.

Meloni, J. C. (s.d.). *HTML, CSS and JavaScript.* Obtido em 25 de Setembro de 2020

MGFamiliar. (2020). *Rastreios de cancros – vale a pena efectuá-los?* Obtido em 3 de Julho de 2021, de MGFamiliar: https://www.mgfamiliar.net/itemgenerico/rastreios-de-cancros-vale-a-pena-efectua-los/

Microsoft. (2020). *Documentation*. Obtido em 25 de Setembro de 2020, de Microsoft: https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/?view=aspnetcore-2.2.

Morais, E. A. (2012). Engenharia de Software. Obtido em 23 de Julho de 2020

Nadkarni, P., Ohno-Machado, L., & Chapman, W. (2011). Natural Language Processing: An introduction. Obtido em 14 de Novembro de 2020, de https://academic.oup.com/jamia/article/18/5/544/829676

Naser, S. S., & Al-Hanjori, M. M. (Maio de 2016). An expert system for men genital problems diagnosis and treatment. *International Journal of Medicine Research, 1*, 1, 2. Obtido em 28 de Maio de 2020

Naser, S. S., & El-Najjar, A. E. (Maio de 2016). An Expert System for Nausea and Vomiting Problems in Infants and Children. *International Journal of Medicine Research, 1*, 1. Obtido em 28 de Maio de 2020

Naser, S., & ALmursheidi, S. (2016). A Knowledge Based System for Neck Pain Diagnosis. *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development*.

National Cancer Institute. (9 de Fevereiro de 2015). *Understanding Cancer*. Obtido em 23 de Maio de 2020, de National Cancer Institute: .] https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding/what-is-cancer

National Cancer Institute. (29 de Março de 2017). *Head and Neck Cancers*. Obtido em 20 de Maio de 2020, de National Cancer Institute: https://www.cancer.gov/types/head-and-neck/head-neck-fact-sheet.

Nematrian. (2020). *HTML, CSS and JavaScript.* Obtido em 25 de Setembro de 2020

Nogueira, H. I. (2014). Os Sistemas de Apoio à Decisão na Área dos Cuidados Primários. 2. Obtido em 06 de Agosto de 2020

Núcleo de Telessaúde Sergipe. (14 de Setembro de 2015). *Por que a ocorrência de câncer está aumentando na população?* Obtido em 28 de Junho de 2021, de BVS APS Atenção Primária à Saúde: https://aps.bvs.br/aps/porque-a-ocorrencia-de-cancer-esta-aumentando-na-populacao/

Okami, K. (14 de Junho de 2016). A new risk factor for head and neck squamous cell carcinoma: human papillomavirus. *Japan Society of Clinical Oncology*.

Omankwu, O. C., Nwagu, C. K., & Hycient, I. (Dezembro de 2017). Robotics and Artificial Intelligence: Differences and Similarities. *International Journal of Computer Science and Information Security, 15*, 1,2. Obtido em 24 de Novembro de 2020, de https://www.academia.edu/35698131/Robotics_and_Artificial_Intelligence_Differences_and_Similarities

Panesar, A. (2019). *Machine Learning and AI for Healthcare.* Coventry,: Apress. Obtido em 03 de Outubro de 2020

Pardo, T., & Rezende, S. (s.d.). *Sistemas Baseados em Conhecimento (SBCs).* Obtido em 22 de Outubro de 2021, de http://wiki.icmc.usp.br/images/c/c3/Aula11-230t.pdf

Patel, M. K. (2020). *HTML, CSS, Bootstrap, Javascript and jQuery.* Obtido em 26 de Setembro de 2020

Pearman, T., Beaumont, J., & Paul, D. (2013). Evaluation of Treatment- and Disease-Related Symptoms in Advanced Head and Neck Cancer: Validation of the National Comprehensive Cancer Network-Functional Assessment of Cancer Therapy-Head and Neck Cancer Symptom Index-22 (NFHNSI-22). *Journal of Pain and Symptom Management*.

Pedrosa, T., Martins, T. C., Souza, A. L., Silva, D., Moura, S., Muzi, C., & Guimarães, R. (2019). Avaliação clínica dos sintomas de pacientes com câncer de cabeça e pescoço.

Pereira, M. A. (2004). *Sistema Especialista On-Line de Auxílio ao Diagnóstico de Cãncer de Próstata.* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Obtido em 06 de Outubro de 2020

Peruzzo, D. M., Silveira, S. R., Parreira, F. J., & Stock, T. (2019). Sistema Especialista Para Auxiliar no Diagnóstico de Depressão. *Revista Saúde.Com*, 1,2,3. Obtido em 31 de Maio de 2021

Portela, C. F. (2009). *Sistemas de Apoio à Decisão na Medicina Intensiva Baseados na Descoberta de Conhecimento em Base de Dados.* Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga. Obtido em 31 de Maio de 2021

Quintana, P. G. (2021). *5 sintomas e tratamentos do câncer de Hipofaringe*. Obtido de CSJ Oncologia: https://cabecaepescocosp.com.br/5-sintomas-e-tratamentos-do-cancer-de-hipofaringe/

Rede D'Or São Luiz. (2021). *Raio X Contrastado*. Obtido em 15 de Maio de 2021, de Rede D'Or São Luiz: https://www.rededorsaoluiz.com.br/exames-e-procedimentos/raio-x-contrastado

Resig, J. (2010). *jQuery .* Obtido em 25 de Setembro de 2020

Robin, J. (2014). *Representação do Conhecimento Híbrido com Regras e Objectos.* Obtido em 22 de Outubro de 2021, de https://www.slideserve.com/minya/representa-o-do-conhecimento-h-brida-com-regras-e-objetos

Roche. (2021). *COMO TEMOS A CERTEZA SE É CANCRO?* Obtido em 10 de Maio de 2021, de INFOCANCRO: https://www.infocancro.pt/ponto-de-partida/identificar/diagnostico/

Rodrigues, P. P., Ferreira-Santos, D., Silva, A., Polónia, J., & Ribeiro-Vaz, I. (2018). Causality Assessment of Adverse Drug Reaction Reports using an Expertdefined Bayesian Network. *Artificial Intelligence In Medicine*, 13. Obtido em 30 de Agosto de 2020

Roger, K. J., & Mike, R. W. (2006). *Cancer Biology* (3º ed.). (Longman, Ed.) London, England: Pearson Education Limited. Obtido em 26 de 09 de 2020

Rosa, F. d., Gloria, A. D., & Jousselme, A.-L. (12 de Julho de 2019). Analytical Games for Knowledge Engineering of Expert Systems in Support to Situational Awareness: The Reliability Game Case Study. *Expert Systems With Applications*, 1, 2, 3. Obtido em 01 de Setembro de 2020

Ruddon, R. W. (2007). *Cancer Biology* (4º ed.). England: Oxford University Press,. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Schulz, W. A. (2005). *Molecular Biology of Human Cancers.* Germany: Springer. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Severino, I. S. (2017). *Processo de Aquisição de Conhecimento de um Sistema Inteligente.* Alfeite.

Shaikh, F., Dehmeshki, J., Bisdas, S., Roettger-Dupont, D., Kubassova, O., Aziz, M., & Awan, O. (2020). Artificial Intelligence-based Clinical Decision Support Systems using Advanced Medical Imaging & Radiomics. *Diagnostic Radiology*, 3, 4,. Obtido em 25 de Junho de 2020

Shortliffe, E. (28 de Outubro de 1982). An Approach to Verifying Completeness and Consistency in a Rule-Based Epert System. *AI Magzine, 3*(4), 17. Obtido em 20 de Outubro de 2021, de

https://www.researchgate.net/publication/220604682_An_Approach_to_Verifying_Completeness_and_Consistency_in_a_Rule-Based_Expert_System

SNS24. (2021). *Rastreios oncológicos*. Obtido em 03 de Julho de 2021, de SNS24: https://www.sns24.gov.pt/tema/doencas-oncologicas/rastreios-oncologicos/#sec-0

Souza-Pereira, L., Pombo, N., Ouhbi, S., Felizardo, V., & Garcia, N. (21 de ;aio de 2020). Clinical Decision Dupport Systems for Chronic Diseases: A Systematic Literature Review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 1,2,. Obtido em 27 de Junho de 2020

Subasi, A. (2019). *Pratical Guide for BiomadicalSignals Analysis using Machine Learning Techniques.* Based Approach. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Tannock, I., Hill, R., Bristow, R., & Harrington, L. (Edits.). (2013). *The Basic Science of Oncology* (5º ed.). McGraw-Hill Education. Obtido em 26 de Setembro de 2020

Tavares, Rodrigues, André, Proença, Mendes, & Antunes. (2015). Tumores malignos da cabeça e pescoço - Experiência institucional com 2 anos de seguimento.

Toturials Point. (s.d.). *SQL Tutorial.* Obtido em 4 de Outubro de 2020

Trofa Saúde. (2021). *Diagnóstico Precoce de Cancro da Cabeça e Pescoço*. Obtido em 20 de 07 de 2021, de Trofa Saúde: https://www.trofasaude.pt/noticias-e-eventos/noticias/diagnostico-precoce-de-cancro-da-cabeca-e-pescoco/

Tutorial Point. (2015). Obtido em 25 de Setembro de 2020

Vamberto, C. (s.d.). *Introdução ao .Net com C#.* Obtido em 28 de Setembro de 2020

VARTANIAN, J. G., CARVALHO, A., CARVALHO, A., BENEVIDES, G., SANÁBRIA, Á., TOYOTA, J., & KOWALSKI, L. (2016). AVALIAÇÃO DE SINTOMAS DEPRESSIVOS EM SOBREVIVENTES EM LONGO PRAZO DO CÂNCER DE CABEÇA E PESCOÇO.

Vasconcelos, A. (2 de Janeiro de 2019). *O Vírus Epstein-Barr pode ser responsável por inúmeras doenças*. Obtido em 16 de Maio de 2021, de Altas Da Saúde: https://www.atlasdasaude.pt/publico/content/o-virus-epstein-barr-pode-ser-responsavel-por-inumeras-doencas

Vicente, J. M., Álvarez-Sánchez, J. R., López, F. d., Moreo, J. T., & Adeli, H. (2019). *From Bioinspired Systems and Biomedical Applications to Machine Learning.* Springer. Obtido em 03 de Outubro de 2020

Vue Js. (2019). *Imtrodução*. Obtido em 25 de Setembro de 2020, de Vue.js: https://br.vuejs.org/v2/guide/index.html

Walczak, S. (1998). Knowledge Acquisition and Knowledge Representation with Class: The Object-Oriented Paradigm. *Expert Systems with Applications, 15*, 236.

Warnakulasuriya, S. (2019). Global epidemiology of oral and oropharyngeal cancer. *Oral Oncology*.

Weinberg, R. A. (2014). *The Biology of Cancer* (2º ed.). (E. Zayatz, Ed.) London: Garland Science. Obtido em 26 de Setembro de 2020

White, L., Ducan, G., & Baumle, W. (2012). *Medical-Surgical Nursing* (3º ed.). (S. Helba, Ed.) Delmar. Obtido em 26 de Setembro de 2020

William, W. (2018). *Cancro De Cabeça E Pescoço*. Obtido em 15 de Maio de 2020, de Instituto Vencer o Cancro: https://www.vencerocancer.org.br/tipos-de-cancer/cancer-de-cabeca-e-pescoco-tipos-de-cancer/cancer-de-cabeca-e-pescoco-sintomas-2/?fbclid=IwAR07q6v60F5PFGp5b-3XzuLWoAf4yD9qJ9fkJf3O770E-5LFlsDD7Uy6KHw.

9 Anexos

9.1 Anexo I - Questionário (fatores de risco)

Estilo de vida:

1. Você utiliza bebidas alcoólicas? Se sim, indica a quanto tempo e/ou a quantidade.
2. Você utiliza enxaguante bucal que contém álcool?
3. Você consome alimentos conservados?
4. Com que frequência consome vegetais e/ou frutas?
5. Com que frequência escova os dentes?
6. Você utiliza tabaco?
7. Com que frequência utiliza fio dental?

Ambientais:

1. Você está sujeito a exposição a produtos industriais como madeira, níquel e outros?
2. Você está sujeito a exposições industriais, incluindo exposições ao amianto e fibras sintéticas?
3. Você está sujeito a exposição profissional de pó de madeira?
4. Você está sujeito a muita exposição solar?
5. Você trabalha em indústrias de construção, metal, têxtil, cerâmica, madeiras e alimentos?

Genéticos:

6. Você tem irritação mecânica crônica?
7. Você tem síndrome de suscetibilidade ao cancro?
8. Você tem histórico de familiares com cancro de cabeça e pescoço?

Virais:

9. Você tem infeção pelo vírus Epstein-Barr?

10. Você tem infeção pelo papiloma vírus humano?

Socioeconômicos:

11. Qual o nível de escolaridade mais elevado que completou?

12. Qual é o seu nível socioeconómico?

9.2 Anexo II - Questionário (sinais e sintomas)

1. Tem manchas brancas na língua e/ou gengiva e/ou revestimento da boca? Sim() Não()
   Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.
2. Tem manchas vermelhas na línguas e/ou gengiva e/ou revestimento da boca? Sim() Não()
   Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.
3. Tem edema da zona envolvente da mandíbula e/ou prótese que não se encaixa bem (desconfortável)? Sim() Não()
4. Tem hemorragia ou dor na cavidade oral? Sim() Não()
   Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.
5. Tem sinais de sangramento na garganta? Sim() Não()
6. Tem alguma alteração de simetria na mucosa oral? Sim() Não()
7. Teve alterações de cor na mucosa oral? Sim() Não()
   Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.
8. Tem tumefações (inchaço) na mucosa oral? Sim() Não()
   Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.
9. Tem alterações no pescoço (dor e/ou inchaço)? Sim() Não()
   Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.
10. Sente dor ou zumbido nos ouvidos ou dificuldade auditiva? Sim() Não()
11. Tem problemas auditivos? Sim() Não()
12. Tem inflamação ou infeção nos ouvidos? Sim() Não()

Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

13. Sentiu obstrução nasal por vários dias? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

14. Sentiu falta de olfato repentina ou associada a outros sintomas? Sim() Não()

15. Sente falta de ar que impede a realização das tarefas diárias? Sim() Não()

16. Sente dor no pescoço? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

17. Sente dor de garganta grave? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

18. Sente dor? Sim() Não()

19. Alimentos ou líquidos saem pelo nariz? Sim() Não()

20. Teve aumento do tamanho de algum gânglio linfático? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

21. Tem visão dupla? Sim() Não()

22. Sente dores de cabeça frequentes? Sim() Não()

23. Teve hemorragia nasal que dura mais de 30 min mesmo com pressão? Sim() Não()

24. Sente rouquidão? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

25. Sente dor de ouvido? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

26. Sente sensação de corpo estranho? Sim() Não()

27. Tem dificuldade ao engolir? Sim() Não()

28. Teve dor de garganta ou dor de ouvido que não melhora ou piora em 2 dias? Sim() Não()

29. Sentiu tosse superior a uma semana? Sim() Não()

30. Tem inchaço sob o queixo ou ao redor da mandíbula (osso maxilar)? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

31. Sente dormência? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

32. Sente dor na face, queixo ou pescoço que não melhora? Sim() Não()

33. Tem uma massa dolorosa e edema de glândula parótida, submandibular e sublingual? Sim() Não()

34. Tem ma massa dolorosa na submucosa e úlceras no palato, lábios ou mucosa da boca? Sim() Não()

35. Sente seios paranasais obstruídos? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

36. Tem infeções sinusais crónicas que não respondem a antibioterapia? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

37. Tem inchaço ou outra queixa nos olhos? Sim() Não()

38. Sentiu dor nos dentes superiores? Sim() Não()
Se sim, indica a duração desse sinal ou sintoma.

39. Tem problemas com as próteses dentárias? Sim() Não()

9.3 Anexo III - Diagramas de casos de uso

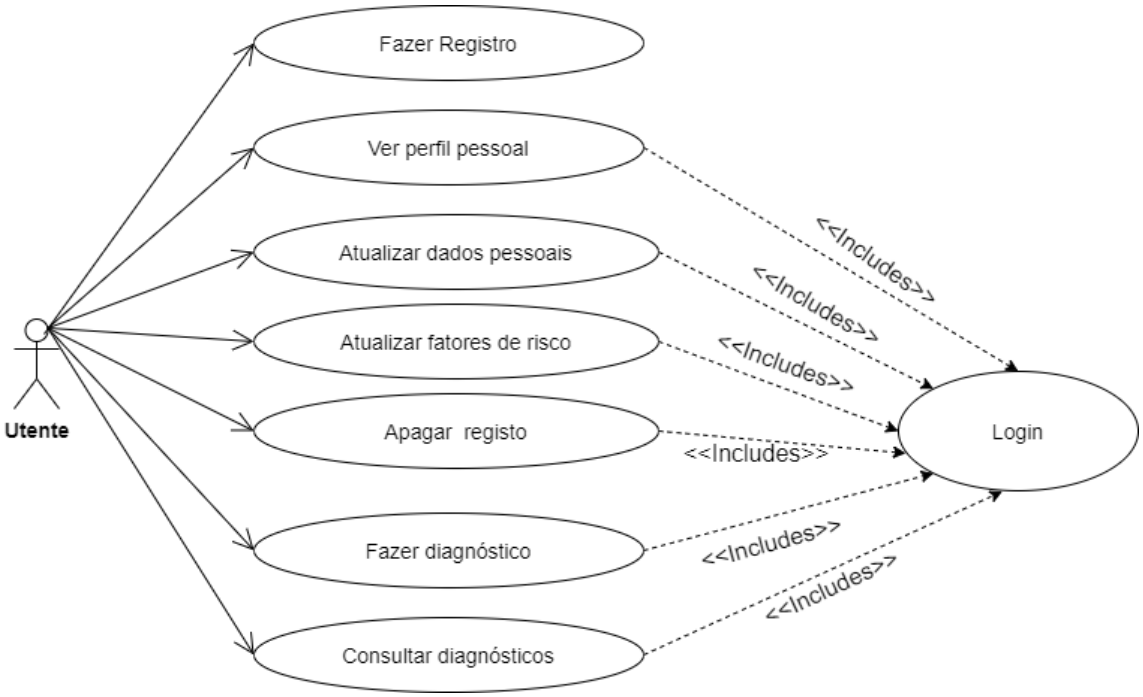


Figura 9.1: Diagrama de Casos de Uso para o paciente.

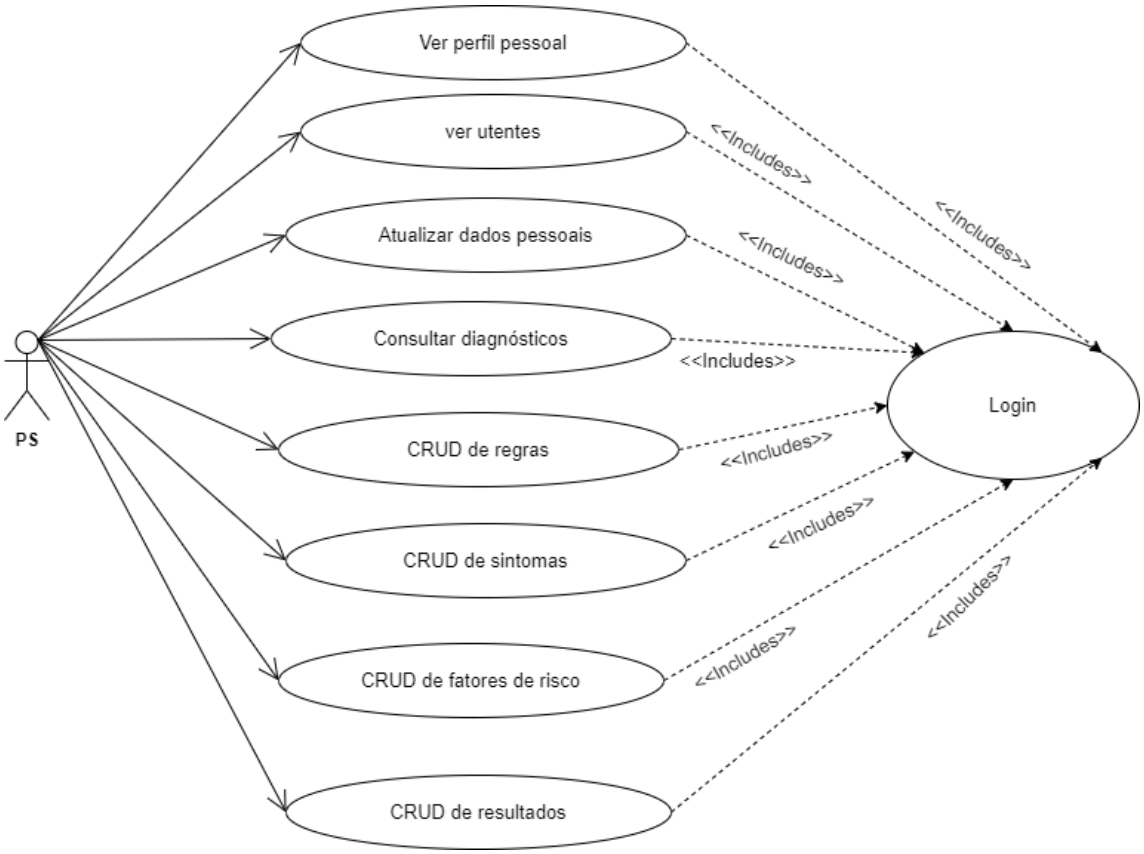


Figura 9.2: Diagrama de Casos de Uso para o Profissional de saúde.

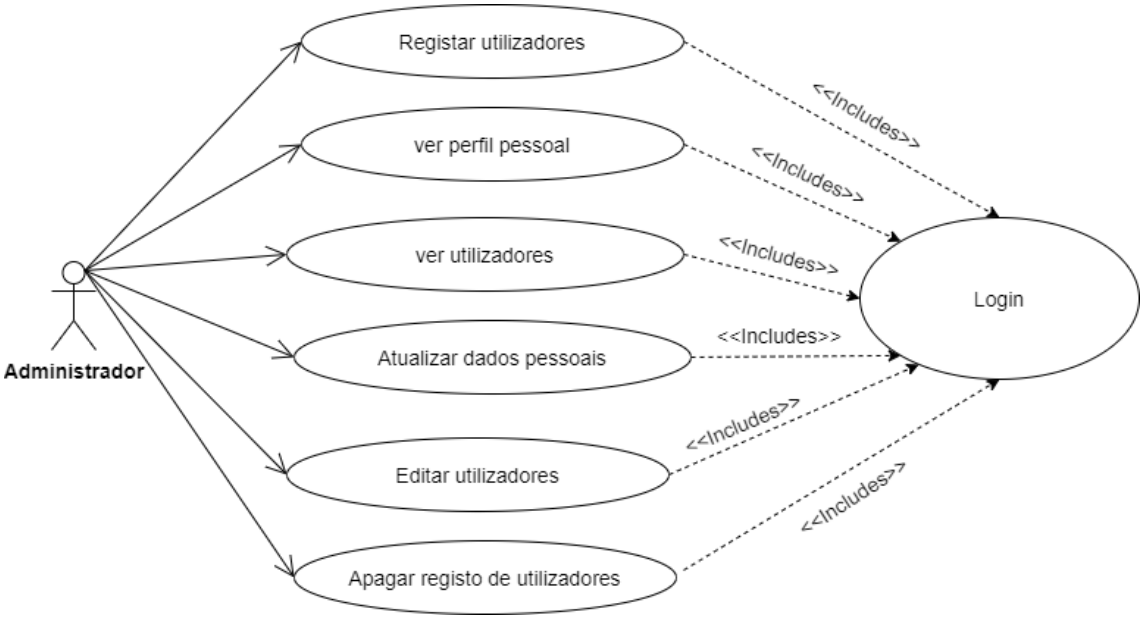


Figura 9.3: Diagrama de Casos de Uso para o Administrador.

9.4 Anexo IV - Descrição dos casos de uso

Identificação: C1

Nome: Login

Funcionalidade: Preenchimento das credenciais de acesso e autenticar-se no sistema.

Atores: Utente, PS, Administrador

Identificação: C2

Nome: Fazer registo

Funcionalidade: Preenchimento dos dados pessoais do utente.

Atores: Utente

Identificação: C3

Nome: Registar utilizadores

Funcionalidade: Preenchimento dos dados pessoais para o registo PS ou utente

Atores: Administrador

Identificação: C4

Nome: Ver perfil pessoal

Funcionalidade: Consultar as informações do seu perfil.

Atores: Utente, PS, Administrador

Identificação: C5

Nome: Ver utentes

Funcionalidade: Consultar perfil dos utentes

Atores: PS

Identificação: C6

Nome: Ver utilizadores

Funcionalidade: Consultar perfil de todos os utilizadores

Atores: Administrador

Identificação: C7

Nome: Atualizar dados pessoais

Funcionalidade: Atualizar informações na base de dados acerca deles próprios

Atores: Utente, PS, Administrador

Identificação: C8

Nome: Atualizar fatores de risco

Funcionalidade: Atualizar fatores de risco que o próprio utente está exposto, faz parte dos seus estilo de vida ou está incluído no seu histórico clínico etc.

Atores: Utente

Identificação: C9

Nome: Editar utilizadores

Funcionalidade: Editar informações na base de dados de todos os utilizadores

Atores: Administrador

Identificação: C10

Nome: Apagar registo

Funcionalidade: Apagar o seu registo, eliminando praticamente todos os dados do sistema, deixando o registo mínimo.

Atores: Utente

Identificação: C11

Nome: Apagar registo de utilizadores

Funcionalidade: Apagar registo de qualquer utilizador.

Atores: Administrador

Identificação: C12

Nome: Realizar diagnóstico

Funcionalidade: Responder às questões sobre o estado de saúde (anamnese)

Pré-condição: Tem que existir regras de SP no sistema.

Pós-condição: Resultado de diagnóstico estará disponível para ser consultado.

Atores: Utente

Identificação: C13

Nome: Consultar diagnósticos

Funcionalidade: Ver as respostas dadas às questões de anamnese, obter resultados de diagnóstico (conclusões inferidas) e as explicações sobre esses resultados. Utente pode ver os seus diagnósticos e PS consulta pode ver diagnóstico dos seus utentes.

Atores: Utente, PS

Identificação: C14

Nome: CRUD de sintomas

Funcionalidade: Criar, ler, editar e apagar sintomas de anamnese.

Pós-condição: Pode ser utilizado na criação de regras.

Atores: PS

Identificação: C15

Nome: CRUD de fatores de risco

Funcionalidade: Criar, ler, editar e apagar fatores de risco

Pós-condição: Pode ser utilizado na criação de regras.

Atores: PS

Identificação: C16

Nome: CRUD de resultados

Funcionalidade: criar regras usadas no processo de inferência.

Pós-condição: Pode ser utilizado na criação de regras.

Atores: PS

Identificação: C17

Nome: CRUD de regras

Funcionalidade: criar regras usadas no processo de inferência

Pré-condição: Tem que existir sintomas/fatores de risco e resultados.

Pós-condição: Pode ser realizado diagnóstico.

Atores: PS

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

Instituto Superior de Engenharia do Porto ⊙ Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 ⊙ 4249-015 Porto
Tel. +351 228 340 500 ⊙ Fax +351 228 321 159 ⊙ mail@isep.ipp.pt ⊙ www.isep.ipp.pt