



**Mariana
Antunes
Pinheiro**

**Contributos para a Construção de uma Base de
Dados Anotada de Lesões da Cavidade Oral**

**Contributions for Building an Annotated Database
for Oral Cavity Lesions**



**Mariana
Antunes
Pinheiro**

**Contributos para a Construção de uma Base de
Dados Anotada de Lesões da Cavidade Oral**

**Contributions for Building an Annotated Database
for Oral Cavity Lesions**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computadores e Telemática, realizada sob a orientação científica da Doutora Raquel Sebastião, Investigadora da Universidade de Aveiro, e do Doutor Samuel Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

o júri / the jury

presidente / president

Prof. Doutor Luís Filipe de Seabra Lopes
Professor Associado da Universidade de Aveiro

vogais / examiners committee

Prof. Doutor Paulo Rogério Perfeito Tomé
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu - Escola Superior de Tecnologia (Arguente)

Doutora Ana Raquel Ferreira de Almeida Sebastião
Investigadora da Universidade de Aveiro (Orientadora)

**agradecimentos /
acknowledgements**

Quero agradecer à minha família pelo o apoio e o incentivo ao longo destes anos. Aos meus amigos que me acompanharam o meu percurso académico proporcionando grandes momentos de alegria e diversão e também por me ajudarem e motivarem a fazer cadeiras. Não esquecer de mencionar as minhas colegas de casa que sempre proporcionaram um ambiente de descontração fora do estudo. Um agradecimento em especial aos meus orientadores que me deram motivação e ajudaram a que fosse possível terminar a dissertação. Agradecer aos médicos dentistas que colaboraram na reunião de discussão do trabalho e aos participantes que avaliaram a ferramenta desenvolvida. Por fim, agradeço ao Luís por acreditar sempre em mim. Muito Obrigado.

Palavras Chave

Anotação de imagens, anotação semi-automática, desenvolvimento centrado no utilizador, lesões orais.

Resumo

A saúde oral contribui para o bem-estar e qualidade de vida de uma pessoa, pois os problemas que podem surgir na cavidade oral afetam diretamente a autoestima e o desempenho de atividades como comer, falar e sorrir. Por isso para prevenir doenças orais é importante apostar em adotar uma alimentação saudável, higienização dentária diária e consultar o médico dentista periodicamente, porque nem sempre nos apercebemos que houve uma alteração na cavidade oral, que precisa de ser acompanhada e tratada para não resultar em problemas de maior gravidade. Nesse contexto, o acompanhamento de lesões da cavidade oral é essencial. No entanto, o reduzido número de visitas a médicos dentistas, a dificuldade de acesso a lugares mais isolados ou a reduzida mobilidade de doentes mais idosos, suscita a adoção de tecnologias auxiliares com a de captura de imagens da cavidade oral. Esta, pode ser efetuada por técnicos, sendo a sua análise feita, à posteriori, pelo médico. Contudo, neste processo, o aumento das imagens a analisar torna a tarefa morosa e passível de erro, pelo que é vital a proposta de formas mais automatizadas de lidar com estas imagens. Nestas imagens a heterogeneidade das lesões torna a proposta de métodos automáticos um desafio acrescido, reforçado pela falta de dados anotados que permitam servir de base ao desenvolvimento dos mesmos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo contribuir para estabelecer as bases que possibilitem criar dados anotados que suportem a investigação futura nesta área. Para esse efeito, e em conjunto com médicos dentistas com experiência na identificação e diagnóstico de lesões da cavidade oral, coerente com uma abordagem centrada no utilizador, foi estabelecido um conjunto de requisitos. Estes, integrados numa metodologia iterativa de desenho, desenvolvimento e validação serviram de base a várias iterações que resultaram numa ferramenta multiplataforma, desenvolvida recorrendo a tecnologias Web, e a ser utilizada pelos especialistas para proceder a anotações de lesões. A ferramenta proposta foi já sujeita a um primeiro ciclo de avaliação por especialistas, para anotação de imagens reais, e os resultados obtidos permitem concluir que a ferramenta se encontra aceitável para ser utilizada como ferramenta de anotação de imagens da cavidade oral.

Keywords

Image annotation, oral lesions, semi-automatic annotation, user centered development.

Abstract

Oral health contributes to a person's well-being and quality of life, as problems that may arise in the oral cavity directly affect self-esteem and influences several activities, such as eating, talking, and smiling. Therefore to prevent oral diseases, it is important to adopt a healthy diet, daily dental hygiene, and periodically consult the dentist, as we do not always realize that there has been a change in the oral cavity that needs to be monitored and treated to avoid resulting in more serious problems. In this context, monitoring lesions in the oral cavity is critical. However, the reduced number of visits to dentists, the deficient access to healthcare in remote areas, or the reduced mobility of older patients, leads to the adoption of technologies, such as capturing images of the oral cavity, to help monitor oral health. This process can be performed by technicians, with the analysis of the images being carried out posteriorly by a dentist. However, the increased number of images to be analyzed in this process makes the task time-consuming and error-prone. Therefore, it is crucial to propose more automated approaches to analyze those images. Also, the heterogeneity of oral lesions contributes added challenges to automatic methods, reinforced by the lack of annotated data for their development. In this context, this work aims to contribute with a multiplatform tool to help create annotated data that can support future research in this area. For this purpose, together with dentists with experience and expertise in the identification and diagnosis of oral lesions, pursuing a user-centered approach, a set of requirements was established. These, integrated into an iterative methodology of design, development, and validation, served as the basis for several iterations that resulted in a multiplatform tool, developed using web technologies, to be used by specialists in oral lesions annotation. The proposed tool has already been subjected to the first cycle of evaluation by experts through the annotation of lesions in real images. The obtained results allow us to conclude that the tool is acceptable for use.

Conteúdo

Conteúdo	i
Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	v
Glossário	vii
1 Introdução	1
1.1 Contexto e motivação	1
1.2 Desafios	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Estrutura do Documento	3
2 Contexto e Trabalho Relacionado	5
2.1 Saúde oral	5
2.2 Abordagens tecnológicas para saúde oral	7
2.2.1 Processamento de imagens da cavidade oral	8
2.2.2 Discussão	11
2.3 Base de dados anotadas	11
3 Exploração de Métodos para Anotação Semi-Automática de Lesões	13
3.1 Região de interesse	13
3.2 Análise quantitativa da imagem	14
3.3 Pré-processamento	15
3.4 <i>Threshold</i>	17
3.5 Máscara da lesão	18
3.6 Cor da lesão	20
3.7 Contorno	20
3.8 Conclusão	21

4	Ferramenta Interativa de Suporte à Anotação	23
4.1	Persona	23
4.2	Cenários	24
4.2.1	O Dr. Joaquim faz uma segmentação semi-automática	24
4.2.2	O Dr. Joaquim faz uma segmentação manual	24
4.2.3	O Dr. Joaquim anota a lesão	25
4.3	Requisitos	25
4.4	Primeiro protótipo de alta-fidelidade	26
4.4.1	Primeiro protótipo	27
4.4.2	Diálogo com os médicos dentistas	30
4.4.3	Protótipo reestruturado	32
4.5	Protótipo funcional	33
4.5.1	Arquitetura	33
4.5.2	Desenvolvimento	36
4.6	Vídeo de Contextualização de Uso	39
4.7	Avaliação da interface	40
4.7.1	Métodos	40
4.7.2	Resultados	41
4.8	Conclusão	43
5	Conclusões e Trabalho Futuro	45
	Referências	47
	Imagens do Protótipo Funcional	49
	Tabela Completa da Revisão da Literatura	51
	Tabela de Anotação das Tarefas	55
	Tabela SUS	57

Lista de Figuras

3.1	Exemplo de lesões com diferentes formas que foram encontradas.	14
3.2	Estatísticas obtidas do canal RGB e escala de cinzeto de uma lesão branca	15
3.3	Estatísticas obtidas do canal RGB e escala de cinzeto de uma lesão vermelha	15
3.4	Imagem sem pré-processamento de remoção de brilho.	16
3.5	Imagem com o pré-processamentos de remoção de brilho.	16
3.6	Imagem sem pré-processamento de remoção de brilho.	16
3.7	Imagem com o pré-processamento de remoção de brilho.	16
3.8	Histograma de uma lesão branca na escala de cinzento	19
3.9	Histograma de uma lesão vermelha na escala de cinzento	19
3.10	Diagrama da metodologia de segmentação semi-automática de lesões.	21
4.1	Médico Dentista (imagem retirada [20])	23
4.2	Primeira janela visualizada ao entrar na ferramenta.	27
4.3	Segmentação manual.	28
4.4	Segundo passo da segmentação semi-automática.	28
4.5	Passo 3, da segmentação semi-automática.	29
4.6	Janela com mensagem de verificação.	30
4.7	Página de registo	30
4.8	Página de iniciar a sessão.	30
4.9	Protótipo reestruturado com as novas características.	33
4.10	Vista geral da arquitetura do sistema desenvolvido.	34
4.11	Representação do sistema de acesso aos dados do utilizador.	34
4.12	Representação do sistema de acesso aos dados da imagens.	35
4.13	Representação do sistema de acesso às imagens das lesões.	36
4.14	Estrutura JSON utilizada no projeto.	38
4.15	Retrato do vídeo na multiplataforma	40
4.16	Imagens disponibilizadas para anotação	41

1	Página de registo	49
2	Página de iniciar a sessão	49
3	Página da ferramenta de anotação	50
4	Página de visualização das imagens já anotadas	50

Lista de Tabelas

2.1	Sumário de literatura julgada relevante para o contexto do trabalho a desenvolver.	8
4.1	Tarefas realizadas pelos participantes na ferramenta.	41
1	Tabela resumo da revisão bibliográfica	52
2	Subtabelas com resultados individuais [12]	53
3	Subtabelas com resultados individuais [14]	53
5	Tabela de anotação de informação sobre a interação com a ferramenta durante a execução das tarefas	55
6	Tabela do questionário SUS	57

Glossário

RGB	Red Green Blue	ROI	Region Of Interest
HSV	Hue Saturation Value	GLCM	Grey Level Co-occurrence
JSON	JavaScript Object Notation	GLRL	Grey Level Run-Length
CSS	Cascading Style Sheets	R-CNN	Region-Based Convolutional Neural Networks
HTML	HyperText Markup Language	SUS	System Usability Scale
OMD	Ordem dos Médicos Dentistas		

Introdução

O presente capítulo introduz o contexto do problema deste trabalho, expondo a prevalência de lesões orais cancerígenas, quer a nível mundial, quer em Portugal. São ainda abordadas as dificuldades dos inerentes ao seu diagnóstico e respetivo seguimento da evolução das mesmas, o que contribui para os elevados números registados. Apresenta-se também a motivação para o trabalho desenvolvido, referindo as falhas existentes verificadas e identificando os desafios enfrentados. Antes de descrever a estrutura deste documento, apresentam-se os objetivos propostos deste trabalho.

1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

As lesões orais podem aparecer em qualquer parte da cavidade oral, desde dos lábios até à garganta (incluindo as amígdalas e faringe) [1]. São problemas que afetam alimentação, a autoestima, o bem estar e a qualidade de vida. O melhor método para as prevenir passa por adotar uma alimentação saudável e a higienização dentária diária. É também aconselhável consultar o médico dentista periodicamente porque nem sempre nos apercebemos que houve uma alteração na cavidade oral, que precisa de ser acompanhada e tratada para não resultar em problemas de maior gravidade. Um dos problemas mais graves que pode surgir é o cancro oral, em que as estratégias de tratamento são a cirurgia, radioterapia e terapias com medicamentos [2]. Qualquer uma destas estratégias de tratamento proporcionam consequências graves, como distúrbios emocionais e físicos. O diagnóstico clínico precoce de lesões orais cancerígenas ajuda a desenvolver um plano de tratamento com maior eficácia de sucesso e a reduzir as consequências graves que resultam do tratamento. Por isso, é importante efetuar uma triagem oral junto de especialistas para que as lesões orais sejam diagnosticadas numa fase precoce e proceder de imediato ao seu tratamento [1], [3], [4].

O cancro oral é considerado como o sexto cancro mais comum do mundo [3], afetando mais frequentemente pessoas do sexo masculino entre os 45 e 65 anos de idade. Espanha e Hungria são os países da Europa onde se identifica mais casos de cancro oral, e na Europa Central e Leste começa a regista-se um aumento do número de casos [1], [5].

A incidência em Portugal, que tem aumentado recentemente, revela-se galopante. Em 2019, registaram-se cerca de 5 novos casos de cancro oral por 100 mil habitantes [6], sendo uma das taxas mais elevadas da Europa. Uma das razões para este aumento, deve-se ao número reduzido de portugueses que vão ao dentista para consultas regulares de *check-up*, limpeza ou ortodontia. O barómetro¹ da saúde oral, publicado em 2019 pela Ordem dos Médicos Dentistas (OMD), afirma que 37,5% dos portugueses não visitam um médico há mais de um ano e que desta percentagem, 65,3%, dizem não ter necessidade [7].

Uma forma de garantir que haja um diagnóstico precoce das lesões é através da realização de campanhas de rastreio fora do âmbito do consultório, sensibilizando a população para a participação nas mesmas. Contudo, a realização das mesmas implica um local adequado e o deslocamento de equipamentos e profissionais de saúde, especializados em avaliar lesões orais. Ainda que com a restrição de uma avaliação não presencial, uma alternativa com potencialidade de abranger um maior número de pessoas consiste na recolha de imagens fotográficas de lesões orais por técnicos especializados. Como forma de contacto primário, este tipo de campanhas possibilita uma triagem e permite uma avaliação posterior dos casos por parte de um médico dentista. Nesta avaliação o médico dentista decide a necessidade e a urgência de intervenção para cada caso.

1.2 DESAFIOS

Em campanhas de rastreio é recolhido um número elevado de imagens pelos especialistas, as quais precisam de ser analisadas visualmente por parte dos profissionais. Porém estas campanhas, abrangendo uma larga faixa da população, revelam desafios decorrentes da execução das mesmas.

A quantidade elevada de imagens suscita problemas no que diz respeito à sua análise visual. Além desta limitação, frequentemente, a qualidade das imagens é pouco uniforme, pois fatores como as características da própria câmara e a luminosidade afetam o retrato da lesão, criando dificuldades na sua análise visual. Por outro lado, a análise apenas visual inclui um grau subjetividade de avaliação que torna, por exemplo, difícil medir de forma concreta a evolução das lesões e possível comparação de lesões entre os pacientes.

Para minimizar, e eventualmente, colmatar as restrições e dificuldades que advêm das campanhas referidas, é relevante a existência de métodos de normalização das imagens. E também métodos relativos à deteção, segmentação e análise destas lesões, de modo a suportar a tarefa dos profissionais.

Porém, por si só, a utilização de métodos semi-automáticos para os fins mencionados anteriormente reveste-se também diversos desafios, nomeadamente:

- As diferentes cores que as lesões apresentam e a irregularidade dos bordos das mesmas, inviabilizam o sucesso de apenas um só método de segmentação, levando à necessidade de combinar vários;

¹Barómetro é um estudo realizado à população portuguesa relacionado com a oferta de cuidados de saúde dentários

- A diversificada natureza das lesões, a sua irregularidade e rugosidade, dificultam a quantificação da zona de lesão.
- A qualidade da imagem, quer por falta de resolução, quer por falta de correta focagem, e uma zona de localização da lesão periférica limitam a potencialidade dos métodos de deteção ou de identificação.

O desenvolvimento, aperfeiçoamento e combinação de métodos de segmentação, quantificação e de identificação, requer a existência de um conjunto alargado e representativo de imagens de lesões orais. Porém, não existe, até à data, um conjunto de dados que permita estabelecer a natureza e forma de manifestação de cada tipo de lesão. Nesse sentido, a construção de uma base de dados anotada que pudesse suportar o desenvolvimento e a investigação de ferramentas para auxiliar os profissionais é muito importante. Adicionalmente, uma base de dados contendo diferentes casos de cada tipo de lesão, devidamente anotada, poderá ter um elevado potencial de utilização e ser uma fonte de apoio relevante no âmbito de ensino e na formação de futuros profissionais.

1.3 OBJETIVOS

Neste sentido, o desafio que permitirá a construção de uma base de dados anotada de lesões da cavidade oral, passa por desenvolver uma ferramenta interativa. Esta ferramenta tem de possibilitar a segmentação da imagem e a anotação de diversa informação relativa à lesão e ao histórico do doente. Por fim, tem também que possibilitar o registo do diagnóstico da lesão.

Considerando os desafios identificados na secção anterior, este trabalho pretende desenvolver condições necessárias para a construção de uma base de dados anotada. Esta base de dados serviria para suportar a investigação futura relativa à elaboração de métodos computacionais para o processamento, análise e deteção de lesões em imagens obtidas através de um registo fotográfico da cavidade oral.

Nesse sentido, serão considerados os seguintes objetivos:

- Tomar conhecimento sobre a literatura existente relativa a métodos e abordagens avaliados;
- Propor métodos que permitam uma anotação semi-automática e sistemática de lesões existentes em imagens da cavidade oral;
- Desenhar e desenvolver uma ferramenta multiplataforma interativa, que permita a profissionais a anotação semi-automática de imagens da cavidade oral usando os métodos analisados;
- Proceder à avaliação da ferramenta de anotação;

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento organiza-se em mais 4 capítulos além do atual, da seguinte forma:

- O Capítulo 2, apresenta o contexto e trabalhos relacionados, fornecendo um breve enquadramento sobre a área da saúde oral e a utilização de imagens da cavidade oral

nesta área. Este capítulo proporciona ainda um cenário sobre trabalho relevante sobre este contexto, nomeadamente no que respeita à identificação e segmentação de áreas de interesse deste tipo de imagens.

- No Capítulo 3, são explorados métodos para anotação semi-automática de lesões, abordando inicialmente uma caracterização das propriedades da imagem e das lesões. Este capítulo explora ainda métodos manuais e semi-automáticos para delimitar lesões da cavidade oral.
- O Capítulo 4 é dedicado a uma ferramenta multiplataforma interativa de suporte à anotação de imagens da cavidade oral. Descreve o processo de desenho e desenvolvimento iterativo da referida ferramenta, que integra alguns dos métodos explorados no capítulo 3. Este capítulo termina com os resultados de uma primeira avaliação do sistema proposto por médicos dentistas que anotaram um pequeno conjunto de imagens reais.
- No Capítulo 5, expõe-se as conclusões e trabalho futuro, efetuando uma análise crítica no trabalho desenvolvido e estabelecendo algumas linhas para trabalho futuro.

Contexto e Trabalho Relacionado

Neste capítulo podemos encontrar um enquadramento da área da saúde oral, dando foco às lesões orais e à sua prevenção. Seguido de um levantamento da literatura sobre tecnologias de computação visual aplicadas à saúde oral, sobre a forma como estas obtêm a segmentação, anotação e classificação de lesões da cavidade oral. Refere também à importância da análise automática de lesões, e à necessidade de ter um conjunto alargado de imagens anotadas para o desenvolvimento de métodos capazes de segmentar, anotar e classificar. Por fim, este capítulo termina com uma definição de base de dados anotada.

2.1 SAÚDE ORAL

A associação de qualidade de vida à saúde surgiu em 1948 quando a Organização Mundial de Saúde (OMS) modificou a definição de saúde indicando que “a saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não consiste apenas na ausência de doença ou de enfermidade”, [8]. A saúde oral encaixa também neste conceito, para uma pessoa poder desempenhar atividades como comer, falar e sorrir precisa de se sentir bem fisicamente, mentalmente e socialmente. Um estudo realizado sobre esta analogia, conclui que as doenças orais têm impacto no bem-estar e qualidade de vida [9]. Os problemas orais afetam muitas pessoas ao longo da vida causando dor e desconforto ao realizar atividades que envolvem a cavidade oral, como mastigar, falar e sorrir. Além disso, também podem causar desfiguração ou até mesmo chegar a um desfecho trágico. Por estes motivos é necessário que as doenças orais sejam diagnosticadas e tratadas, atempadamente, de modo a que as pessoas que têm estes problemas possam retornar a ter uma vida com qualidade e bem-estar.

É em Países com rendimentos baixos a médios que se encontram mais casos de problemas de saúde oral. Estes problemas não aparecem só pela falta de consultas ao médico dentista, mas também devido às condições de vida. O acesso inapropriado ao flúor, provindo do abastecimento de água, e a produtos de higiene oral, contribuem para o aumento de problemas na saúde oral na comunidade. Contudo, o consumo de produtos com alto teor de açúcar, de tabaco e de bebidas alcoólicas, também contribuem para este aumento.

Existem muitos tipos de problemas que podemos encontrar na cavidade oral. O mais comum é a cárie nos dentes permanentes, segundo a OMS. A doença periodontal, que afeta os tecidos que se encontram à volta do dente, é caracterizada por sangramento ou inchaço nas gengivas, ocorre também diversas vezes. Diversas variedades de lesões são também passíveis de ser encontradas na cavidade oral. É o caso de leucoplasias, que é um termo clínico utilizado para as lesões brancas que são potencialmente malignas. O termo serve para excluir outro tipo de lesões que também apresentam uma pigmentação branca, mas que são casos clínicos menos graves. Também existem as eritroplasias, que também é um termo clínico para identificar as lesões potencialmente malignas vermelhas. O cancro oral, um dos problemas mais grave, pode surgir em qualquer parte da cavidade oral. Este problema afeta muitas pessoas em todo o mundo, principalmente homens que fumam e bebem bebidas alcoólicas regularmente. Segundo a OMS, na América e na Europa, as infeções por papilomavírus humano são responsáveis por uma percentagem crescente de cancros orais entre os jovens.

Dados relativos a 2019, demonstram que a prevalência de casos de cancro oral em Portugal é quase quatro vezes superior à taxa mundial, 0.070% e 0.019%, respetivamente [6]. Mais ainda, verifica-se que a prevalência no género masculino é substancialmente superior ao género feminino (0.024% contra 0.013% e 0.112% contra 0.032%, mundialmente e em Portugal, respetivamente) [6].

De acordo com a OMD, esta elevada prevalência, impõe que seja necessário direcionar mais atenção à identificação de lesões da cavidade oral, com a finalidade de diagnosticar as mesmas precocemente e acompanhar a sua evolução clínica.

De facto, uma das principais causas da taxa de mortalidade ser elevada é devido ao diagnóstico tardio destes tumores. Estas lesões podem manifestar-se de diferentes formas, como uma mancha, de cor variável, branca ou vermelha, uma massa mais ou menos endurecida ou uma úlcera que não cicatriza. Mais ainda, a maior parte das lesões inicialmente aparece de forma assintomática. A assintomatologia associada às lesões, que leva à relativização das mesmas por parte dos doentes, combinada com o leque diverso de características das mesmas, torna a sua identificação precoce uma dificuldade acrescida.

As leucoplasias e eritroplasias são tipo de lesões, geralmente assintomáticas, que muitas vezes só são detetadas nas consultas de rotina ao médico dentista. Alguns destes casos são identificados num estado muito grave e necessitam de remoção cirúrgica, uma vez que têm forte potencial para se transformar numa lesão maligna. Qualquer um destes tipos de problemas afetam a qualidade de vida e o bem-estar de um indivíduo. No entanto, nem todas as lesões necessitam de tratamentos invasivos. Só no caso de a lesão se tornar grave, ou ser grave, é que são aplicados métodos de tratamento invasivos para tratamento da mesma. Portanto, adotar um estilo de vida saudável e apostar na deteção precoce são medidas que ajudam a reduzir a possibilidade de uma lesão maligna desenvolver-se até ao nível de cancro. Quanto mais cedo forem detetadas as lesões malignas maior é a taxa de sucesso do tratamento e menos invasivo. Segundo um guia para os profissionais de saúde [3], apesar dos diversos avanços nos métodos de tratamento, como na cirurgia, radioterapia e quimioterapia, a taxa de sobrevivência aos 5 anos no cancro oral permanece em 55%.

No sentido de minimizar os danos decorrentes destas lesões, os países da União Europeia têm programas de saúde oral. Estes programas para além de possibilitarem tratamentos de prevenção, servem também para informar e incentivar os doentes a adotar um estilo de vida mais saudável. O Programa Nacional de Saúde Oral em Portugal, lançou em 2014, o “Projeto de Intervenção Precoce do Cancro Oral” (PIPICO) [10]. O PIPICO foi desenvolvido para destacar a importância de um diagnóstico precoce e do tratamento destas lesões cancerígenas, para que o doente tenha uma elevada taxa de sobrevivência. Este projeto destina-se a todos os utentes que estejam no grupo de risco ou que apresentem uma lesão suspeita, permitindo-lhes aceder a um cheque-diagnóstico para concluir de que tipo de lesão se trata. Contudo, segundo a Ordem dos Médicos Dentistas, um ano após o lançamento do projeto foram utilizados apenas 1315 cheques-diagnósticos, num total de 4341 cheques emitidos.

A diminuta utilização dos cheques referidos por parte dos doentes beneficiários, torna ainda mais importante a aposta em campanhas de rastreio por forma a diagnosticar as lesões orais. Neste contexto, e considerando o elevado número de registos fotográficos da cavidade oral, é crucial recorrer a abordagens tecnológicas de forma a identificar as fotografias com lesões.

2.2 ABORDAGENS TECNOLÓGICAS PARA SAÚDE ORAL

Vários métodos para detetar regiões de interesse (ROI) em imagens e para extrair características relacionadas com as mesmas (assimetria, irregularidade, textura, variações de cor) têm sido propostos [11]–[13]. Os métodos de aprendizagem computacional, como classificadores com base em k -vizinhos mais próximos (kNN - em inglês *k-nearest neighbors algorithm*), modelos de suporte vetorial (SVM - em inglês *Support Vector Machine*), redes neuronais artificiais (ANN - em inglês *Artificial Neural Networks*), entre outros, têm demonstrado elevado potencial em deteção de lesões da cavidade oral [11], [12], [14].

Porém, estas metodologias de deteção e classificação de áreas de interesse em imagens, precisam de ter um conjunto de dados. Neste caso, estes dados tratam-se de imagens identificadas com a área de interesse. Este conjunto de dados permite ao algoritmo fazer a aprendizagem relativa às áreas de interesse identificadas e, posteriormente, identificá-las noutras imagens. O desempenho na classificação em novas imagens do modelo treinado, depende, fortemente, do conjunto de treino. Quanto maior for a representatividade das imagens do conjunto de treino melhor será o desempenho do modelo para classificar.

Portanto, para desenvolver uma ferramenta para classificar lesões potencialmente suspeitas de serem cancro oral, é necessário um conjunto de imagens com a identificação da lesão e com informação das características que ajudam a identificar a malignidade da mesma. Esta ferramenta serve para ser aplicada em imagens que são recolhidas em campanhas de rastreio, ou num contexto diferente. Logo, ter um conjunto representativo de imagens de lesões diversificado para treinar modelos de aprendizagem computacional é fundamental.

Nos tópicos que se seguem serão abordadas soluções tecnológicas que têm sido propostas para esta temática de processamento de lesões orais.

2.2.1 Processamento de imagens da cavidade oral

Na literatura encontram-se diversos estudos realizados a imagens com objetivos de identificar e segmentar lesões a partir de imagens. A Tabela 2.1, resume alguns desses trabalhos relativos à segmentação e classificação de lesões. Esta tabela apenas se encontra com o objetivo do estudo e a metodologia que foi implementada, mas pode ser encontrada mais completa na secção de Anexos 5. Na Tabela 2.1 encontram-se alguns estudos efetuados a lesões da cavidade oral e também se encontra um estudo de segmentação de lesões na pele.

Trabalho	Desafio	Método
Texture Analysis Based Segmentation and Classification of Oral Cancer Lesions in Color Images Using ANN [11]	Aplicação de características discriminatórias de textura adequadamente selecionadas para classificação de lesões de cancro oral.	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção da ROI: é usado o método de contorno ativo sem arestas; • Extração das características, através: <ul style="list-style-type: none"> - GLCM com utilização de 4 distâncias diferentes; - GLRL com a utilização de 4 orientações diferentes da imagem (0°, 45°, 90°, 135°); • Classificação da lesão maligna usando ANN (6 tipos de lesões);
Effect of Manual Image Cutout in Diagnosis Support System of Oral Mucosal Disease Based on Intraoral Image [12]	Este trabalho aborda como diferentes recortes de imagens afetam os resultados do diagnóstico da lesão e compara também os resultados da classificação com o diagnóstico efetuado por diferentes especialistas.	<ul style="list-style-type: none"> • A imagem é recortada manualmente por dentistas, cerca de 20% do tamanho original; • Extração da região despigmentada (vitiligo) através do histograma de saturação (S) em HSV; • Com os resultados da extração do vitiligo são calculadas as características: <ul style="list-style-type: none"> - forma do vitiligo; - vermelhidão; - saliência; - forma granular; • Classificação da lesão maligna usando SVM (3 tipos de lesões).
Automated Detection and Classification of Oral Lesion Using Deep Learning for Early Detection of Oral Cance, [14]	Este trabalho apresenta uma nova estratégia para combinar anotações de caixas delimitadoras de vários especialistas	<ul style="list-style-type: none"> • Converter as anotações de vários médicos numa composta através da localização e do rótulo de decisão de encaminhamento das caixas delimitadoras; • A classificação de imagem e a deteção de ROI foram baseadas no uso de redes neurais profundas, mais especificamente o Faster-CNN;
Segmentation of Lesions in Dermoscopy Images Using Saliency Map And Contour Propagation [13]	O principal objetivo deste trabalho é introduzir um método geral para segmentação de lesões em imagens dermatoscópicas	<ul style="list-style-type: none"> • Pré-processamento da imagem: <ul style="list-style-type: none"> - algoritmo Koehoorn para remover cabelos da imagem; - filtros homomórficos para corrigir a iluminação da imagem; • Processo de segmentação: <ul style="list-style-type: none"> - propagação do contorno inicial até ao limite da lesão; - algoritmo de mapa de saliência;

Tabela 2.1: Sumário de literatura julgada relevante para o contexto do trabalho a desenvolver.

Uma ferramenta que permita realizar a segmentação, anotação e identificação de lesões em imagens da cavidade oral, necessita de utilizar e combinar diversos métodos para efetuar cada uma destas tarefas. Neste processo, o ideal é a utilização de métodos automáticos, contudo,

o recurso a métodos de segmentação semi-automática é também encontrado na literatura relativa a este problema. De facto, a dificuldade acrescida do problema, resultante das diversas características das lesões orais, torna aceitável o recurso a métodos semi-automáticos, que envolvem a interação do utilizador durante o processo de identificação.

Da pesquisa realizada, destacam-se alguns estudos que abordam alguns destes métodos e os quais são relevantes para este problema.

Métodos de processamento de imagem e melhoria da qualidade da mesma

Para melhorar as condições de visualização das imagens, a normalização é frequentemente utilizada em imagens que têm pouco contraste. Este processo consiste em alterar o intervalo de valores dos pixels da imagem para uma gama de valores indicados, geralmente para alastrar os valores de pixels entre 0 a 255. Estes valores correspondem à intensidade mínima e máxima dos canais, em que ao definir que os valores de intensidade dos canais têm de estar compreendidos entre 0 e 255, fará com que aumente o contraste entre os valores de intensidade dos pixels. Num conjunto de imagens também se aplica o conceito de normalização, que consiste em colocar todas as imagens segundo as mesmas características, quer a nível espacial, quer de intensidade. A normalização espacial passa por colocar todas as imagens com a mesma relação espacial. Este tipo de normalização não está só relacionada com a dimensão, pois também podem ser necessárias transformações lineares, por exemplo rotações. O objetivo é que as imagens sejam comparadas na mesma posição e com tamanhos semelhantes. A normalização de intensidade corresponde à intensidade dos pixels, em que as várias imagens encontram-se com a mesma distribuição estatística.

Métodos semi-automáticos para análise, cálculo de características e quantificação de ROI em imagens

Da pesquisa realizada a métodos semi-automáticos para análise e quantificação de imagens de lesões da cavidade oral, destaca-se o estudo sobre o levantamento de um conjunto de características que permitem distinguir entre diferentes grupos de malignidade. Os grupos identificados no estudo são relativos a carcinomas de diferentes áreas da cavidade oral [11]. Este estudo encontra-se com uma breve descrição do objetivo e metodologia na tabela 2.1. A extração da lesão é feita utilizando o método do contorno ativo sem arestas. É uma técnica semi-automática, pois inicia com a identificação de um contorno manual feito pelo utilizador, seguido de iterações sucessivas de pixels do contorno com pixels vizinhos até detetar diferenças de tonalidade entre eles.

No mesmo estudo, é efetuada a extração das características da textura da região de interesse através matriz Grey Level Co-occurrence (GLCM), que é calculada em quatro direções diferentes e com quatro distâncias diferentes. As funções desta matriz de co-ocorrência

de nível cinzento caracterizam a textura ao calcular a frequência com que pares de pixels com valores específicos, e com uma distância específica, ocorrem numa imagem. Também é calculada a matriz Grey Level Run-Length (GLRL) em 4 direções diferentes. Esta matriz permite a análise da textura, fornecendo o tamanho de execuções homogêneas para cada nível cinzento. Por outras palavras, o número de vezes em que numa linha de pixels, em uma determinada direção, surge o mesmo valor de intensidade.

Um outro estudo, identificado na tabela 2.1, aborda como diferentes recortes de imagem afetam os resultados do diagnóstico. Neste estudo, inicialmente as imagens são recortadas manualmente por diferentes médicos dentistas [12]. Depois, é extraído o vitiligo, que é uma lesão cutânea caracterizada pelo desaparecimento da pigmentação, utilizando a análise do histograma de saturação. Este tipo de histograma requer que a imagem seja previamente convertida para a gama de cor Hue Saturation Value (HSV). A média dos valores máximo e mínimo, do histograma correspondente ao canal S (S de saturação), é utilizada para definir um valor limite. Todos os pixels no canal S menores que esse valor limite são considerados como área da lesão.

Na continuação do estudo, após extraído o vitiligo, são calculadas características da lesão, tais como a vermelhidão, saliência e forma granular. Estas características são específicas a determinados tipos de lesões. Por exemplo, o cálculo da zona avermelhada destina-se a identificar a doença Lichen Planus, que é caracterizada por ter uma região avermelhada ao redor da área do vitiligo. Por isso, o valor médio dos pixels do espaço de cor S fora da área do vitiligo são definidos como a característica avermelhada. Para calcular a saliência e a forma granular foram utilizados gradientes de intensidade dos canais de cor RGB.

Métodos de aprendizagem computacional para classificação de lesões

O artigo [14], também se encontra resumido na tabela 2.1, recorre ao uso de redes neuronais para classificação de imagens (ResNet-101) e para detetar objetos (*Faster* Region-Based Convolutional Neural Networks (R-CNN)). O modelo ResNet-101 é uma rede neural convolucional com 101 camadas de profundidade, que, após ser pré-treinada, consegue classificar novas imagens usando esse modelo. O *Faster* R-CNN também é uma rede neural convolucional que pertence à família R-CNN, uma das primeiras redes neuronais propostas para a detecção de objetos [15]. Recorrendo a uma extração inicial de diversas regiões de interesse [16], tem a particularidade de ser mais rápido e preciso a detetar diferentes objetos do que os métodos tradicionais.

O estudo [12] utiliza SVM para classificar as lesões, este é um algoritmo popular em aprendizagem computacional para classificação de objetos, porém também pode ser utilizado para tarefas de regressão. Este algoritmo alcança uma boa precisão dos resultados, pois caracteriza-se por ter capacidade de generalização e robustez. Além disso, apresenta uma complexidade computacional moderada [17].

2.2.2 Discussão

Do exposto, torna-se evidente a importância de utilizar métodos tão automatizados quanto possível na análise de imagens de lesões da cavidade oral. A análise automática de lesões da cavidade oral, tem uma relevância especial em campanhas de rastreio. Estas campanhas, de promoção da saúde oral, teriam um impacto positivo na forma como a mesma pode chegar a uma faixa mais alargada da população.

No entanto, como se torna evidente pela literatura mais recente, apesar de se verificarem algumas abordagens a este problema usando, por exemplo, métodos de aprendizagem computacional, estas tendem a ser passíveis de utilização apenas em conjuntos restritos de imagens. Contudo, uma proposta estruturada com métodos capazes de segmentar, anotar e classificar corretamente uma ampla diversidade de lesões orais, carece de um conjunto alargado de imagens anotadas. Este tipo de conjunto que, tanto quanto nos foi possível perceber, não existe. Assim, torna-se evidente que a construção de uma base de dados de imagens anotadas poderia dinamizar e ajudar a avançar a investigação nesta área.

2.3 BASE DE DADOS ANOTADAS

O conceito de base de dados anotada surge no seguimento do registo de uma imagem que contém uma lesão da cavidade oral. Nesta imagem, a lesão é segmentada, ajustando o contorno ao limite da lesão. Na base de dados fica identificado o limite da lesão e o diagnóstico que foi possível aferir sobre a mesma. A anotação da lesão é efetuada por médicos dentistas ao observar a imagem.

O contorno da lesão identificada é efetuado através de um ferramenta que foi desenvolvida para este propósito. Esta ferramenta permite efetuar um contorno ajustado à lesão e, por sua vez, este é guardado juntamente com a identificação da lesão.

Exploração de Métodos para Anotação Semi-Automática de Lesões

A segmentação das lesões presentes nas imagens da cavidade oral é um passo fulcral para uma anotação completa da lesão, porque permite extrair informações relevantes que permitem classificar o tipo de lesão. Por isso, o ajuste do contorno ao limite da lesão é uma mais valia para o seu reconhecimento. Para tornar possível o contorno da lesão foram explorados métodos de processamento de imagem que melhor se adequavam ao objetivo.

O ponto de partida para o desenvolvimento do algoritmo semi-automático foi a implementação de um método de contorno manual, em que o anotador segmenta a lesão com auxílio do cursor do rato. Apesar de ser eficaz para o contorno do limite da lesão, é complicado obter resultados com precisão. Após isto, o algoritmo foi desenvolvido até conseguir uma segmentação mais automatizada, que permite que o processo de anotação seja mais rápido e com resultados mais precisos. O conjunto de métodos que foram testados até atingir a finalidade são descritos nas seguintes secções, por ordem de execução.

3.1 REGIÃO DE INTERESSE

O primeiro passo do processo de segmentação é restringir a imagem exclusivamente para a região de interesse. Com esta técnica a análise da imagem foca-se na área que foi delimitada pelo anotador e exclui regiões que não fazem parte da lesão. A forma que as lesões apresentam são muito variadas, não existe uma forma geométrica comum a todas as lesões que podem surgir na cavidade oral, como podemos constatar no grupo de imagens apresentado na figura 3.1. Por este motivo, considerou-se que seria relevante que a delimitação da região de interesse fosse, inicialmente, desenhada livremente com o cursor do rato. No entanto, também foram incluídas as alternativas de desenhar um rectângulo ou uma elipse.

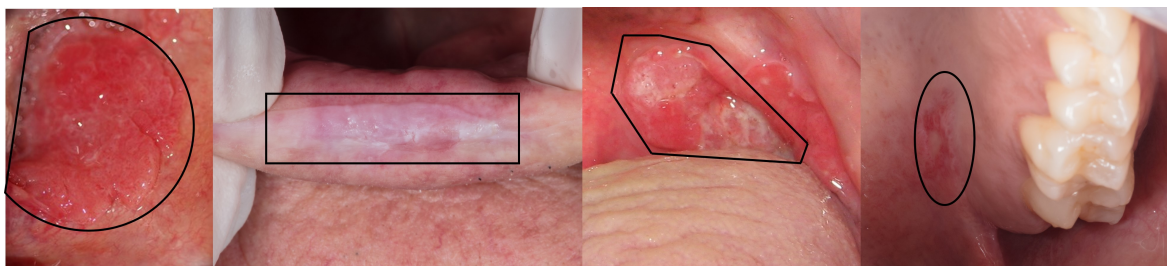


Figura 3.1: Exemplo de lesões com diferentes formas que foram encontradas.

3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DA IMAGEM

Com a região de interesse definida, é feita uma análise quantitativa exclusivamente na área que ficou definida pelo utilizador. Esta análise é feita através da contabilização do número de pixels que existem nos diferentes níveis de intensidade em cada canal de cor.

Desta forma podemos retirar conclusões sobre o comportamento dos valores de intensidade de cada canal RGB e escala de cinza. A gama varia entre 0 a 255, onde 0 corresponde ao escuro e 255 corresponde à intensidade máxima da cor. Através destes dados foi possível calcular para cada um dos canais, os valores mínimo e máximo, que indicam o limite de escala de cada canal. A média e a mediana, que indicam a tendência central do conjunto de valores de intensidade de cada pixel, sendo que a média indica o valor médio e a mediana indica o valor central do conjunto de valores ordenado. Também foi calculado o desvio padrão, cujo resultado, se for um valor baixo significa que os valores encontram-se concentrados no valor médio. Caso contrário, significa que os valores encontram-se dispersos do valor médio. Calculou-se também o intervalo que existe entre o menor valor e o maior valor de intensidades, designado de amplitude. Por fim, foi calculado o valor de intensidade com mais pixels, que corresponde à frequência. Permitindo assim encontrar a zona de lesão que corresponde à zona onde há mais pixels com a mesma intensidade, ou seja, corresponde à zona onde se verifica maior frequência. Depois de testadas diferentes combinações das medidas estatísticas calculadas, foram usadas a média e o desvio padrão para calcular o valor do *threshold*, que será abordado mais à frente.

As figuras 3.2 e 3.3 mostram a análise quantitativa obtida para uma lesão branca e uma lesão vermelha, respetivamente. Pelos resultados, confirma-se que o valor médio (*“average”*) dos canais verde e azul é mais baixo na lesão vermelha que na lesão branca. O que era esperado de acontecer, pois as lesões brancas têm presente os 3 canais de cor RGB. Porque a cor branca resulta da interseção da intensidade dos 3 canais de cor, quando estes têm o valor máximo de intensidade no mesmo pixel.

Em ambos os tipos de lesões, a cor vermelha é sempre a que tem maior frequência, ou seja, o canal vermelho é sempre predominante em qualquer cor da lesão. Relativamente aos resultados da escala de cinzento, verifica-se que o valor de intensidade da frequência tem tendência a ser mais elevado nas lesões brancas do que nas lesões vermelhas, como se pode observar pelos valores das figuras 3.2 e 3.3. Concluindo-se que as lesões brancas têm tendência em ser mais claras que as lesões vermelhas. Ao observar só os dados relativos à lesão vermelha

nesta escala (figura 3.3), observa-se que o valor da frequência (98) é inferior ao valor médio, que é 110 (aproximadamente). Esta comparação leva a concluir que a região em torno da lesão tem valores de intensidade superiores aos da lesão, ou seja, a região à volta da lesão é mais clara que a região da lesão. Estas análises dos resultados, indicam que a aplicação do mesmo método para extrair ambos os tipos de lesões não apresentará resultados satisfatórios. Por este motivo, optou-se por 2 abordagens diferentes, adoptando um método para as lesões brancas e outro para as lesões vermelhas.

RED	GREEN	BLUE	GRAY
numPixels 44949	numPixels 44949	numPixels 44949	numPixels 44949
min 124	min 43	min 40	min 67
max 255	max 245	max 235	max 247
average 210.32	average 122.23	average 122.77	average 148.63
median 220.00	median 125.00	median 123.00	median 154.00
std 27.10	std 36.53	std 37.07	std 32.89
frequency 228	frequency 125	frequency 133	frequency 156
range 131	range 202	range 195	range 180

Figura 3.2: Estatísticas obtidas do canal RGB e escala de cinzeto de uma lesão branca

RED	GREEN	BLUE	GRAY
numPixels 26179	numPixels 26179	numPixels 26179	numPixels 26179
min 87	min 23	min 20	min 44
max 255	max 244	max 241	max 247
average 179.95	average 80.31	average 77.18	average 109.75
median 181.00	median 77.00	median 74.00	median 108.00
std 26.86	std 27.47	std 26.06	std 25.72
frequency 181	frequency 76	frequency 64	frequency 98
range 168	range 221	range 221	range 203

Figura 3.3: Estatísticas obtidas do canal RGB e escala de cinzeto de uma lesão vermelha

3.3 PRÉ-PROCESAMENTO

As imagens das lesões recolhidas com uma câmara fotográfica apresentam brilhos, que resultam do reflexo de um foco de luz externo na saliva. Para atenuar o brilho que as imagens captadas apresentam, implementou-se o método *inpainting*, que consiste em pintar a área que foi perdida (devido ao brilho) com base nos pixels vizinhos. O tipo de método utilizado foi o “INPAINT_TELE”, que começa a preencher os pixels que estão no limite da região designada para intervenção do algoritmo. O preenchimento acontece gradualmente para dentro até todos os pixels terem sido substituídos.

Para obter a região do brilho, inicialmente é convertida a imagem na escala de cinzento e depois é aplicada a técnica de *thresholding* que retorna a máscara da região afetada. O cálculo do pixel que será substituído é obtido através de uma soma normalizada de todos os pixels que são conhecidos na vizinhança. Após o pixel ser pintado, o método avança para o pixel que tiver mais próximo usando o método *fast marching*.

Como o brilho tem um efeito branco, a técnica do *threshold* também considera as lesões brancas como resultado do reflexo do foco de luz externo. Por esta razão, só foi possível implementar esta técnica nas lesões vermelhas. A figura 3.5 mostra o resultado do método para cobrir o brilho aplicado à lesão da figura 3.4. Contudo, os resultados da aplicação desta técnica não se verificaram similares em todo o conjunto de imagens usados para a testar. De facto, verificou-se que em alguns casos, a aplicação desta técnica acabava por danificar a zona da lesão, como se pode observar na figura 3.7, que mostra o resultado depois de ser aplicado o método à lesão da figura 3.6. Por isso, foi decidido não aplicar este método, uma vez que os danos da zona da lesão eram superiores ao benefício que o método trazia à visualização da imagem por parte do médico dentista.

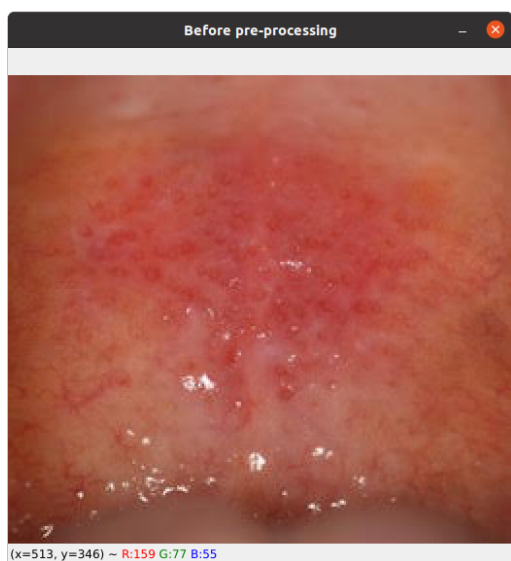


Figura 3.4: Imagem sem pré-processamento de remoção de brilho.

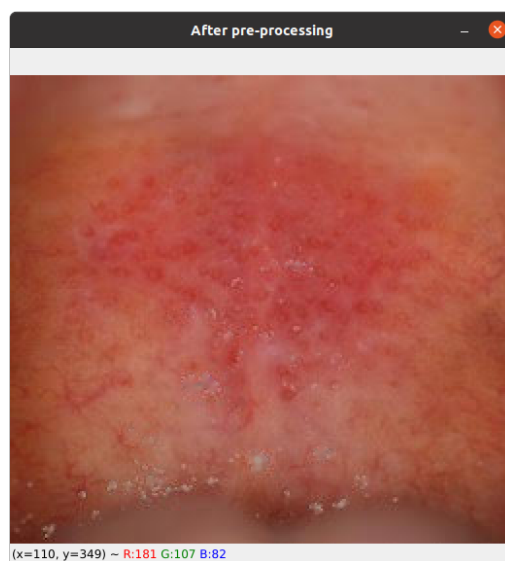


Figura 3.5: Imagem com o pré-processamentos de remoção de brilho.

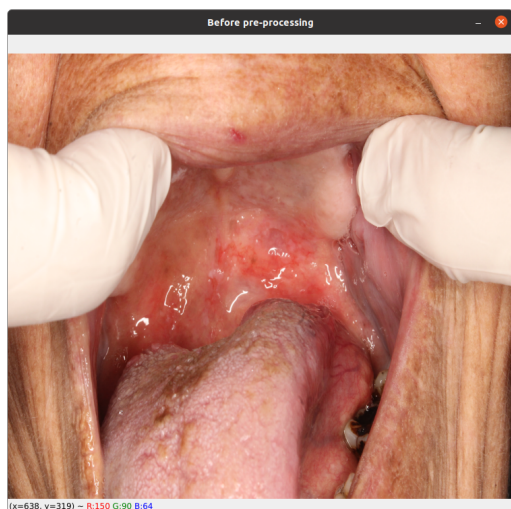


Figura 3.6: Imagem sem pré-processamento de remoção de brilho.

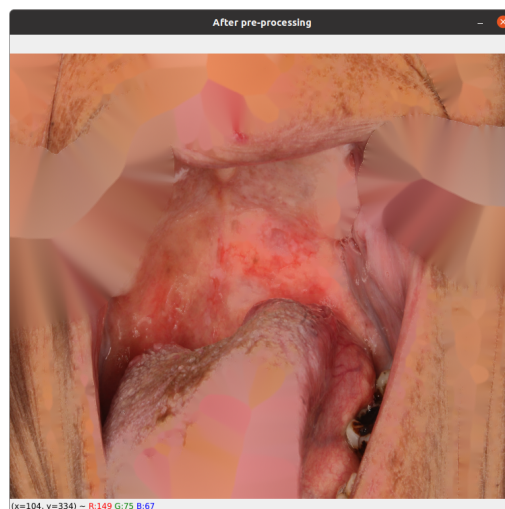


Figura 3.7: Imagem com o pré-processamento de remoção de brilho.

3.4 THRESHOLD

Para separar a zona da lesão da restante imagem decidiu-se utilizar a técnica de *thresholding*, que consiste numa atribuição de valores de pixel em conformidade com o valor limite fornecido. Ou seja, cada pixel da imagem é comparado com o valor de *threshold*, e caso o valor do pixel da imagem seja inferior a esse valor, o pixel é definido com valor zero. Caso contrário, o pixel é definido com o valor máximo (255).

A aplicação desta técnica implica que seja definido o valor de *threshold*. Ao longo do desenvolvimento deste projeto, a definição do valor de *threshold* passou por várias etapas. Iniciou-se por considerar que este valor era fixo, ou seja, era o mesmo valor para todos os tipos de leões. Contudo, dada a diversidade de lesões, que apresentam valores de intensidades diferentes, verificou-se que um valor fixo pré-definido não se adequava a todas as lesões.

Numa segunda fase, acrescentou-se a interação do utilizador, sendo possível adaptar o valor de *threshold* (através das teclas de *up* e *down* do teclado), de forma a que a máscara ficasse mais ajustada à área da lesão. Por fim, definiu-se que este valor seria obtido automaticamente, baseado nas medidas calculadas na região de interesse dos três canais de cor RGB.

Com os valores das variáveis obtidas através da análise quantitativa dos três canais de cor, foram aplicadas combinações diferentes a cada um destes canais para calcular o valor de *threshold*. Destas diferentes combinações, optou-se por usar a média e o desvio padrão dos canais de cor RGB. Dado que as lesões não são homogêneas (a lesão não terá toda a mesma intensidade de cor), estabelece-se assim um intervalo que define uma medida de dispersão dos vários valores de intensidade da imagem em torno do valor médio.

O valor de *threshold* para cada canal de cor *red*, *green* e *blue* é calculado segundo as equações 3.1, 3.2 e 3.3, respetivamente.

$$Threshold_{red} = \mu_{red} - \sigma_{red} \quad (3.1)$$

$$Threshold_{green} = \mu_{green} + \sigma_{red} * 0.25 \quad (3.2)$$

$$Threshold_{blue} = \mu_{blue} + \sigma_{red} * 0.25 \quad (3.3)$$

A equação 3.1 corresponde ao canal vermelho, onde μ_{red} é a média de intensidade do canal vermelho e σ_{red} é o valor do desvio padrão do canal vermelho. O valor de *threshold* do canal verde é calculado na equação 3.2, onde μ_{green} é média da intensidade da cor verde, e é somado 25% do σ_{red} , que é desvio padrão do canal vermelho. Quanto ao canal azul, a equação 3.3, que calcula o valor de *threshold* para este canal de cor é semelhante à do canal verde, considerando valor da média referente ao canal azul, μ_{azul} .

No canal verde e azul o valor de *threshold* não foi definido do mesmo modo que o canal vermelho. Por apresentarem valores de intensidade mais dispersos, nestes dois canais, o valor do desvio padrão era muito elevado. Deste modo, subtraindo ou adicionando o desvio padrão ao valor médio de cada canal, eram abrangidos ou excluídos mais detalhes da imagem que

o desejável. Portanto, decidiu-se usar 25% do desvio padrão do canal vermelho. Apesar do desvio padrão deste canal ser inferior ao desvio padrão dos canais verde e azul, optou-se por usar o valor com uma redução percentual. Deste modo, independentemente do valor do desvio padrão que se obtivesse no canal vermelho, o resultado final de *threshold* dos canais azul e verde não teria uma grande diferença do valor médio destes canais de cor.

Para cada canal de cor RGB foi obtida uma imagem binária, que resultou da aplicação do método de *threshold* do *OpenCV* [18], onde foi aplicado o respetivo valor de *threshold* calculado para cada um destes canais.

3.5 MÁSCARA DA LESÃO

Após obter as três máscaras respetivas a cada canal de cor RGB, procede-se ao processo de unificação destas máscaras que resultará na máscara final. Esta máscara será, posteriormente, aplicada na imagem da lesão, com o objetivo de destacar apenas a lesão.

Como referido na secção de análise quantitativa da imagem, 3.2, a abordagem para segmentar as lesões brancas e vermelhas tem de ser diferente. E é nesta fase do processo que o método se distingue. As figuras 3.8 e 3.9 apresentam o histograma relativo à escala de cinzento de uma lesão branca e de uma lesão vermelha, respetivamente.

Ao analisar os dois histogramas, associa-se que os picos dos histogramas correspondem às lesões, pois a área da lesão tem mais pixels numa só intensidade que a restante área que não faz parte da lesão. Assim, pode-se verificar que os valores de intensidade dos pixels com maior ocorrência na figura 3.9 tem tendência para valores mais baixos que os da figura 3.8. Ou seja, as lesões vermelhas têm tendência em ser mais escuras que as lesões brancas.

Deste modo, o processo de unificação baseou-se nas lesões de cor branca. Analisando o histograma da escala de cinzentos (figura 3.8), verifica-se que os valores dos pixels que correspondem à lesão, não se encontram próximos do valor 255 que corresponde ao branco. Ou seja, as lesões brancas não se encontram na intensidade máxima, estão na gama de cinzento, devido às condições de luminosidade. Para representar a escala de cinzento os canais vermelho, verde e azul têm de ter o mesmo valor de intensidade. Logo, conclui-se que as lesões brancas localizam-se na interseção das três máscaras de cada uma das cores.

Portanto, a máscara da lesão resulta de duas interseções pareadas das três imagens binárias. Na primeira interseção utilizaram-se as máscaras do canal azul e do canal verde. Na segunda, utiliza-se o resultado obtido no processo anterior com a imagem binária obtida com a aplicação do *threshold* ao canal vermelho.

Como este método capta a área mais clara da lesão, e sabendo que as lesões vermelhas têm tendência a serem mais escuras que as lesões brancas, concluiu-se que ao aplicar o inverso à máscara obtida na interseção dos três canais de cor, obtém-se o destaque da zona mais escura que corresponde à lesão vermelha.

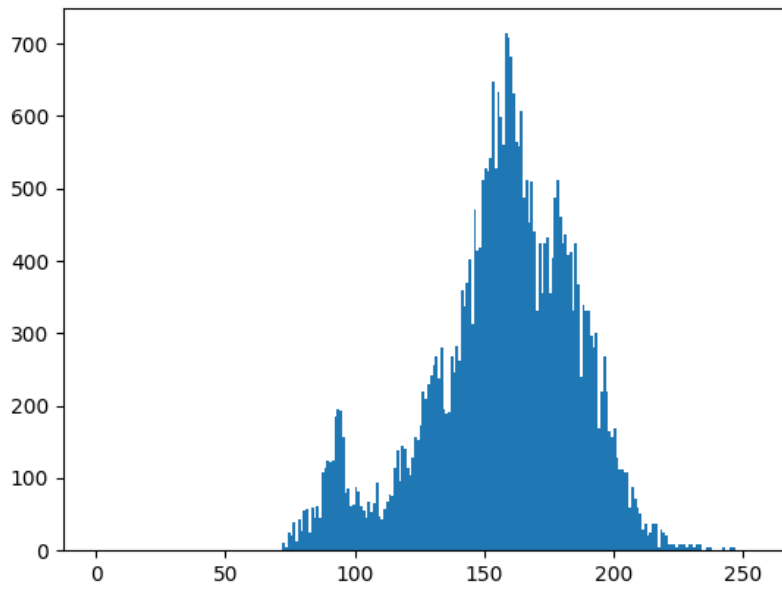


Figura 3.8: Histograma de uma lesão branca na escala de cinzento

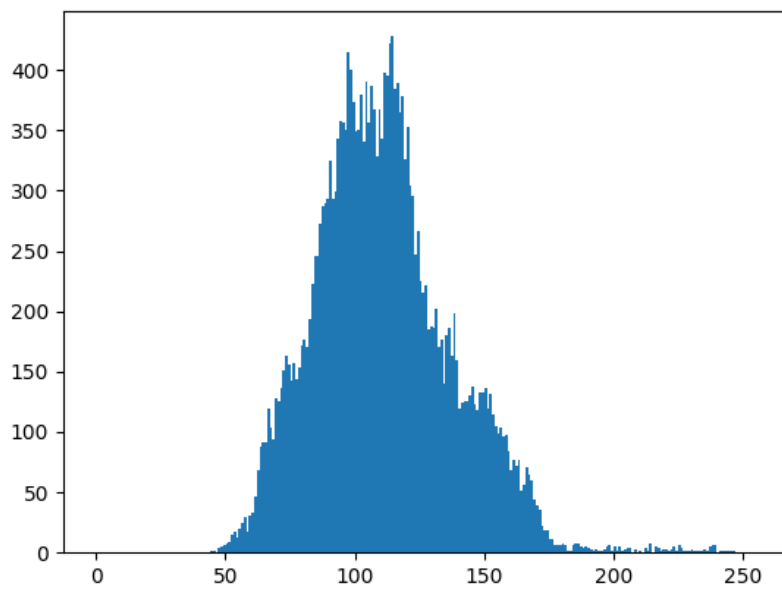


Figura 3.9: Histograma de uma lesão vermelha na escala de cinzento

3.6 COR DA LESÃO

Como o método para definir as lesões vermelhas e brancas tem de ser diferente, a cor que a lesão apresenta na imagem tem de ser considerada, para que o algoritmo seja capaz de aplicar o método que mais se adequa à respetiva cor da lesão. Neste sentido, ponderou-se incluir o reconhecimento automático da cor da lesão, baseado na análise quantitativa dos valores de intensidade de cada canal de cor RGB.

Da análise da frequência em cada canal de cor nas lesões brancas e vermelhas não é possível concluir qual é a cor da lesão, pois o canal de cor vermelha é sempre predominante. Assim, considerar apenas uma variável calculada com base na análise quantitativa da imagem não é suficiente para distinguir a cor da lesão.

Sabendo que na cor branca, ou em escala de cinzento, os canais têm a mesma intensidade, procurou-se encontrar o intervalo de valores de intensidade, comum aos 3 canais, e o intervalo de valores do canal vermelho que não tivesse representado nos outros dois canais. Assim sendo, o intervalo de valores que tivesse mais valores de intensidade, identificava a cor da lesão. Ao aplicar este método não se obtiveram resultados tão satisfatórios quanto o pretendido. Verificou-se que algumas lesões ficariam mal classificadas, principalmente nos casos em que a área da lesão era inferior à restante área da imagem delimitada pelo utilizador.

Não sendo possível obter um método satisfatório para reconhecer automaticamente a cor da lesão, decidiu-se que esta informação, necessária para escolher o método de obtenção da máscara final, será indicada pelo o anotador ou verificando se já existe algum registo dessa informação associado à imagem.

3.7 CONTORNO

O contorno que separa a lesão da restante imagem é o resultado que é visualizado no final. Para este efeito recorreu-se ao *Canny Edge Detection* [19]. O operador de *Canny* consiste numa técnica de deteção de bordas, que encontra as regiões da imagem, onde existe uma mudança relativamente alta do valor de intensidade. Neste trabalho, o mesmo foi aplicado para detetar as margens da imagem binária, resultando numa outra imagem binária apenas com os contornos. Por fim, estes contornos foram aplicados na imagem original, para que o anotador possa visualizar o resultado da segmentação semi-automática da lesão.

3.8 CONCLUSÃO

Deste modo, concluiu-se que a melhor abordagem para obter uma segmentação da lesão semi-automática é a que se encontra representada no diagrama da figura 3.10.

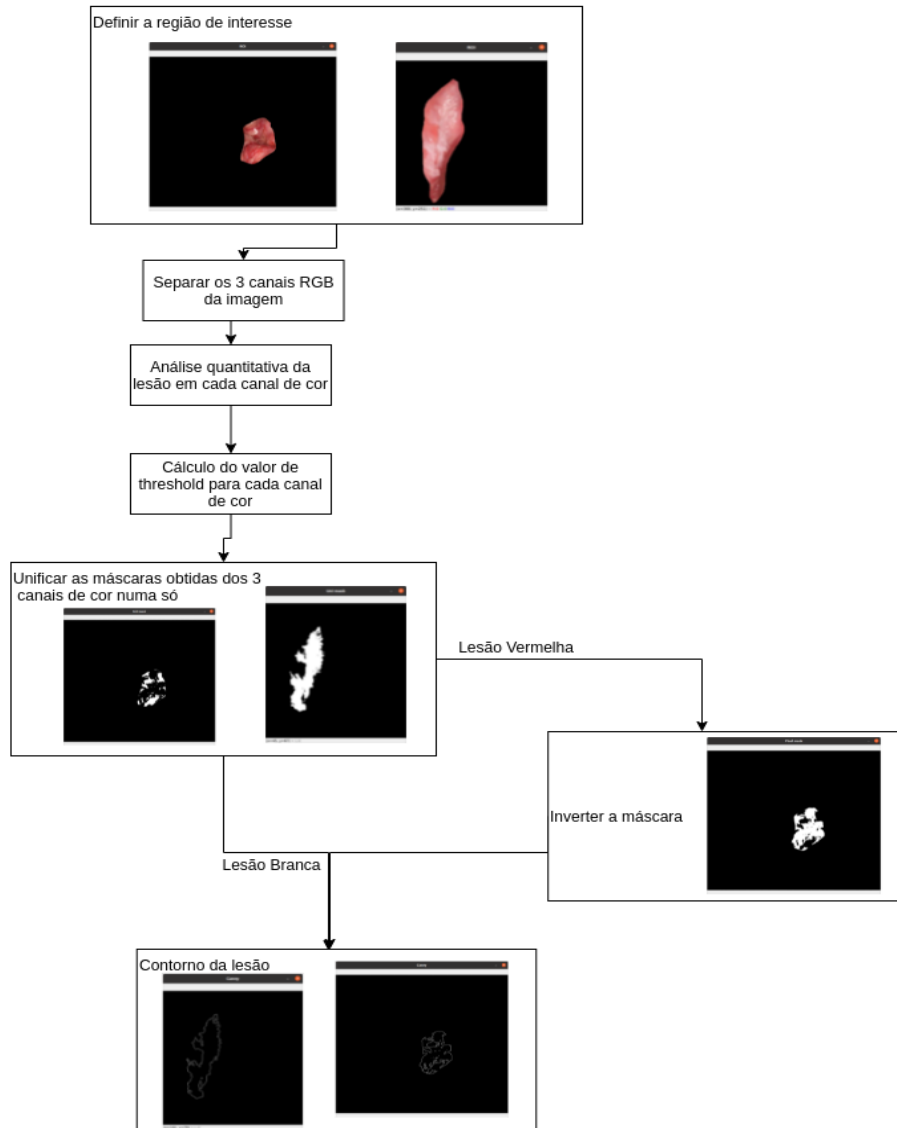


Figura 3.10: Diagrama da metodologia de segmentação semi-automática de lesões.

Verificou-se que o método proposto para segmentar lesões da cavidade oral não é 100% eficaz. Por isso, o anotador tem a possibilidade de poder ajustar o valor de *threshold* para o contorno ficar mais próximo do que o anotador/especialista considera que seja o limite da lesão. Para além do ajuste do valor de *threshold*, o anotador também pode adicionar mais pixels ao contorno da lesão ou remover pixels que foram incluídos dentro da área de lesão. O importante é que no final o contorno do limite da lesão fique conforme a opinião do anotador, para que a lesão seja corretamente anotada.

Ferramenta Interativa de Suporte à Anotação

Este capítulo aborda o desenvolvimento de uma ferramenta multiplataforma de suporte à anotação de imagens de lesões da cavidade oral. Para chegar a esse objetivo foi adoptada uma metodologia centrada no utilizador que se iniciou pela identificação e construção de Personas e Cenários que ajudaram a perceber as motivações e necessidades dos utilizadores assim como os potenciais cenários de uso. Isso permitiu a identificação de um conjunto inicial de requisitos que guiou a proposta de um primeiro protótipo de alta-fidelidade que serviu de base à discussão com os médicos dentistas, que são os utilizadores finais desta ferramenta. O resultado dessa discussão, refinando a lista de requisitos iniciais, deu origem a uma ferramenta interativa de anotação de lesões orais que foi, posteriormente, avaliada por utilizadores alvo.

4.1 PERSONA

O Joaquim, tem 38 anos, formou-se em Medicina Dentária na Universidade do Porto, instituição onde também tirou o Mestrado em Educação Académica e Clínica, e realizou também uma especialização clínica em Patologia Oral. Durante a sua primeira formação ficou encantado com a cidade do Porto e após concluir os estudos, tendo sido convidado para ficar como docente na Universidade, decidiu permanecer na cidade. Atualmente, continua a viver na mesma cidade, com a sua mulher e o seu filho. Leva um estilo de vida simples, nos seus tempos livres gosta de estar com a família, de praticar ténis e dedicar-se à literatura. É uma pessoa aberta a novas ideias, gosta de desafios e de aprender. O Joaquim trabalha, também, numa clínica de medicina dentária que tem desenvolvido, em conjunto com a Fundação Alberto Américo, um trabalho continuado de rastreio de Saúde Oral. Na impossibilidade dos médicos da clínica



Figura 4.1: Médico Dentista (imagem retirada [20])

se deslocarem aos locais, a Fundação tem disponibilizado técnicos que recolhem imagens da boca, por exemplo, em lares, sendo estas posteriormente analisadas pelos médicos. Nesse âmbito, o Joaquim colabora ativamente na análise dessas imagens e costuma passar várias horas a fazê-lo.

Motivação: O Joaquim gostaria de ter uma forma mais expedita de poder lidar com a grande quantidade de imagens que tem para analisar, de forma a ser mais fácil identificar, mais rapidamente, os casos mais graves.

4.2 CENÁRIOS

Nas subsecções seguintes, descrevem-se alguns possíveis cenários identificados.

4.2.1 O Dr. Joaquim faz uma segmentação semi-automática

Para fazer a segmentação semi-automática, o Dr. Joaquim tem de aceder à ferramenta e iniciar a sua sessão, com o seu email e palavra-passe (considera-se que o registo já tinha sido efetuado previamente). Após o sistema validar as credenciais de autenticação com sucesso, será redirecionado para a página onde executa a segmentação da lesão. A segmentação semi-automática começa quando o médico dentista clica numa das ferramentas de desenho que se encontram à disposição na barra de ferramentas. Com o cursor do rato delimita a região de interesse na imagem. O sistema mostra o desenho que o médico dentista está a fazer. Em caso de engano, volta a clicar na área da imagem e o desenho desaparece, o sistema só aceita o desenho ao clicar para avançar. Caso não seja indicada a cor da lesão, o Dr. Joaquim terá de seleccionar a cor para continuar o processo. A seguir, clica na seta para avançar para o próximo passo. O sistema devolve a imagem da lesão com o resultado do contorno obtido através do método semi-automático e altera a barra de ferramentas. No segundo passo, o médico dentista acha que é necessário ajustar o contorno da lesão, portanto altera o valor de *threshold*, que está indicado na barra de ferramentas e o sistema retorna a imagem com o novo contorno. De seguida, clica na seta para avançar para o terceiro passo. Nesta fase, o sistema mostra novas ferramentas para completar o contorno. O médico dentista verifica que o contorno obtido até ao momento excedeu a área da lesão, por isso, clica no botão para remover pixels no contorno da lesão. O sistema por cada interação devolve o resultado. Concluído o processo da segmentação semi-automática, o Dr. Joaquim não estando satisfeito com o resultado, pode refazer desde o início, ao clicar no botão para voltar ao início. O contorno que estiver na imagem antes de guardar é o que ficará registado.

4.2.2 O Dr. Joaquim faz uma segmentação manual

Para executar a segmentação manual, o Dr. Joaquim tem de estar com a sua sessão iniciada, que o redireciona para a janela onde é possível executar a segmentação de uma imagem. Na barra de ferramentas clica no botão para segmentar manualmente. O sistema altera a barra de ferramentas inicial (que tinha as ferramentas de desenho) para as ferramentas que são necessárias para realizar a segmentação manual. Para iniciar o contorno da lesão manualmente, clica no botão para adicionar pixels à área de contorno. O médico com o cursor

do rato começa a pintar a zona da lesão. Sempre que o sistema deteta o evento de *mouse up* retorna o contorno da pintura que o médico dentista fez por cima da lesão. Caso queira retirar contorno que não se enquadra à lesão, clica no botão para remover pixels da área de contorno e pinta o local correspondente. Após o sistema detetar o evento de *mouse up* retorna de imediato o resultado.

4.2.3 O Dr. Joaquim anota a lesão

Com a sessão iniciada o médico dentista, depois de fazer a segmentação da lesão, na mesma página faz a anotação da lesão, preenchendo os campos relativos ao diagnóstico, segmentação e imagem e clica no botão para guardar. O sistema verifica se todos os campos se encontram preenchidos. Em caso de sucesso, o sistema guarda toda a informação que foi inserida e o contorno da segmentação e avança para a próxima imagem. Caso contrário, é exibida uma janela de diálogo sobreposta à janela de anotação. Na janela de diálogo, o médico dentista é informado do que está acontecer e tem a hipótese continuar com ação ou cancelar a mesma. Se indicar que pretende continuar, o sistema não irá guardar qualquer informação que tenha sido indicada e avança para a próxima imagem. Se não continuar, retrocede para a janela anterior, e pode preencher os campos incompletos e voltar a guardar. O sistema irá voltar a verificar se todos os campos se encontram preenchidos antes de prosseguir.

4.3 REQUISITOS

Com base na literatura e pela análise dos cenários enquanto elementos representativos da funcionalidade que se espera obter, foram identificados um conjunto de requisitos:

Requisitos funcionais para anotação da lesão:

- Possibilitar a delimitação da região afectada por uma lesão usando abordagens semi-automáticas;
- Permitir o ajuste dos diferentes parâmetros dos métodos propostos para refinamento dos resultados obtidos com a ferramenta;
- Suportar edição manual das regiões identificadas como lesões;
- Suportar um processo estruturado (por passos) que permita guiar o utilizador ao longo do processo de anotação das imagens;
- Permitir guardar as anotações para cada imagem;
- Permitir consultar anotações previamente efetuadas.

Adicionalmente, dadas as características de potencial complexidade da forma e aspeto das lesões, assim como a variabilidade da qualidade de imagem (e.g., foco, iluminação, artefatos), considerou-se relevante identificar um conjunto de requisitos que permitam aferir estes aspetos, nomeadamente:

Requisitos funcionais para as condições de anotação:

- Registrar a dificuldade sentida na anotação da imagem;

- Registrar a qualidade da imagem;
- Recolher informação sobre o diagnóstico possível e a confiança do médico ao fazê-lo.

Finalmente, no sentido de tentar abranger uma variedade de lesões considerável, e tendo por base a literatura e as experiências descritas no capítulo anterior, foram definidas como características essenciais a considerar, nos métodos a disponibilizar:

- Cor da lesão;
- Delimitação da lesão;
- Textura.

A cor da lesão foi um dos primeiros requisitos a considerar. Para obter um contorno semi-automático, experimentou-se ignorar o facto de haver lesões brancas ou vermelhas e tentar um método que abrangesse ambos os casos. Contudo, os resultados não permitiam alcançar um contorno da lesão satisfatório. Por isso, foi implementado um algoritmo que considera a cor da lesão, abordando de modo distinto os contornos das lesões vermelhas e brancas. Neste sentido, a cor da lesão foi um requisito importante para se obter um bom resultado do contorno da lesão.

No que respeita o método de contorno, uma abordagem inicial consistiu em estudar o pixel central na imagem, associando que a lesão estaria centrada na imagem. Porém, um estudo efetuado sobre o recorte de várias imagens realizado por diferentes profissionais da saúde oral conclui que os recortes afectam os resultados do diagnóstico [12]. Com base nestes resultados, não se pode considerar, à partida, que a lesão estará centrada na imagem, pois iria conduzir a um erro de identificação que pode ser determinante em qualquer caso: tanto a nível de estudo de contorno, quanto a nível de estudo de classificação da lesão. Por isso, foi preciso considerar que a lesão fosse delimitada pelo médico dentista. O estudo [11] concluiu que a textura da lesão é uma característica que ajuda a discriminar lesões de cancro oral, por isso foi também um requisito considerado na ferramenta desenvolvida.

Ao identificar os requisitos fundamentais para fazer a anotação da lesão baseado na imagem, depois com o cruzamento dos dados é possível fazer uma identificação semi-automática das lesões.

4.4 PRIMEIRO PROTÓTIPO DE ALTA-FIDELIDADE

O primeiro protótipo de alta fidelidade foi construído propositadamente para ser levado para a discussão com os utilizadores alvo do mesmo. Trata-se de uma versão que foi desenvolvida de forma a que cumprisse a lista de requisitos referidos na secção anterior. O objetivo era existir uma base visual da ideia que foi proposta aos médicos dentistas, para que a conversa tivesse fundamento e que ambos os intervenientes conseguissem entender-se perfeitamente. Partindo do facto que os profissionais de saúde não estão habituados a ouvir certos termos tecnológicos, que seriam complicados de explicar verbalmente, decidiu-se que seria mais fácil transmitir a ideia com uma amostra visual.

4.4.1 Primeiro protótipo

A lógica idealizada para a interface da ferramenta foi pensada para que fosse prática, por isso existe só uma página onde o utilizador executa a segmentação e a anotação da lesão. A figura 4.2 retrata a página que o utilizador visualiza, caso existam lesões para serem segmentadas, assim que inicia a sessão na sua conta. Como já foi referido, existem duas iterações na página: uma à esquerda e outra à direita, sendo uma complementar à outra. A ideia por trás desta opção foi o utilizador começar por fazer a segmentação da lesão que se encontra no lado esquerdo, e só depois avançar para anotação que se encontra no lado direito da figura 4.2.



Figura 4.2: Primeira janela visualizada ao entrar na ferramenta.

A segmentação semi-automática da lesão encontra-se dividida por passos, e em cada passo encontra-se, no topo da página, uma descrição a explicar o seu objetivo. A figura 4.2 exemplifica a página relativa a este primeiro passo. O utilizador tem duas formas de segmentação à sua disposição. Pode optar por uma segmentação manual, onde pinta a lesão e o resultado do contorno será fornecido pelos limites da pintura. Esta abordagem é possível através da utilização das ferramentas que se encontram na página da segmentação manual, como podemos ver na figura 4.3. Em alternativa, pode optar por uma segmentação semi-automática, onde inicialmente tem de delinear a região de interesse usando uma das ferramentas de desenho disponíveis. No segundo passo poderá observar na imagem o contorno da lesão resultante do algoritmo ¹. Na figura 4.4 podemos verificar uma imagem com o contorno da lesão a azul. Neste passo o utilizador pode ajustar o contorno da lesão, alterando o valor de *threshold*, através da barra deslizante ou dos botões mais (+) e menos (-).

¹O funcionamento do algoritmo encontra-se explicado no capítulo 3



Figura 4.3: Segmentação manual.



Figura 4.4: Segundo passo da segmentação semi-automática.

O terceiro passo da segmentação semi-automática tem o mesmo objetivo que o segundo, a diferença está que neste passo o ajuste é feito de uma forma manual e não semi-automática. Este é um dos passos que serve para fazer os últimos ajustes na lesão através das ferramentas disponíveis, caso necessário. Neste passo o utilizador pode retirar pixels à área do contorno da lesão ou adicionar. As ferramentas são as mesmas que estão disponíveis na segmentação

manual, alterando apenas o facto de a imagem já se encontrar contornada. A figura 4.5 retrata a página do terceiro passo, mostrando as semelhanças com a página da figura 4.3. A partir deste passo, se o utilizador estiver satisfeito com o contorno da lesão representada, pode seguir para a segunda parte de interação da ferramenta. A segunda parte concerne ao preenchimento dos campos solicitados, que são referentes ao diagnóstico da lesão. Na primeira coluna o utilizador indica o tipo de lesão e auto-avalia o seu diagnóstico, ou seja, caracteriza o grau de confiança que tem na sua resposta. Na segunda coluna indica a fiabilidade da segmentação, tendo também a hipótese de indicar uma razão caso não tenha sido possível segmentar a lesão da imagem da cavidade oral. A terceira coluna possibilita indicar a qualidade de imagem da lesão, pois nem todas as imagens são recolhidas com a melhor qualidade, sendo que em casos extremos, será impossível identificar qualquer tipo de lesão devido à fraca qualidade das mesmas.

Annotate Sair

Passo 3: Ajuste final, caso necessário. Adicione (👁) ou elimine (✂) pixels que fazem ou não parte da lesão.

Cor da lesão: Vermelha

Nome_da_imagem.jpg

Diagnóstico

Tipo de lesão
Nada selecionado

Fiabilidade do diagnóstico:
Com muitas dúvidas Sem dúvidas

Diagnóstico impossível sem mais testes

Segmentação

Fiabilidade da segmentação:
Pouco precisa Muito precisa

Não consigo segmentar, porque...

Imagem

Qualidade da imagem:
Muito má Muito boa

Identificar outra lesão
Próxima imagem

Figura 4.5: Passo 3, da segmentação semi-automática.

Por fim, o utilizador avança, para a próxima imagem, e sempre que avança é verificado se os campos foram devidamente preenchidos. Caso os campos não se encontrem todos preenchidos será visualizada uma janela igual à da figura 4.6. Esta janela questiona se o utilizador pretende prosseguir para a próxima imagem, ficando a aguardar a resposta do utilizador se pretende prosseguir para a próxima imagem ou se volta para efetuar a anotação da lesão. De realçar que após este passo, caso o utilizador tenha prosseguido sem efetuar a anotação da lesão, a imagem da mesma volta a ficar disponível para anotação posterior. Este processo é encadeado, de modo que se voltam a repetir todos os passos do processo de segmentação e de anotação, até terminem de anotar todas as imagens, ou até se sair da página de anotação.

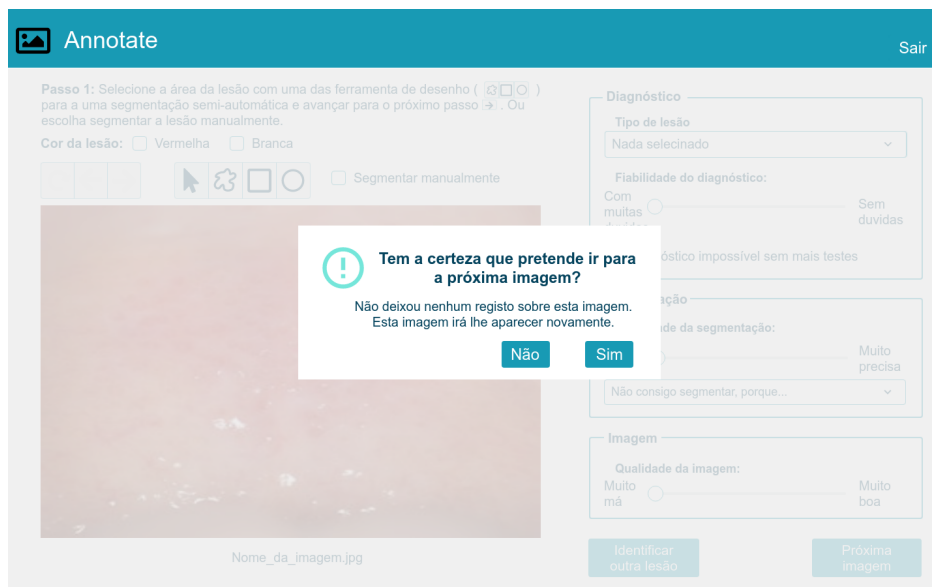


Figura 4.6: Janela com mensagem de verificação.

Foi definido que esta plataforma seria desenvolvida como uma aplicação web. Neste sentido, para garantir que só seria acessível por médicos dentistas autorizados, juntamente com o protótipo da ferramenta de segmentação, foram desenvolvidas as páginas referentes ao registo e início de sessão. As Figuras 4.7 e 4.8 mostram os protótipos desenhados para as páginas de registo e de início de sessão, respetivamente.



Figura 4.7: Página de registo



Figura 4.8: Página de iniciar a sessão.

4.4.2 Diálogo com os médicos dentistas

A reunião realizada com os médicos dentistas teve como principal propósito refinar o conhecimento que tínhamos da forma como as imagens são usadas e analisadas. Além disso, esta reunião também serviu para revelar o primeiro protótipo, que foi usado como base para a discussão do que poderia ser útil e utilizado para o desenvolvimento da ferramenta.

O primeiro tópico que foi abordado na reunião estava relacionado com a recolha dos dados, mais concretamente das imagens das lesões da cavidade oral. Pretendeu-se estabelecer uma base de sustento à importância de campanhas de rastreio de saúde oral e perceber as

dificuldades inerentes ao processo logístico de realizar uma montagem de rastreio. Outra questão relativa a este tema abordado, foi sobre a quantidade de dados que se costumam recolher, com o objetivo de perceber o volume de dados em causa e o tempo que demora por paciente a efetuar a análise de lesões da cavidade oral e a recolher imagens das mesmas. O segundo tópico a ser mencionado foi o contexto em que são mais utilizadas as imagens das lesões da cavidade oral. O objetivo foi perceber se os médicos dentistas recorrem mais às imagens num contexto clínico ou de ensino. Ou seja, se utilizam as imagens para acompanhar a evolução da lesão ao longo do tratamento de um paciente, ou para ensinar os futuros médicos dentistas a distinguir diferentes tipos de lesões orais.

Depois abordou-se como é efetuada a análise das lesões, que estão retratadas nas imagens da cavidade oral. A ideia foi perceber que características, normalmente, têm mais importância para identificar as lesões orais. Pretendeu-se também compreender se para além da observação da imagem é necessário ter informação adicional sobre o paciente para chegar a uma conclusão e quais as limitações encontradas ao efetuar um diagnóstico baseado na análise de imagens. No caso do ensino, intentou-se perceber quais as dificuldades que, normalmente, têm os alunos ao identificar uma lesão.

Por fim, era relevante obter a opinião sobre um sistema idealizado para auxiliar os médicos dentistas no processo de análise de imagens da cavidade oral. Na vertente clínica, um sistema que permitisse avaliar as imagens recolhidas num rastreio, apresentando as mesmas por ordem de gravidade para facilitar o encaminhamento do paciente para uma avaliação microscópica. E, por conseguinte, seguir para tratamento para que este fosse efetuado o mais rapidamente possível. Na vertente de ensino, um sistema que permitisse aos alunos procurar lesões com diferentes características.

A discussão foi bastante produtiva, cumpriu os objetivos e propósitos da mesma, e permitiu concluir diversos aspetos importantes para o desenvolvimento deste trabalho. Um dos aspetos que mais se destaca desta discussão, é o facto de que é impossível fazer um diagnóstico baseado apenas na análise da imagem da cavidade oral. Para um médico dentista conseguir diagnosticar o tipo de lesão que se encontra numa imagem, precisa de ter informações sobre as características da lesão. Algumas destas características só podem ser identificadas em contacto direto com o paciente. Além das características da lesão, são também pertinentes informações sobre o paciente, como por exemplo, o histórico familiar de casos de saúde e medicação atual, pois são informações relevantes para identificar o tipo de lesão. Mesmo para quem está a aprender, é importante ter presente a informação para poder avaliar o tipo de lesão. Assim, foi referido que são necessários vários tipos de dados para permitir identificar o tipo de lesão que se encontra numa imagem da cavidade oral. Estes dados são possíveis de recolher em campanhas de rastreio aquando do contacto com o paciente.

Contudo, foi fornecido nesta discussão um conjunto de características que são suficientes para descartar vários tipos de lesões e efetuar um possível diagnóstico. Este conjunto permite, principalmente, distinguir uma lesão com potencialidade de vir a ser maligna de uma lesão com menor gravidade. Assim, foram fornecidas as seguintes características, que um especialista consegue identificar ao observar a lesão no local:

- Cor da lesão;
- Lesão ulcerada;
- Lesão com hemorragia;
- Localização da lesão na cavidade oral;
- Lesão endurecida;
- Lesão com aspeto verrucoso;
- Aparência homogénea ou irregular da lesão;
- Elevação da borda da lesão;
- Lesão vascularizada.

O seguinte conjunto de características, mencionado como relevante para a identificação da lesão, é relativo a informação sobre o paciente:

- Idade;
- Género;
- Se fuma regularmente;
- Se bebe álcool com regularidade;
- Histórico familiar de casos de lesões orais;
- Medicação atual;
- Crescimento rápido ou lento da lesão;
- Se verificou alguma regressão;
- Duração da lesão;
- Se a lesão provoca dores.

Após a partilha de ideias com os utilizadores, foi apresentado o protótipo da primeira versão da ferramenta, que foi abordado no tópico anterior, sendo exemplificado como se utilizava a mesma. No geral acharam uma ideia interessante, uma vez que dispõe de registos de lesões da cavidade oral com dados relevantes agregados. Podendo proporcionar pesquisas baseadas nas características e desenvolver futuros projetos que promovem o auxílio e prevenção de doenças graves, como o caso do cancro oral.

4.4.3 Protótipo reestruturado

A discussão com os especialistas trouxe mais enriquecimento para a ferramenta do ponto de vista dos utilizadores. No final da discussão com os médicos dentistas verificou-se que era necessário acrescentar mais requisitos para diagnosticar uma lesão, para além dos que já tinham sido identificados. Isto teve um grande impacto nos requisitos inicialmente considerados, pois após a reunião concluiu-se que é preciso abranger mais requisitos. Consequentemente, concluiu-se também que é necessário ter em posse muitos dados que são recolhidos no local. Visto que não existia uma base de dados com toda esta informação disponível, não era possível concluir o objetivo inicial de obter uma ferramenta para a classificação, ainda que semi-automática, de lesões orais. Para tal, era necessário possuir um vasto conjunto de lesões com as características referidas associadas, de modo a permitir a construção de um método que classificasse a lesão. O conjunto das características anteriormente mencionado faz parte

dos novos requisitos, no entanto não foi todo incluído na nova reestruturação da ferramenta, mas foi considerado a maioria das características relevantes.

Visto ser necessário acrescentar os novos requisitos na ferramenta, teve-se de repensar na estrutura para poder introduzir os novos dados na mesma, continuando com objetivo de ter tudo numa só página. Depois de ter pensado em várias hipóteses, optou-se que ficaria mais prático acrescentar uma nova coluna com toda a nova informação que era necessária. A figura 4.9 retrata o protótipo reestruturado.

The screenshot shows the 'Annotate' interface with a teal header. The main content area includes a central image of a skin lesion, a 'Paciente' section with fields for age (59), sex (Masculino), and smoking habits, and a 'Lesão' section with various clinical questions. To the right, there are 'Diagnóstico' and 'Segmentação' sections with dropdown menus and sliders for 'Tipo de lesão', 'Fiabilidade do diagnóstico', and 'Fiabilidade da segmentação'. At the bottom right, there are buttons for 'Identificar outra lesão' and 'Próxima imagem'.

Annotate Sair

Passo 1: Selecione a área da lesão com uma das ferramenta de desenho (📏🔍) para a uma segmentação semi-automática e avançar para o próximo passo ➡️. Ou escolha segmentar a lesão manualmente.

🔍 📏 📏 🔍 Segmentar manualmente

Paciente
 Idade: 59
 Sexo: Masculino
 Bebe álcool regularmente: Sim
 Fuma regularmente: Sim

Lesão
 Cor: Vermelha
 Localização: Sem informação
 Duração (em semanas): Sem informação
 Como a lesão tem crescido? Sem informação
 O paciente sente dor? Sem informação
 A lesão encontra-se ulcerada? Sem informação
 Encontra-se alguma hemorragia na área da lesão? Sem informação
 Qual a aparência da lesão? Sem informação
 Como é a extremidade da lesão? Sem informação
 A lesão encontra-se endurecida? Sem informação
 A lesão é verrucosa? Sem informação

Diagnóstico
 Tipo de lesão: Nada selecionado
 Fiabilidade do diagnóstico: Com muitas duvidas (slider) Sem duvidas
 Diagnóstico impossível sem mais testes

Segmentação
 Fiabilidade da segmentação: Pouco precisa (slider) Muito precisa

Imagem
 Qualidade da imagem: Muito má (slider) Muito boa

Nome_da_imagem.jpg

Identificar outra lesão Próxima imagem

Figura 4.9: Protótipo reestruturado com as novas caraterísticas.

4.5 PROTÓTIPO FUNCIONAL

A presente secção explica como foi implementada a ferramenta multiplataforma, abordando a arquitetura do sistema e o desenvolvimento desta, referindo também as tecnologias que foram integradas na ferramenta.

4.5.1 Arquitetura

A figura 4.10 mostra um diagrama da arquitetura do protótipo funcional. Para desenvolver este projeto decidiu-se utilizar a *framework Flask*, que usa a linguagem *Python*. A interface da ferramenta foi desenvolvida utilizando as linguagens de HyperText Markup Language (HTML), *JavaScript* e Cascading Style Sheets (CSS). Neste projeto foi integrado o *PostgreSQL* para guardar os dados de registo do utilizador e as características das lesões em formato JavaScript Object Notation (JSON). As imagens das lesões disponibilizadas aos médicos dentistas e

a máscara final da segmentação, obtida durante o processo de segmentação da lesão, são guardadas numa *cloud*, nomeadamente na plataforma *Cloudinary*. O código é alojado no *Heroku*, que coloca a ferramenta acessível aos utilizadores através do *web browser*.

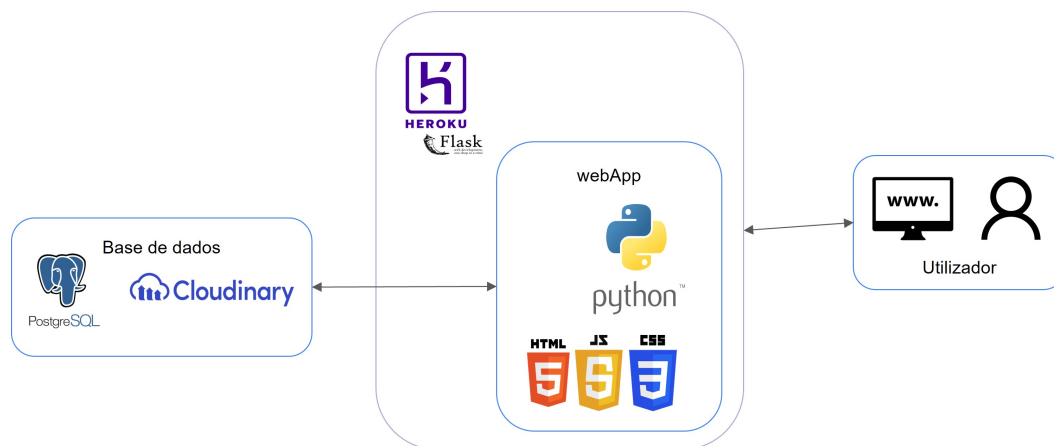


Figura 4.10: Vista geral da arquitetura do sistema desenvolvido.

Para se perceber melhor como se comporta o sistema com as bases de dados, segue-se um conjunto de representações das operações de comunicação entre a ferramenta e a base de dados. A primeira operação (Figura 4.11) retrata a forma como se acede aos dados do utilizador. O utilizador para aceder à ferramenta tem de estar registado na multiplataforma. Os dados para criar a conta são introduzidos pelo utilizador quando efetua o registo na multiplataforma. A aplicação está configurada para estabelecer a conexão com o *postgreSQL*, na realização de um registo e após validação dos dados inseridos é feito um *commit* para a base de dados. A palavra-passe é encriptada antes de ser guardada na base de dados, o que a torna mais segura. Outra operação que permite aceder à informação do utilizador na base de dados, é o iniciar a sessão, onde a aplicação confirma se as credenciais do utilizador correspondem com algum dos registos que se encontram na base de dados. Por isso, é feita uma consulta de verificação se o email inserido se encontra na base de dados, seguida da verificação se a palavra-passe inserida corresponde à que se encontra associada ao registo.

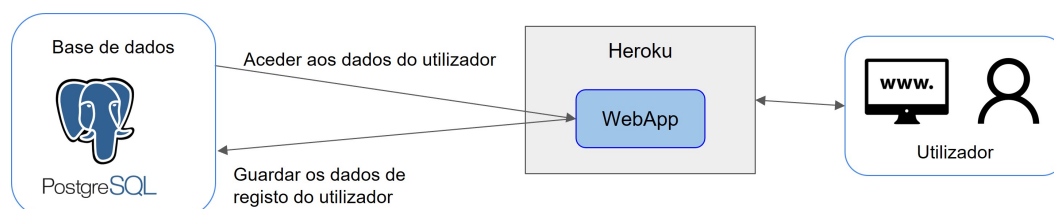


Figura 4.11: Representação do sistema de acesso aos dados do utilizador.

Na mesma base de dados referida anteriormente, existe uma outra tabela, que serve para guardar a informação relativa às imagens. O *postgreSQL* permite armazenar dados do tipo

de JSON, para esta tabela foram criadas as colunas de id, que é a chave primária para cada nova inserção, o nome da imagem e a coluna referente ao JSON. O esquema da Figura 4.12 retrata o pedido de acesso efetuado pela *webApp* à base de dados, onde a aplicação, sempre que recebe o resultado de pesquisa da base de dados, tem de efetuar uma desserialização ao valor que é retornado da coluna do JSON. Uma vez que este é recebido numa sequência de *bytes*², e para trabalhar com os dados é necessário recuperar o objeto, por isso é necessário efetuar a desserialização. Contudo, o processo inverso, também implica que haja alteração do objeto para sequência de *bytes*, para que o JSON seja guardado na base de dados. Por isso, antes de enviar os dados para a base de dados é efetuada uma serialização, que é o processo que converte o objeto numa sequência de *bytes*.

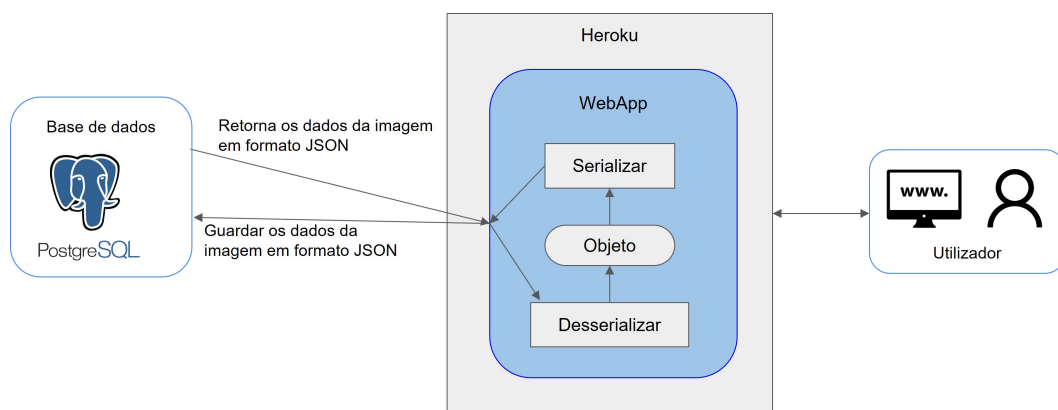


Figura 4.12: Representação do sistema de acesso aos dados das imagens.

Na multiplataforma foi configurada outra base de dados, que é uma *cloud* onde se encontram armazenadas numa pasta as imagens das lesões da cavidade oral e as máscaras relativas à segmentação encontram-se noutra pasta. A Figura 4.13 representa o sistema de acesso às imagens. Sempre que um utilizador inicia a sessão na ferramenta é feito um pedido à base de dados para retornar todas as imagens de lesões, ela responde com um ficheiro em formato JSON contendo informação de todas as imagens que se encontram armazenadas. Esta informação contém o *url* de acesso à imagem, que é usado para a imagem ser visualizada na interface. Na *webApp* é feita uma seleção das imagens que o utilizador já anotou e as que ainda faltam por anotar, garantindo assim que não volta a anotar a mesma lesão. Além da anotação, o utilizador tem que efetuar também a segmentação da lesão. Por conseguinte, o resultado dessa segmentação tem de ser guardado, e para isso é feito um pedido de *upload* para máscara ser guardada na *cloud*, onde esta retorna a informação em formato JSON relativa à imagem que acaba de ser guardada. O *url*, que consta na informação para ter acesso à imagem é guardado no JSON relativo à imagem, na secção referente às anotações dos utilizadores.

² *bytes* é uma unidade em que são medidos os dados da informação digital, 1 byte corresponde a 8 bits

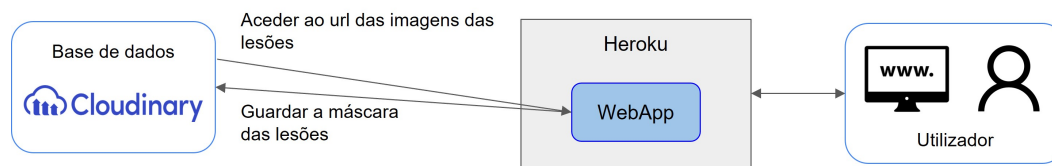


Figura 4.13: Representação do sistema de acesso às imagens das lesões.

4.5.2 Desenvolvimento

O desenvolvimento da ferramenta envolveu uma pesquisa para definir qual seria a melhor abordagem para elaborar o protótipo. Desde o início foi planeado que ia ser uma aplicação *web*, para que fosse mais fácil a distribuição e o seu acesso por parte dos utilizadores. Antes da elaboração da ferramenta, já tinha sido desenvolvido o método que fazia a segmentação semi-automática da lesão. Este método foi elaborado em *Python*, usando a biblioteca *OpenCV*, que é uma biblioteca de código aberto para computação visual.

Como o método estava desenvolvido em *Python*, decidiu-se utilizar uma *framework* que tivesse escrita na mesma linguagem, para facilitar a integração do algoritmo de segmentação na ferramenta. A *framework* escolhida foi o *Flask*, que é um *microframework* em linguagem *Python*, que foi construído para desenvolver de uma forma mais rápida aplicações *web*. Tem uma abordagem simples, não tem dependências de bibliotecas externas, mas permite a incorporação das bibliotecas caso seja necessário para o desenvolvimento da aplicação *web*. Apesar desta *framework* não ter integrada base de dados, validação de formulários, sistemas de autenticação abertos, entre outras bibliotecas, permite escolher a integração de acordo com as funcionalidades que se pretendem implementar na aplicação, [21].

A nível da implementação da interface gráfica da ferramenta multiplataforma foram utilizadas as linguagens de HTML, *JavaScript* e CSS. O HTML é uma linguagem que permite estruturar uma página *web*, com o recurso a cabeçalhos, parágrafos, imagens, *canvas*, entre outros elementos que a linguagem permite usar. Esta linguagem pode ser auxiliada com outras tecnologias como o CSS e o *JavaScript*. O CSS é usado para construir o estilo dos elementos escritos em HTML, e é com essa finalidade que é utilizado. O *JavaScript* é uma linguagem que permite criar conteúdo que se atualiza dinamicamente, permitindo controlar multimédia, imagens animadas, entre outros tipos de conteúdos que podem ser aplicados com esta linguagem [22], [23]. Uma das partes da ferramenta implica que o utilizador desenhe na interface e que esse desenho seja produzido em tempo-real. Para corresponder a essa necessidade foi introduzido o elemento *canvas* do HTML auxiliado com o *JavaScript*, que permitiu obter o comportamento esperado na interface.

Integração do método semi-automático na multiplataforma

A metodologia que foi abordada no Capítulo 3 foi desenvolvida usando a biblioteca *OpenCV* na linguagem *Python*. Para testar o método, a implementação encontrava-se adaptada ao ambiente gráfico do *OpenCV*, o que não se enquadrava para ser usada na aplicação *web*. Por isso, foram acrescentadas novas funções que correspondem aos desafios de integração do método na interface *web*.

O primeiro desafio que surgiu foi a integração do desenho que o utilizador efetua na interface *web*, considerando que este podia ser um desenho livre, um quadrado ou uma elipse/círculo, no método. Para resolver este problema foi adicionada uma função, que corresponde a cada um destes métodos de desenho, em que recebe as coordenadas do desenho como argumento e replica esse desenho na imagem previamente lida no *openCV*. As restantes etapas para obter a segmentação semi-automática são as que já foram mencionadas no capítulo 3. No final destas funções, o resultado da imagem é guardado numa pasta local, onde depois a ferramenta acede para colocar essa imagem para a interface *web*.

O outro desafio que surgiu foi conciliar a alteração do *threshold* efetuada pelo utilizador com o resultado obtido, tendo sido necessário acrescentar mais funções no método para aceitar o novo valor de *threshold* como argumento. Este valor é, em seguida, aplicado na região de interesse, que foi salvaguardada na primeira interação em que o utilizador definiu a região de interesse. No final é retornado o novo contorno.

Quando o utilizador remove ou adiciona pixels, a tarefa é mais simples pois trata-se de um círculo de tamanho fixo. Por isso, só foi necessário recolher os vários pontos centrais do círculo e aplicar diretamente como máscara de contorno da lesão. Para remover, o processo é semelhante, só que invés de pintar os círculos de branco, são pintados de pretos, para que a zona em que foram inseridos seja excluída do contorno.

Envio de dados entre o JavaScript e o servidor

O envio de dados entre o *JavaScript* (página *web*) é feito através de uma solicitação HTTP. A solicitação é realizada através da criação do objeto *XMLHttpRequest* (XHR), abertura do *url* e envio da solicitação. Neste trabalho é enviado um conjunto de dados (como as coordenadas do desenho, valores de *threshold*, entre outras informações necessárias) em formato JSON. O objeto permite atualizar partes de uma página sem interferir com a atividade que o utilizador esteja a realizar. Os diferentes métodos que o objeto fornece, possibilitam que a imagem seja atualizada, assim que termina a transação dos dados.

Base de dados

O JSON é um formato baseado em texto padrão que representa dados estruturados com base no objeto *JavaScript*. O formato deriva da sintaxe *JavaScript*, contudo é um formato independente e adaptável a outras linguagens de programação que tem capacidade para ler e gerar JSON [24]. Este formato é muito usado para serializar e efetuar transferência de dados em aplicações *web*. Permite o processo de serialização, que consiste em transformar a estrutura de dados em um formato possível de armazenamento em ficheiros, *buffers* de memória ou transmitir numa conexão de rede, sendo, depois possível recuperar a estrutura através do processo de desserialização, [25].

O desenvolvimento da multiplataforma de suporte à construção de uma base de dados encontra-se em processo de desenvolvimento, ou seja é suscetível a uma constante adaptação, até se tornar legível. Por isso, decidiu-se usar o formato JSON como base de dados para salvaguardar a anotação, uma vez que este formato tem mais flexibilidade de se adaptar que um modelo de base de dados relacional. Outras das vantagens de usar este formato é que

existem bases de dados relacionais que usam o formato JSON, como por exemplo, o *MongoDB*, o que permite, que trabalhos futuros, possam adaptar a outro tipo de base de dados, como a relacional, [25]. A estrutura do objeto foi construída com foco central na lesão. A Figura 4.14, mostra a estrutura do JSON desenvolvido no projeto.

```
{
  "image": {
    "name": ".jpg",
    "width": null,
    "height": null
  },
  "patient": {
    "gender": "",
    "age": 0,
    "alcoholic": true,
    "smoker": true
  },
  "doctors": [{
    "name": "",
    "annotation": {
      "diagnosis": {
        "lesion": "",
        "reliability": 0,
        "moreExams": null
      },
      "segmentation": {
        "reliability": 0,
        "reason": ""
      },
      "quality": 0
    }
  },
  "mask": null
}],
  "general": {
    "characteristics": {
      "color": "",
      "localization": "",
      "duration": null,
      "growth": null,
      "pain": null,
      "ulcerated": null,
      "bleeding": null,
      "appearance": "",
      "extremity": "",
      "hardened": null,
      "wart": null
    },
    "additional_information": {
      "microscopic_diagnosis": ""
    }
  }
}
```

Figura 4.14: Estrutura JSON utilizada no projeto.

As imagens das lesões orais foram armazenadas na *Cloudinary*, que fornece um serviço de *cloud* e tem API's que permitem, facilmente, fazer a integração em qualquer estrutura de desenvolvimento *web*, [26]. Uma vez que era necessário colocar as imagens num serviço que permitisse o acesso remoto às mesmas, e que permitisse fazer *upload* das máscaras, foi decidido utilizar este serviço, que cobria as necessidades para o desenvolvimento da multiplataforma. Para além de ser possível aceder às imagens através do *url* e fazer *upload*, também permite fazer transformações diretamente nas imagens, por linha de código ou pela interface da página da *Cloudinary*.

O armazenamento dos dados de registo do utilizador e da informação relativa à imagem da lesão foram integradas na base de dados *PostgreSQL* que foi integrada na estrutura de desenvolvimento da ferramenta. O *PostgreSQL* é um sistema de base de dados relacional de código aberto disponível gratuitamente. Os dados de utilizador e das imagens encontram-se

em duas tabelas distintas. Na tabela do utilizador foram criadas as colunas relativas ao id, que é a chave primária, nome do utilizador, email e palavra-passe. Na tabela de informação das imagens das lesões orais encontram-se as colunas, respetivamente, para o id, que é a chave primária, para o nome da imagem da lesão e para a estrutura de dados JSON relativo à imagem. Esta estrutura de dados contém toda a informação das características da lesão e as anotações realizadas pelos utilizadores na imagem.

Sistema de autenticação

Para gerir a autenticação do utilizador foi importada a biblioteca *flask-logins*, que permite garantir que os utilizadores se encontram conectados para aceder ao conteúdo, sendo que é preciso estar com a sessão iniciada. Quando a sessão é iniciada o id do utilizador ativo é armazenado, facilitando as verificações de conexão do utilizador e a sua desconexão da sessão quando invocada [27]. A validação dos dados inseridos no registo e na autenticação do utilizador são garantidas devido ao uso da ferramenta *Flask-WTForms*. Sempre que se verifica que os dados estão inválidos é retornada uma resposta ao utilizador a informar o problema através do sistema *flashing*. Este sistema permite gravar uma mensagem no final de uma solicitação e ser visualizada na próxima solicitação [28]. Por exemplo, ao validar as credenciais para iniciar a sessão, em que se verifica que não são válidas é criada a mensagem, e é redirecionado para a mesma página com a visualização dessa mensagem. Estas mensagens surgem em forma de *pop-up* no início da página.

Implementação da multiplataforma

No final da aplicação estar desenvolvida foi decidido hospedar a ferramenta numa plataforma online, para facilitar o acesso à ferramenta por parte dos médicos dentistas. O *Heroku* é uma plataforma com serviço de nuvem que permite aos desenvolvedores implementar, gerir e dimensionar aplicações *web*, de uma forma simples e flexível de se usar e está disponível para várias linguagens de programação [29]. Por estas razões, foi decido utilizar a plataforma *Heroku* neste trabalho. Outra vantagem desta plataforma é a implementação do código ser automática, quando o programador faz uma solicitação *push* a um repositório *GitHub* remoto.

No Anexo 5 encontram-se imagens da primeira versão funcional da multiplataforma de anotação de imagens da cavidade oral, sendo possível verificar que está de acordo com o protótipo que tinha sido construído. À exceção do botão “identificar outra lesão” que não foi implementado, porque não se identificou como uma funcionalidade prioritária para esta fase inicial, uma vez que nenhuma das imagens disponíveis continha mais que uma lesão. Portanto, foi decidido que será implementado numa segunda versão.

4.6 VÍDEO DE CONTEXTUALIZAÇÃO DE USO

Considerando que os utilizadores não se encontram familiarizados com a multiplataforma, desconhecem como esta funciona. Foi decidido desenvolver um vídeo com uma demonstração de um cenário de uso real, e, em simultâneo, uma explicação da realização dos diferentes processos. Este tutorial teve o objetivo de servir como uma contextualização e apoio à interação

com a ferramenta por parte dos utilizadores. O vídeo está disponível na multiplataforma, apenas para os utilizadores que tenham efetuado o registo na plataforma. A figura 4.15 retrata como é apresentado o vídeo na multiplataforma, onde se pode verificar que se encontra alojado na plataforma *Youtube*. Mesmo estando o vídeo alojado num serviço externo, este encontra-se privado, sendo só acessível aos utilizadores com sessão iniciada.

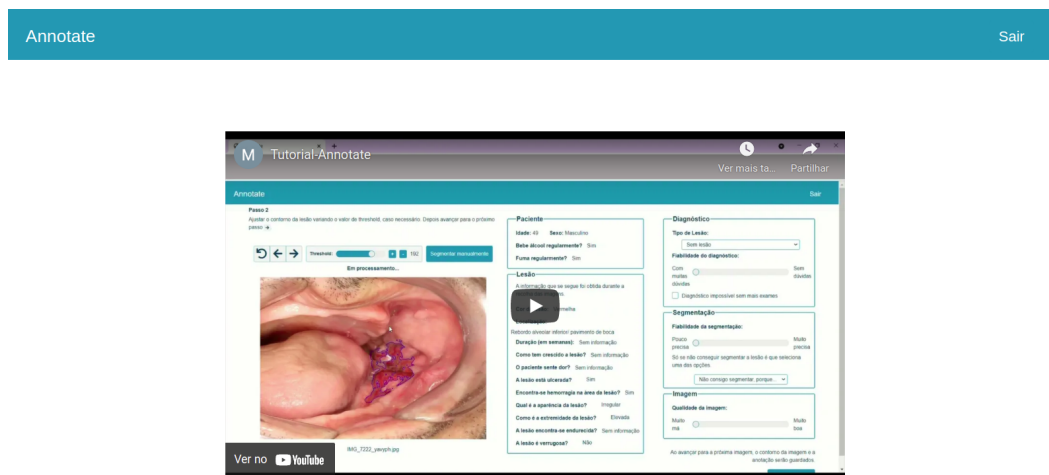


Figura 4.15: Retrato do vídeo na multiplataforma

4.7 AVALIAÇÃO DA INTERFACE

Nesta secção apresentam-se os resultados relativos à realização de algumas tarefas, por parte dos utilizadores, na ferramenta desenvolvida.

4.7.1 Métodos

Para se proceder à avaliação do estado atual da ferramenta proposta, foi decidido, nesta fase, envolver os médicos dentistas numa utilização mais real da ferramenta. Ainda que esta pudesse não estar num estado de maturidade da sua usabilidade avançado, dadas as restrições temporais de um trabalho de dissertação, foi julgado importante obter *feedback* dos utilizadores alvo da mesma.

Nesse sentido foi pedido a seis participantes (médicos dentistas e assistentes dentários) que, usando a ferramenta proposta, colocada online para possibilitar o acesso remoto, concretizassem as tarefas listadas na Tabela 4.1. Estas tarefas foram selecionadas tendo por base os cenários de uso identificados no início deste capítulo, refinados pela conversa com os médicos. Foram também escolhidas de forma a consolidar um conjunto de tarefas típicas, que serão executadas quando a ferramenta estiver em total funcionamento.

Foram disponibilizadas para anotação, por parte dos participantes, quatro imagens de lesões da cavidade oral. Estas lesões foram escolhidas de forma a ter uma gama representativa de diferentes tipos de lesões (Figura 4.16).

Para tornar mais fácil para os participantes a compreensão das diferentes partes da ferramenta e suas funcionalidades, foi criado um vídeo explicativo, que pode ser acedido

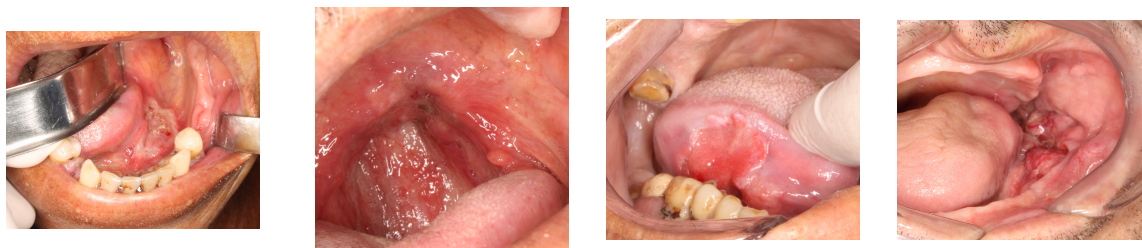


Figura 4.16: Imagens disponibilizadas para anotação

através do link³. Adicionalmente, os participantes receberam ainda uma folha de instruções, com as tarefas a executar, assim como uma tabela com questões, onde poderiam responder sobre a sua interação com as diferentes funcionalidades. Uma dessas questões, por exemplo, é sobre o tempo demorado para executar cada tarefa (esta tabela pode ser consultada no Anexo 5). Ainda que tivesse sido mais informativo conduzir esta avaliação adotando um protocolo de observação e “Think Aloud”, as condicionantes de saúde pública, devidas à pandemia, dificultaram a sua realização, tendo a abordagem escolhida sido uma alternativa de compromisso.

Finalmente, depois de executadas todas as tarefas, foi pedido aos participantes que preenchessem um questionário System Usability Scale (SUS) para aferir a sua satisfação ao utilizar a ferramenta (versão portuguesa, disponibilizado no Anexo 5).

Tarefas	
1.	Na imagem apresentada obtenha o contorno da lesão com as ferramentas que se encontram à disposição
2.	Preencha as colunas relativas ao diagnóstico, segmentação e qualidade de imagem
3.	Avance para a próxima imagem

Tabela 4.1: Tarefas realizadas pelos participantes na ferramenta.

4.7.2 Resultados

Para além das tarefas que foram mencionadas na Tabela 4.1, foi solicitado aos participantes visualizassem o tutorial, que dava uma breve explicação de como funciona a ferramenta. No questionário fornecido aos utilizadores, foi-lhes pedido uma opinião sobre se achavam o tutorial intuitivo. A maioria dos participantes consideraram o vídeo intuitivo, e por isso, considera-se que o tutorial está adequado ao objetivo para o qual foi preparado.

Analisando as respostas dos participantes relativas à execução das tarefas propostas, no geral, todos os intervenientes responderam afirmativamente que completaram todas as tarefas com sucesso. As respostas à questão relativa ao tempo que os participantes estimam ter gasto ao executar cada tarefa, variam entre 30 segundos a 5 minutos. Este tempo mencionado pelos utilizadores é só uma estimativa, sendo que não existiu controlo do tempo que foi

³<https://www.youtube.com/embed/eKncI8BqhQM>

dispensado, verdadeiramente, em cada tarefa. Nos casos em que os participantes indicaram que dispensaram 5 minutos, este tempo pode estar relacionado com a dificuldade que sentiram ao executar a tarefa ou relacionados com dificuldades na identificação da lesão na imagem. Na questão sobre se tinha existido necessidade de recomeçar a tarefa do início ou ter corrigido algum erro que tivesse cometido, a maioria respondeu que não teve problemas. Contudo, nos casos onde isso aconteceu, uma vez que todos completaram a tarefa, significa que qualquer que tenha sido o erro, os participantes conseguiram contornar o mesmo através dos recursos que se encontram disponíveis na ferramenta. Relativamente ao grau de dificuldade sentido na execução das tarefas, em cada uma das imagens, existe uma oscilação dos resultados entre os participantes e entre as imagens. Por isso, carece de uma análise mais detalhada relativa a esta questão, pois estas dificuldades podem ser dependentes das características da lesão, da qualidade da fotografia ou da sensibilidade do participante.

Na primeira tarefa da Tabela 4.1, a questão relativa ao grau de dificuldade encontra-se repartida em duas etapas que precisam de resposta. A primeira é referente à delimitação da área da lesão efetuada pelos participantes, e a segunda está relacionada com o ajuste do contorno da lesão. Em relação às respostas relativas à primeira parte da tarefa, a maioria indicou uma dificuldade de escala 3, o que significa que a execução da tarefa é de dificuldade intermédia. Isto leva à conclusão que a interação com a ferramenta é aceitável para executar a tarefa. Em relação às respostas da segunda parte, a opinião encontra-se dividida entre a escala de neutralidade e a escala de difícil, o que indica que é necessário rever o funcionamento da interação desta parte da tarefa. Quanto à segunda tarefa, que solicitava para preencher as colunas de diagnóstico, segmentação e de qualidade de imagem, a maioria dos participantes indicou uma dificuldade intermédia para a realização desta tarefa. Este resultado médio da dificuldade, mencionada pelos participantes, indica que é aceitável a forma como se encontra integrada a execução da tarefa na ferramenta. Na terceira tarefa, que consistia em avançar para a próxima imagem, a maioria dos participantes achou a tarefa muito fácil.

O conjunto de tarefas mencionado, foi replicado para ser executado em mais três imagens de lesões. Quanto à avaliação relativa ao grau de dificuldade das tarefas nas restantes três imagens, verificou-se, que em algumas imagens era mais difícil realizar as tarefas do que noutras. Verificou-se ainda que este comportamento foi mais acentuado na primeira tarefa, onde os participantes tinham de obter o contorno da lesão. Estas avaliações reforçam a necessidade, que já tinha mencionada anteriormente, de revisão do procedimento desta tarefa para melhorar a qualidade de segmentação da lesão. Uma das sugestões dos participantes, para melhorar a execução desta tarefa, foi acrescentar a funcionalidade de fazer zoom na imagem. Nas restantes duas tarefas, a maioria dos participantes indicou que sentiu a mesma dificuldade que tinha tido durante a realização destas tarefas na primeira imagem.

Relativamente ao facto de o grau de dificuldade na mesma tarefa ir alternando nas diferentes imagens, as respostas indicam que o grau de dificuldade da tarefa também reflete o desafio que tiveram em identificar cada lesão na imagem. Nem todas as imagens das lesões que foram disponibilizadas continham uma lesão que fosse facilmente identificada na imagem para ser delimitada. Este facto é normal, o conjunto de imagens disponibilizado foi selecionado

para se aproximar de uma situação real, onde nem todas as imagens têm lesões facilmente identificadas pela imagem. Por outro lado, a dificuldade sentida quanto à identificação da lesão, também pode ter sido devido às limitações da funcionalidade de auxílio da segmentação que a multiplataforma apresentava, como o facto mencionado de não ter zoom.

No questionário que foi entregue aos participantes existem duas perguntas de resposta aberta, uma delas é sobre se as imagens dos botões das ferramentas para o desenho eram apropriadas à funcionalidade do botão, a totalidade afirmou que sim. É uma questão relativa ao design que é relevante para as funcionalidades da aplicação. De acordo com as respostas, o mesmo não precisa de ser alterado, uma vez que se percebe a sua função. A segunda pergunta era uma opinião geral da ferramenta. Em suma, os participantes acharam esta multiplataforma uma ferramenta útil e complexa, contudo foi frisado que era complicado definir um diagnóstico concreto da lesão com a pouca informação disponibilizada. Neste sentido, pode ser utilizada como forma de diagnóstico diferencial, ou seja, indicar se a lesão tem potencial para ser maligna ou não, por exemplo. Também foi referido que devia incluir a hipótese de seleccionar vários tipos de patologias que possam estar associadas ao tipo de lesão.

O questionário SUS serviu para aferir a satisfação da utilização da ferramenta. O SUS é composto por dez afirmações que são classificadas em uma escala de *Likert* de 5 pontos. No final, a fórmula definida por *Brooke* [30] é aplicada às respostas. Esta fórmula dá um resultado entre 0 e 100, que depois é comparado com o valor médio do SUS. Este valor médio é o 68 [31], onde resultados acima de 68 são considerados positivos e a ferramenta é considerada aceitável. Analisando a avaliação de cada uma das respostas do SUS, verifica-se que a maioria dos resultados são acima do valor médio estipulado. A média dos resultados da fórmula definida por *Brooke* de todos os participantes é 72, o que leva a concluir que a ferramenta é satisfatória a nível de usabilidade.

4.8 CONCLUSÃO

As personas, os cenários e os requisitos que foram inicialmente averiguados para o desenvolvimento do projeto serviram como fundamento para a construção do protótipo inicial. Este protótipo foi desenvolvido com o propósito de ser utilizado como base de discussão com os médicos dentistas para o presente trabalho. Desta discussão resultou uma nova lista de requisitos, por refinamento e expansão da inicial, que foram definidos como fundamentais para realizar a anotação de uma lesão da cavidade oral.

Com os novos dados, o protótipo sofreu uma reestruturação para incluir os novos requisitos, seguindo para implementação de uma ferramenta operacional. Para facilitar o acesso dos utilizadores à ferramenta, ficou definido que esta tinha de ser disponibilizada online. Para tal, foi necessário introduzir uma página de registo e início de sessão. Terminada a implementação, a ferramenta seguiu para avaliação por parte de médicos dentistas e assistentes dentários.

Nesta fase a avaliação foi propositadamente executada com poucas imagens, procurando-se que fossem representativas de diferentes tipos de lesões orais. Como explicado, e dadas as limitações de tempo, e ainda que a ferramenta esteja apenas na sua primeira versão (suscetível, portanto, de ter problemas mais evidentes de usabilidade por detetar) foi julgado importante

ter a opinião dos médicos. No entanto, se algum problema na ferramenta tornasse morosa ou muito difícil a segmentação, a disponibilização de um número reduzido (mas representativo) de imagens, iria minimizar o transtorno causado aos médicos, permitindo, ainda assim, a detecção de problemas. Dos resultados obtidos, que informam futuras melhorias, julga-se a abordagem escolhida como tendo sido proveitosa.

Conclusões e Trabalho Futuro

O presente projeto avançou para responder às necessidades de conseguir lidar com o elevado número de imagens recolhidas em campanhas de rastreio de saúde oral, e os problemas que a captura de uma imagem pode trazer, que dificultam a análise visual de uma lesão na cavidade oral. Para melhorar estes aspetos é fundamental investir na investigação de métodos de normalização, segmentação e de análise de imagem. No entanto, para tal é necessário que exista um grande conjunto de imagens da cavidade oral devidamente anotado. Da pesquisa efetuada não foi encontrada disponível nenhuma base de dados com imagens de lesões orais devidamente anotadas. Por isso, apostou-se em desenvolver uma ferramenta que permitisse a construção de uma base de dados para anotação de lesões orais.

O trabalho começou por pesquisa e leitura de literatura relacionada com a temática. Parte da literatura relevante para o projeto encontra-se descrita na tabela que pode ser consultada no Anexo 5. A leitura, no geral, foi relativa a lesões da cavidade oral, que abordam diferentes conceitos e métodos para identificar e classificar as lesões.

À medida que se foi tomando conhecimento dos métodos presentes na literatura, começou a ser construído um método semi-automático para segmentar lesões. Durante a implementação deste método foram testadas várias metodologias até chegar a um resultado que correspondesse às expectativas.

Baseado na literatura revista e na identificação de potenciais cenários de uso, elaborou-se uma lista de requisitos necessários para desenvolver a ferramenta. Com o levantamento desses requisitos, desenvolveu-se um protótipo como primeira versão da ferramenta para servir de base de discussão com médicos dentistas (utilizadores alvo da ferramenta), onde iria ser apresentada a ferramenta e identificadas questões relevantes ao trabalho que estava a ser desenvolvido. Desta discussão concluiu-se que eram necessárias diversas características que não se obtêm através de uma imagem, para descartar eventuais lesões que têm aspetos semelhantes e facilmente podem ser confundidas numa imagem. Contudo, foi mencionado um conjunto de características que se consideram relevantes e que permitem concluir quanto ao grau de malignidade da lesão. Estas características passaram a fazer parte de um novo

conjunto de requisitos, de onde resultou numa nova reestruturação do protótipo.

Depois do refinamento do protótipo procedeu-se ao desenvolvimento da primeira versão funcional da ferramenta. Para desenvolver a ferramenta foi utilizado o *microframework Flask*, com uso das linguagens HTML, CSS e *JavaScript* para construir a interface da ferramenta. Nesse contexto, foram ainda integradas duas bases de dados externas, uma com o objetivo de salvar as contas dos utilizadores e dados relativos à imagem da lesão, e a outra como repositório das imagens. No final, estando o protótipo operacional, foi implementado na plataforma *Heroku*, para facilitar o acesso à ferramenta por parte dos utilizadores.

Terminada a primeira versão da ferramenta interativa, esta foi submetida a uma avaliação por parte de médicos dentistas e assistentes dentários, que executaram um conjunto de tarefas e responderam a um questionário sobre a interação que tiveram com a ferramenta. Esta avaliação permitiu retirar conclusões sobre a usabilidade do sistema, e ponderar as alterações que são necessárias introduzir numa próxima versão.

Considerando todo o trabalho desenvolvido, conclui-se que os objetivos que foram definidos inicialmente foram atingidos parcialmente, grande parte dos objetivos que tinham ficado estipulados para ser executados ficaram concluídos, contudo, a ferramenta ficou numa primeira versão. Apesar de esta versão estar operacional e ter parte essencial dos requisitos para fazer a anotação das lesões, a avaliação feita pelos utilizadores permite concluir que a ferramenta ainda precisa de ser refinada para ir ao encontro das necessidades dos mesmos.

A razão que levou a que os objetivos não ficassem concluídos na totalidade foi devido ao tempo de realização do trabalho proposto, e, maioritariamente, dos desafios e dificuldades que foram surgindo ao longo do desenvolvimento do projeto. No entanto, desenvolveu-se uma ferramenta multiplataforma e interactiva de suporte à anotação de imagens da cavidade oral, que foi sujeita a um primeiro ciclo de avaliação, por parte de especialistas, que permitiu concluir que a ferramenta se encontra aceitável para ser utilizada.

Tendo em conta que foi adoptada uma metodologia iterativa de desenvolvimento, esta deve continuar a ser melhorada e validada pelos utilizadores. Nesse sentido, e tendo por base os resultados da avaliação dos utilizadores, os passos seguintes a ser considerados devem incluir:

- Melhorar a identificação da lesão na imagem através do processamento de imagem, para destacar as diferentes tonalidades melhorando a qualidade de visualização;
- Acrescentar mais características relacionadas com a lesão;
- No diagnóstico permitir seleccionar mais que um tipo de patologia;
- Implementar a funcionalidade de identificar outra lesão na mesma imagem;
- Acrescentar uma nova secção na multiplataforma, onde o utilizador possa rever a sua anotação, e por seguinte dar hipótese de editá-la;
- Introduzir uma página de pesquisa de lesões que se encontram anotadas, possibilitando a procura de lesões com determinada característica.

Estas são sugestões para uma segunda versão da ferramenta, que permite a construção de uma base de dados anotada de lesões da cavidade oral. Esta ferramenta além de auxiliar os médicos dentistas na identificação e classificação de lesões orais, poderá também ser utilizada num contexto de ensino de futuros profissionais.

Referências

- [1] Ordem dos Médicos Dentistas, *Cancro oral*. URL: <https://www.omb.pt/publico/cancro-oral/>, Acedido em: 8 de maio de 2021.
- [2] American Society of Clinical Oncology. (2021). «Oral and Oropharyngeal Cancer: Types of Treatment,» URL: <https://www.cancer.net/cancer-types/oral-and-oropharyngeal-cancer/types-treatment>. Acedido em: 28 outubro de 2021.
- [3] Ordem dos Médicos Dentistas. (2017). «Intervenção Precoce no Cancro Oral - guia para os profissionais de saúde,» URL: <https://www.omb.pt/content/uploads/2017/12/intervencao-cancro-oral.pdf>. Acedido em: Junho de 2021.
- [4] World Health Organization. (mar. de 2020). «Oral health,» URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>. Acedido em: 28 outubro de 2021.
- [5] MD Clínica. (2018). «Como estamos de Saúde Oral na Europa?» URL: <https://mdclinica.com/mdclinica/2018/como-estamos-de-saude-oral-na-europa>. Acedido em: 22 de maio de 2021.
- [6] *GBD Results tool: Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Results, Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)*. URL: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>, Acedido em: 21 outubro de 2021.
- [7] Ordem dos Médicos Dentistas. (2019). «Barómetro da Saúde Oral, 5ª edição,» URL: <https://www.omb.pt/content/uploads/2019/11/barometro-saude-oral-2019.pdf>. Acedido em: 25 de maio de 2021.
- [8] Organização Mundial da Saúde. (1946). «Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO),» URL: http://bibliobase.sermais.pt:8008/BiblioNET/Upload/PDF2/0902_Constitui%C3%A7%C3%A3o%20da%20Organizac%C3%A7%C3%A3o%20Mundial%20da%20Sau%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acedido em: Outubro de 2021.
- [9] R. M. Baiju et al., «Oral Health and Quality of Life: Current Concepts,» *Journal of clinical and diagnostic research*, vol. 11, n.º 6, ZE21–ZE26, jun. de 2017. DOI: 10.7860/JCDR/2017/25866.10110.
- [10] Serviço Nacional de Saúde. (Outubro de 2019). «Projeto de Intervenção Precoce no Cancro Oral,» URL: <https://www.sns24.gov.pt/guia/projeto-de-intervencao-precoce-no-cancro-oral/>. Acedido em: 25 de outubro de 2021.
- [11] B. Thomas, V. Kumar e S. Saini, «Texture analysis based segmentation and classification of oral cancer lesions in color images using ANN,» em *2013 IEEE International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC)*, 2013, pp. 1–5. DOI: 10.1109/ISPCC.2013.6663401.
- [12] K. Horio et al., «Effect of manual image cutout in diagnosis support system of oral mucosal disease based on intraoral image,» em *2015 15th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)*, 2015, pp. 133–136. DOI: 10.1109/ISCIT.2015.7458325.
- [13] M. Jahanifar et al., «Segmentation of Lesions in Dermoscopy Images Using Saliency Map And Contour Propagation,» © 2017 The Author(s)., mar. de 2017, URL: <https://eprints.whiterose.ac.uk/116480/>.
- [14] R. A. Welikala et al., «Automated Detection and Classification of Oral Lesions Using Deep Learning for Early Detection of Oral Cancer,» *IEEE Access*, vol. 8, pp. 132677–132693, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3010180.

- [15] R. Girshick et al., «Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation,» em *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, jun. de 2014, pp. 580–587.
- [16] A. Zhang et al., «Dive into Deep Learning,» *arXiv preprint arXiv:2106.11342*, 2021.
- [17] P. Flach, *Machine Learning: The Art and Science of Algorithms That Make Sense of Data*. USA: Cambridge University Press, 2012, ISBN: 1107422221.
- [18] OpenCV. (2021). «Basic Thresholding Operations,» URL: https://docs.opencv.org/3.4.15/db/d8e/tutorial_threshold.html. Acedido em: 28 de outubro de 2021.
- [19] LearnOpenCV, *Edge Detection Using OpenCV*. URL: <https://learnopencv.com/edge-detection-using-opencv/>, Acedido em: 28 de outubro de 2021.
- [20] Imagem do médico dentista. URL: <https://www.nexoodontologia.com.br/cursos/assets/images/depositphotos-71716069-original-4396x2911.jpg>, Acedido em: Outubro de 2021.
- [21] Flask Documentation 2.0, *Foreword*. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/2.0.x/foreword/#what-does-micro-mean>, Acedido em: 22 de outubro de 2021.
- [22] MDN Web Docs. (2021). «O que é o JavaScript?» URL: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript. Acedido em: 25 de outubro de 2021.
- [23] MDN. (2021). «HTML: HyperText Markup Language,» URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>. Acedido em: 25 de outubro de 2021.
- [24] MDN Web Docs. (2021). «Trabalhando com JSON,» URL: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Learn/JavaScript/Objects/JSON>. Acedido em: 22 de outubro de 2021.
- [25] W3resource. (2021). «JSON Tutorial,» URL: <https://www.w3resource.com/JSON/introduction.php>. Acedido em: 28 de outubro de 2021.
- [26] Heroku Dev Center. (2020). «Cloudinary - Image and Video Management,» URL: <https://devcenter.heroku.com/articles/cloudinary>. Acedido em: 22 de outubro de 2021.
- [27] Flask-Login 0.4.1 documentation, *Flask-Login*. URL: <https://flask-login.readthedocs.io/en/latest/>, Acedido em: 28 de outubro de 2021.
- [28] Flask Documentation 2.0, *Message Flashing*. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/2.0.x/patterns/flashing/>, Acedido em: 22 de outubro de 2021.
- [29] Heroku, *About Heroku*. URL: <https://www.heroku.com/about>, Acedido em: 22 de outubro de 2021.
- [30] J. Brooke, «SUS: A quick and dirty usability scale,» *Usability Eval. Ind.*, vol. 189, nov. de 1995.
- [31] A. I. Martins et al., «European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS),» *Procedia Computer Science*, vol. 67, pp. 293–300, 2015, Proceedings of the 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, ISSN: 1877-0509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.273>.

Imagens do Protótipo Funcional

Neste anexo podemos encontrar imagens retiradas da primeira e única versão da multiplataforma de anotação de imagens da cavidade oral.

The logo for 'Annotate' features the word in a light blue, outlined font. The letter 'o' is replaced by a magnifying glass icon that is focused on a small image of a human mouth.





Figura 1: Página de registo




The logo for 'Annotate' features the word in a light blue, outlined font. The letter 'o' is replaced by a magnifying glass icon that is focused on a small image of a human mouth.




Se ainda não tem conta. Faça o seu registo [aqui](#)

Figura 2: Página de iniciar a sessão

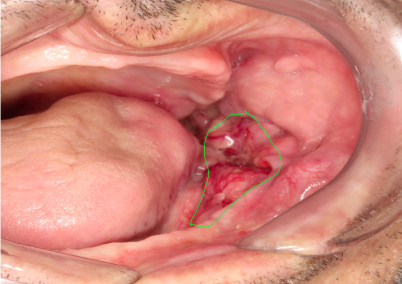
Annotate Sair

Passo 1
 Selecione a área da lesão com uma das ferramentas de desenho disponíveis (  ) para começar a segmentação semi-automática e de seguida para avançar para o próximo passo basta clicar no seguinte botão quando estiver disponível (). Ou pode optar por segmentar a lesão manualmente. Se a cor da lesão não estiver indicada na secção 'Lesão', assinala antes de avançar para o próximo passo.

Segmentar manualmente



IMG_7222_yavyph.jpg

Paciente

Idade: 49 Sexo: Masculino

Bebe álcool regularmente? Sim

Fuma regularmente? Sim

Diagnóstico

Tipo de Lesão:

Fiabilidade do diagnóstico:

Com muitas dúvidas Sem dúvidas

Diagnóstico impossível sem mais exames

Lesão

A informação que se segue foi obtida durante a recolha das imagens.

Cor da lesão: Vermelha

Localização: Rebordo alveolar inferior/ pavimento de boca

Duração (em semanas): Sem informação

Como tem crescido a lesão? Sem informação

O paciente sente dor? Sem informação

A lesão está ulcerada? Sim

Encontra-se hemorragia na área da lesão? Sim

Qual é a aparência da lesão? Irregular

Como é a extremidade da lesão? Elevada

A lesão encontra-se endurecida? Sem informação

A lesão é verrugosa? Não

Segmentação

Fiabilidade da segmentação:

Pouco precisa Muito precisa

Só se não conseguir segmentar a lesão é que seleciona uma das opções.

Imagem

Qualidade da imagem:

Muito má Muito boa

Figura 3: Página da ferramenta de anotação

Annotate Sair

Imagens Anotadas

[IMG_7222_yavyph.jpg](#)

[IMG_5698_yo7ofr.jpg](#)

[IMG_5092_glqncv.jpg](#)

[IMG_4428_eaqhmi.jpg](#)

Imagens Não Anotadas



IMG_5698_yo7ofr.jpg

Paciente

Idade: 57 Sexo: Feminino

Bebe álcool regularmente? Sim

Fuma regularmente? Sim

Lesão

Cor da lesão: Vermelha

Localização: Borda Lateral de Língua

Duração (em semanas): Sem informação

Como tem crescido a lesão? Sem informação

O paciente sente dor? Sem informação

A lesão está ulcerada? Sim

Encontra-se hemorragia na área da lesão? Não

Qual é a aparência da lesão? Irregular

Como é a extremidade da lesão? Elevada

A lesão encontra-se endurecida? Sem informação

A lesão é verrugosa? Não

Figura 4: Página de visualização das imagens já anotadas

Tabela Completa da Revisão da Literatura

Author	Título	Ano	Método	Nº de imagens e tamanho	Nº de imagens de treino	Nº de imagens de teste	Recursos / Tipos de lesões	Medidas	Desempenho	FW / desafio	Palavras-chave	Software / Plataforma / Bibliotecas	Nº de Classes	Desempenho individual das classes	Especialistas envolvidos
• Bealvin Thomas; • Dr Vinod Kumar; • Dr.Sunil Sani; <td>Texture Analysis Based Segmentation and Classification of Oral Cancer Lesions in Color Images Using ANN</td> <td>2013</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Seleção da região de interesse (ROI): é usado o método de contorno ativo sem arestas; Extração das características, imagem o tamanho de 1024x1024 pixels. GLCM (Matriz de Covariância de Nível de Cinza) com utilização de 4 distâncias diferentes (1,2,3,4); GLRL (Matriz de Compromimento de Execução de Nível) com a utilização de 4 orientações diferentes da imagem (0°, 45°, 90°, 135°); ANN (Artificial Neural Network) - Classifica a lesão maligna num dos 6 grupos; </td> <td>São usadas 75% das seções de retrinadas de cada grupo maligno</td> <td>25 % do número total de seções de cada classe maligna</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Matriz de Covariância de Nível de Cinza (GLCM) e Matriz de Compromimento de Execução de Nível (GLRL) são usadas para caracterização de imagens com base na análise de textura. Lesões: <ul style="list-style-type: none"> Carcinomas </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 44 recursos GLCM e 36 neurónios da câmara oculta 11 recursos GLRL e 31 neurónios da câmara oculta 11 recursos selecionados pelo sistema através da análise dos boxplot e 25 neurónios da câmara oculta </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 89,58 % 85,41 % 91,66 % 97,92 % </td> <td>Aplicação de características discriminatórias de textura adequadas para seleção de lesões de cancro da boca.</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Boca Textura Automático ANN </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> MatLab </td> <td>6</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 - Área retro-molar de carcinoma; 2 - Ângulo da boca do carcinoma - ulcero-proliferativo; 3 - Carcinoma verrucoso mucosa bucal; 4 - Carcinoma mucosa bucal - Ulcero-proliferativo; 5 - Carcinoma Língua - borda lateral da língua; 6 - Carcinoma Palato - Crescimento Ulcero-proliferativo </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 - 100% 2 - 100% 3 - 100% 4 - 100% 5 - 100% 6 - 83,3% </td> <td>Para testar e validar a classificação do cancro das lesões</td>	Texture Analysis Based Segmentation and Classification of Oral Cancer Lesions in Color Images Using ANN	2013	<ul style="list-style-type: none"> Seleção da região de interesse (ROI): é usado o método de contorno ativo sem arestas; Extração das características, imagem o tamanho de 1024x1024 pixels. GLCM (Matriz de Covariância de Nível de Cinza) com utilização de 4 distâncias diferentes (1,2,3,4); GLRL (Matriz de Compromimento de Execução de Nível) com a utilização de 4 orientações diferentes da imagem (0°, 45°, 90°, 135°); ANN (Artificial Neural Network) - Classifica a lesão maligna num dos 6 grupos; 	São usadas 75% das seções de retrinadas de cada grupo maligno	25 % do número total de seções de cada classe maligna	<ul style="list-style-type: none"> Matriz de Covariância de Nível de Cinza (GLCM) e Matriz de Compromimento de Execução de Nível (GLRL) são usadas para caracterização de imagens com base na análise de textura. Lesões: <ul style="list-style-type: none"> Carcinomas 	<ul style="list-style-type: none"> 44 recursos GLCM e 36 neurónios da câmara oculta 11 recursos GLRL e 31 neurónios da câmara oculta 11 recursos selecionados pelo sistema através da análise dos boxplot e 25 neurónios da câmara oculta 	<ul style="list-style-type: none"> 89,58 % 85,41 % 91,66 % 97,92 % 	Aplicação de características discriminatórias de textura adequadas para seleção de lesões de cancro da boca.	<ul style="list-style-type: none"> Boca Textura Automático ANN 	<ul style="list-style-type: none"> MatLab 	6	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Área retro-molar de carcinoma; 2 - Ângulo da boca do carcinoma - ulcero-proliferativo; 3 - Carcinoma verrucoso mucosa bucal; 4 - Carcinoma mucosa bucal - Ulcero-proliferativo; 5 - Carcinoma Língua - borda lateral da língua; 6 - Carcinoma Palato - Crescimento Ulcero-proliferativo 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - 100% 2 - 100% 3 - 100% 4 - 100% 5 - 100% 6 - 83,3% 	Para testar e validar a classificação do cancro das lesões
• Keiichi Horio; • Shinya Motoki; • Kentaro Saito; • Mamabu Habu; • Kazuhito Tomimaga; <td>Effect of Manual Image Cutoff in Diagnosis Support System of Oral Mucosal Disease Based on Intraoral Image</td> <td>2015</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> A imagem é recordada manualmente por dentistas, cerca de 20% do tamanho original; Extração do vilão através do histograma de saturação (S) em HSV; Com os resultados da extração do vilão são calculadas as características: <ul style="list-style-type: none"> - da forma do vilão; - vermelhidão; - promberância; - forma granular; O resultado de classificação é obtido usando Support Vector Machine (SVM). </td> <td>Não há referência no artigo</td> <td>Não há referência no artigo</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Lesões: <ul style="list-style-type: none"> melanomas; </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Média sem instrução de recorte: <ul style="list-style-type: none"> 59,6% 52,2% 56,2% Média com instrução de recorte: <ul style="list-style-type: none"> 59,6% 52,2% 56,2% </td> <td>Este artigo, aborda como diferentes imagens recortadas afetam os resultados do diagnóstico.</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Recorte manual Pré-processamento de imagem Machine Learning Automático SVM </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Não há referência </td> <td>3</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 1 - SCC 2 - LEU 3 - LP </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Sim, 2 </td> <td>Estão envolvidos no estudo, testam e validam os resultados</td>	Effect of Manual Image Cutoff in Diagnosis Support System of Oral Mucosal Disease Based on Intraoral Image	2015	<ul style="list-style-type: none"> A imagem é recordada manualmente por dentistas, cerca de 20% do tamanho original; Extração do vilão através do histograma de saturação (S) em HSV; Com os resultados da extração do vilão são calculadas as características: <ul style="list-style-type: none"> - da forma do vilão; - vermelhidão; - promberância; - forma granular; O resultado de classificação é obtido usando Support Vector Machine (SVM). 	Não há referência no artigo	Não há referência no artigo	<ul style="list-style-type: none"> Lesões: <ul style="list-style-type: none"> melanomas; 	<ul style="list-style-type: none"> Média sem instrução de recorte: <ul style="list-style-type: none"> 59,6% 52,2% 56,2% Média com instrução de recorte: <ul style="list-style-type: none"> 59,6% 52,2% 56,2% 	Este artigo, aborda como diferentes imagens recortadas afetam os resultados do diagnóstico.	<ul style="list-style-type: none"> Recorte manual Pré-processamento de imagem Machine Learning Automático SVM 	<ul style="list-style-type: none"> Não há referência 	3	<ul style="list-style-type: none"> 1 - SCC 2 - LEU 3 - LP 	<ul style="list-style-type: none"> Sim, 2 	Estão envolvidos no estudo, testam e validam os resultados	
• Mostafa Jabanfar; • Neda Zamani Tajdini; • Ali Gopy; Babak madzadeh <td>Segmentation of Lesions in Dermoscopy Images Using Saliency Map and Contour Propagation</td> <td>2017</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Pré-processamento da imagem: algoritmo Koochoom para remover cabelos da imagem; filtros homomórficos para corrigir a iluminação da imagem; Processo de segmentação: <ul style="list-style-type: none"> - propagação do contorno inicial até ao limite da lesão; - algoritmo de mapa de saliência; </td> <td>2000 imagens de treino para um dos resultados.</td> <td>150 imagens para validar</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Lesões: <ul style="list-style-type: none"> melanomas; </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Coefficiente Dice Coefficiente Jaccard </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 0,901 0,811 </td> <td>Principal objetivo do artigo é introduzir um método geral para segmentação de lesões em imagens dermatoscópicas</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Pele Mapa de saliência Thresholding Automático </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Não há referência </td> <td>0</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Não há referência </td> <td>Não há referência</td>	Segmentation of Lesions in Dermoscopy Images Using Saliency Map and Contour Propagation	2017	<ul style="list-style-type: none"> Pré-processamento da imagem: algoritmo Koochoom para remover cabelos da imagem; filtros homomórficos para corrigir a iluminação da imagem; Processo de segmentação: <ul style="list-style-type: none"> - propagação do contorno inicial até ao limite da lesão; - algoritmo de mapa de saliência; 	2000 imagens de treino para um dos resultados.	150 imagens para validar	<ul style="list-style-type: none"> Lesões: <ul style="list-style-type: none"> melanomas; 	<ul style="list-style-type: none"> Coefficiente Dice Coefficiente Jaccard 	<ul style="list-style-type: none"> 0,901 0,811 	Principal objetivo do artigo é introduzir um método geral para segmentação de lesões em imagens dermatoscópicas	<ul style="list-style-type: none"> Pele Mapa de saliência Thresholding Automático 	<ul style="list-style-type: none"> Não há referência 	0	<ul style="list-style-type: none"> Não há referência 	Não há referência	
• Roshan Alex Wellala <td>Automated Detection and Classification of Oral Lesion Using Deep Learning for Early Detection of Oral Cancer</td> <td>2020</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Converter as anotações de vários médicos numa composta através da localização e do rótulo de decisão de encaminhaamento das caixas delimitadoras; Classificação de imagem e deep learning, com o uso de rede neurais profundas, mais especificamente o Faster-CNN; </td> <td>1744 imagens de treino com tamanho único de 224x224 pixels</td> <td>207 imagens de validação e 204 imagens de teste</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Decisão de referência: <ul style="list-style-type: none"> Nenhuma referência necessária; Consultar por outros motivos; Consultar - OPMD de baixo risco; Consultar - cancro / alto risco OPMD; </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Precisão; Recall; F1 score = (2 x Precisão x Recall)/(Precisão + Recall); </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Resultados da classificação de imagens: <ul style="list-style-type: none"> 52,13% 49,11% 50,57% Resultados da detecção de objetos: <ul style="list-style-type: none"> 17,71% 39,74% 24,50% </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Nome estratégia para combinar anotações de caixas delimitadoras de vários médicos Faster R-CNN, para detecção de objetos; Keras TensoFlow </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ResNet-101, classificação de imagens; Machine Learning </td> <td>5</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Sem lesão Nenhuma referência necessária Consultar por outros motivos Consultar - OPMD de baixo risco Consultar - cancro / alto risco OPMD </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Sim, 3 </td> <td>Anotação</td>	Automated Detection and Classification of Oral Lesion Using Deep Learning for Early Detection of Oral Cancer	2020	<ul style="list-style-type: none"> Converter as anotações de vários médicos numa composta através da localização e do rótulo de decisão de encaminhaamento das caixas delimitadoras; Classificação de imagem e deep learning, com o uso de rede neurais profundas, mais especificamente o Faster-CNN; 	1744 imagens de treino com tamanho único de 224x224 pixels	207 imagens de validação e 204 imagens de teste	<ul style="list-style-type: none"> Decisão de referência: <ul style="list-style-type: none"> Nenhuma referência necessária; Consultar por outros motivos; Consultar - OPMD de baixo risco; Consultar - cancro / alto risco OPMD; 	<ul style="list-style-type: none"> Precisão; Recall; F1 score = (2 x Precisão x Recall)/(Precisão + Recall); 	<ul style="list-style-type: none"> Resultados da classificação de imagens: <ul style="list-style-type: none"> 52,13% 49,11% 50,57% Resultados da detecção de objetos: <ul style="list-style-type: none"> 17,71% 39,74% 24,50% 	<ul style="list-style-type: none"> Nome estratégia para combinar anotações de caixas delimitadoras de vários médicos Faster R-CNN, para detecção de objetos; Keras TensoFlow 	<ul style="list-style-type: none"> ResNet-101, classificação de imagens; Machine Learning 	5	<ul style="list-style-type: none"> Sem lesão Nenhuma referência necessária Consultar por outros motivos Consultar - OPMD de baixo risco Consultar - cancro / alto risco OPMD 	<ul style="list-style-type: none"> Sim, 3 	Anotação	

Tabela 1: Tabela resumo da revisão bibliográfica

Sem instrução de corte			
Especialista	SCC	LEU	LP
Cirurgião oral	94%	86%	91%
Dentista com 2 anos experiência	97%	45%	84%
Dentista com 5 anos experiência	100%	21%	86%
Dentista com 30 anos experiência	97%	55%	80%

Com instrução de corte			
Especialista	SCC	LEU	LP
Cirurgião oral	97%	71%	80%
Dentista com 2 anos experiência	97%	40%	82%
Dentista com 5 anos experiência	91%	69%	79%
Dentista com 30 anos experiência	94%	57%	75%

Tabela 2: Subtabelas com resultados individuais [12]

Resultados da classificação de imagens			
Classe	Precisão	Recall	F1 Score
Sem lesão	57.83%	78.69%	66.67%
Nenhuma referência necessária	48.65%	40.00%	43.90%
Consultar por outros motivos	43.75%	40.00%	41.79%
Consultar - OPMD de baixo risco	45.71%	41.03%	43.24%
Consultar - cancro / alto risco OPMD	64.71%	45.83%	53.66%

Resultados da classificação de objetos			
Classe	Precisão	Recall	F1 Score
Nenhuma referência necessária	9.64%	17.39%	12.40%
Consultar por outros motivos	20.00%	41.67%	27.03%
Consultar - OPMD de baixo risco	26.47%	43.90%	33.03%
Consultar - cancro / alto risco OPMD	14.74%	56.00%	23.33%

Tabela 3: Subtabelas com resultados individuais [14]

Tabela de Anotação das Tarefas

Aqui encontra-se a tabela que foi disponibilizada aos participantes que avaliaram a ferramenta, onde podiam anotar a informação sobre sua interação com as diferentes tarefas.

Tarefas	Completou a tarefa com sucesso? Sim/Não	Dificuldade ao realizar a tarefa onde, 1-Muito fácil e 5-Muito difícil *responda a cada subtópico	Quanto tempo estima que demorou para concluir a tarefa?	Teve necessidade de voltar atrás ou refazer a tarefa por ter cometido algum erro?	Mencione algum aspeto a melhorar relativo à execução da tarefa.
Imagem 1					
1		- *Delimitar a área da lesão: - *Ajuste do contorno à lesão:			
2					
3					
Imagem 2					
1		- *Delimitar a área da lesão: - *Ajuste do contorno à lesão:			
2					
3					
Imagem 3					
1		- *Delimitar a área da lesão: - *Ajuste do contorno à lesão:			
2					
3					
Imagem 4					
1		- *Delimitar a área da lesão: - *Ajuste do contorno à lesão:			
2					
3					

Tabela 5: Tabela de anotação de informação sobre a interação com a ferramenta durante a execução das tarefas

Tabela SUS

Nesta secção encontra-se a tabela com o questionário SUS na versão portuguesa, que foi elaborada seguindo o estudo [31] que adaptou este método de avaliação para português europeu.

	1	2	3	4	5
1 - Usaria esta ferramenta com frequência					
2 - Considera que a ferramenta é mais complexa do que o necessário					
3 - Considera que é uma ferramenta fácil de usar					
4 - Acha que necessita de ajuda de um técnico para conseguir utilizar a ferramenta					
5 - Considera que as várias funcionalidades da ferramenta estavam bem integradas					
6 - Considera que a ferramenta tem muitas inconsistências					
7 - Considera que as pessoas aprenderiam a usar esta ferramenta facilmente					
8 - Considero uma ferramenta muito complicada de usar					
9 - Sentiu-se confiante a utilizar a ferramenta					
10 - Teve que aprender muito antes de conseguir lidar com esta ferramenta					

Tabela 6: Tabela do questionário SUS