UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de Conclusão de Curso

ANÁLISE E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CÂNCER DE PELE USANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Isabela de Araújo Pessoa

Natal/RN

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

ANÁLISE E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CÂNCER DE PELE USANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Biomédica.

Graduanda: Isabela de Araújo Pessoa

Orientadora: Prof.ª Dra. Heliana B. Soares

Natal/RN

2023

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Pessoa, Isabela de Araujo.
Análise e extração de características de câncer de pele usando processamento digital de imagens / Isabela de Araujo Pessoa. - 2023.
72f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Biomédica, Natal, 2023.
Orientadora: Dra. Heliana B. Soares.

1. Câncer de pele - Monografia. 2. Melanoma - Monografia. 3. Não-melanoma - Monografia. 4. Segmentação - Monografia. 5. Extração de características - Monografia. I. Soares, Heliana B. II. Título.

RN/UF/BCZM CDU 61

Elaborado por Raimundo Muniz de Oliveira - CRB-15/429

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

ANÁLISE E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CÂNCER DE PELE USANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Prof.ª Dra. Heliana Bezerra Soares _____
UFRN - Orientadora

Prof.ª Dra. Caroline Dantas Vilar _____
UFRN - Avaliadora Interna

Prof.ª Dra. Beatriz Stransky Ferreira _____
UFRN - Avaliadora Interna

Natal/RN

2023

À minha minha mãe, Dalva, aos meus irmãos, Márcio, Tárcio, Cássio e Gabriela, e a minha metade, Pablo. Obrigada por sempre acreditarem em mim, amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou muito grata à Deus pela força que me deu para chegar até aqui.

À minha querida mãe Dalva, por não apenas me ensinar, mas ser um exemplo para mim. Por confiar em mim e nos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Márcio, Tárcio e Cássio por sempre terem me apoiado e acreditado em mim.

À minha irmã Gabriela, por ter sido tão carinhosa e gentil comigo em todos os momentos, mesmo enfrentando uma etapa difícil, que foi o que me motivou a fazer este trabalho.

Agradeço imensamente ao meu namorado Pablo, por sempre ter me incentivado a ir além e me apoiado integralmente durante minha trajetória.

Aos meus queridos amigos, Alisson Bezerra, Auana Carvalho, Bruno Fassanaro e Hugo Nóbrega, que a universidade me presenteou com tanta generosidade.

À minha orientadora, Heliana Soares, pela paciência, apoio e confiança na construção deste trabalho.

Aos professores do DEB que fizeram parte da minha trajetória trazendo conhecimento e experiências que levarei para o resto da minha vida.

À UFRN por me proporcionar uma estrutura tão rica e dispor de auxílios que me ajudaram nesse processo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ____ IX
LISTA DE TABELAS ____ XI
LISTA DE EQUAÇÕES ____ XII
LISTAS DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS ____ XIII
RESUMO ____ XIV
ABSTRACT ____ XV
1. INTRODUÇÃO ____ 1
1.1. OBJETIVOS ____ 3
1.1.1. OBJETIVO GERAL ____ 3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ____ 3
1.2. ESTADO DA ARTE ____ 3
1.2.1. ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS ____ 3
1.2.2. ESTUDOS DE TÉCNICAS DE CLASSIFICAÇÃO ____ 5
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO ____ 8
2. CÂNCER DE PELE ____ 9
2.1. ANATOMIA DA PELE ____ 9
2.1.1. EPIDERME ____ 9
2.1.2. DERME ____ 10
2.1.3. HIPODERME ____ 11
2.2. TIPOS DE CÂNCER DE PELE ____ 11
2.2.1. MELANOMA ____ 12
2.2.2. NÃO-MELANOMA ____ 15
3. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS ____ 18
3.1. PRÉ-PROCESSAMENTO ____ 21
3.2. SEGMENTAÇÃO ____ 24
3.3. LIMIARIZAÇÃO ____ 25
3.3.1. PROCESSO MORFOLÓGICO ____ 25
3.4. EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ____ 27
3.5. HISTOGRAMA ____ 28

4. METODOLOGIA PARA A SEGMENTAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS 30
4.1. ALGORITMO PROPOSTO 30
4.2. BASE DE DADOS 31
4.3. APLICAÇÃO DO ALGORITMO 33
4.3.1. PRÉ-PROCESSAMENTO 33
4.3.2. SEGMENTAÇÃO 34
4.3.3. EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS 36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 39
6. CONCLUSÕES 45
6.1. TRABALHOS FUTUROS 46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47
ANEXO I 53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas da pele 9

Figura 2 - Associação dos níveis de Clark e Breslow 15

Figura 3 - Representação digital da intensidade dos *pixels* 18

Figura 4 - Sistema de coordenadas cartesianas do modelo RGB de cores 20

Figura 5 - Níveis de cinza 20

Figura 6 - Máscara de nitidez (*unsharp mask*) 22

Figura 7 - Filtro da média 23

Figura 8 - Filtro da mediana 24

Figura 9 - Processamento morfológico de erosão e dilatação 26

Figura 10 - Processamento morfológico de abertura e fechamento 26

Figura 11 - Histograma: (a) imagem de moedas em níveis de cinza e (b) histograma da imagem (a) 29

Figura 12 - Diagrama de blocos do algoritmo proposto 30

Figura 13 - Base de dados 32

Figura 14 - Exemplos de imagens que foram descartadas da análise: (a) imagem com pelo sobre a lesão, (b) lesão ultrapassando a borda da imagem e (c) lesão fragmentada 32

Figura 15 - Imagem AUG_2095: (a) imagem em RGB e (b) imagem em níveis de cinza 33

Figura 16 - Resultado da aplicação do filtro: (a) imagem em níveis de cinza e (b) imagem com a máscara de nitidez 34

Figura 17 - Resultado da aplicação da média e da mediana: (a) imagem com máscara de nitidez, (b) imagem com filtro de média e (c) imagem com filtro de mediana 34

Figura 18 - Resultado da limiarização: (a) imagem com máscara de nitidez, (b) imagem limiarizada a partir da média e (c) imagem limiarizada a partir da mediana 35

Figura 19 - Resultado da imagem com o Processo Morfológico: (a) imagem com máscara de nitidez e (b) imagem com abertura e EE quadrado 35

Figura 20 - Comparação dos resultados do Processo Morfológico: (a) imagem com máscara de nitidez, (b) imagem com abertura e EE quadrado e (c) imagem com lesão isolada 36

Figura 21 - Imagem contendo régua em mm 36

Figura 22 - Imagem com o resultado da circularidade e as informações de Assimetria, Área e Diâmetro 37

Figura 23 - Resultado: (a) imagem com lesão segmentada em níveis de cinza (b) histograma distribuição das intensidades 38

Figura 24 - Imagem com as informações do Perímetro: (a) Imagem a borda extraída da lesão, (b) imagem com máscara de nitidez com borda e (c) imagem em RGB com a borda 38

Figura 25 - Resultado do algoritmo desenvolvido 40

Figura 26 - Imagem com distância muito próxima do dermatoscópio 42

Figura 27 - Imagem de lesão de cor castanho escuro 43

Figura 28 - Lesão com variação de cores 44

Figura 29 - Imagem de lesão com cor uniforme 44

Figura 30 - Imagem de lesão de cor rosada 44

Figura 31 - Imagem de lesão de cor castanha com nuances de vermelho 45

Figura 32 - Imagem de lesão de cor predominantemente rosa 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Incidência de câncer de pele não-melanoma em homens por região no Brasil 16

Tabela 2 - Incidência de câncer de pele não-melanoma em mulheres por região no Brasil 16

Tabela 3 - Resultados das imagens de câncer de pele melanoma 39

Tabela 4 - Resultados das imagens de câncer de pele não-melanoma 42

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Área 27

Equação 2 - Perímetro 27

Equação 3 - Diâmetro 28

Equação 4 - Circularidade 28

Equação 5 - *Pixel* para mm 36

Equação 6 - *Pixel* para mm^2 36

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACC - *Accuracy*

AER-Net - *Attention Efficient Residual U-Net*

BP - *backpropagation*

CBC - Carcinoma basocelular

CEC - Carcinoma espinocelular

DMC - Distância Mínima ao Centróide

DSC - *Disc Similarity Coefficient*

EE - Elemento estrutural

GFAC - *Gradient and Feature Adaptive Contour*

HAM10k - *Human Against Machine*

kNN - *k-nearest neighbors*

MLP - *Multilayer Perceptron*

SBD - Sociedade Brasileira de Dermatologia

SPEC - *Specificity*

SVM - *Support Vector Machine*

UVA - Raios ultravioletas A

UVB - Raios ultravioletas B

UVC - Raios ultravioletas C

PESSOA, Isabela de Araújo. **Análise e Extração de Características de Câncer de Pele usando Processamento Digital de Imagens.** Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 73 p., 2023.

RESUMO

No Brasil, o câncer de pele representa 33% de todos os casos diagnosticados. Existem vários tipos de câncer de pele entre os quais se destacam o melanoma e o não-melanoma, sendo este último o tipo mais comum. O melanoma, embora menos frequente, se mostra o mais agressivo e registra cerca de 8,4 mil casos por ano no Brasil. Entre as várias formas de diagnosticar lesões cutâneas para identificação do câncer, a dermatoscopia se destaca. A análise de imagens dermatoscópicas apresenta desafios importantes porque as lesões possuem um espectro muito amplo de cores, formas e tamanhos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um algoritmo capaz de segmentar e extrair características de câncer de pele do tipo melanoma e não-melanoma, sendo possível fornecer uma ferramenta que possa auxiliar no diagnóstico de lesões de pele através de técnicas básicas de processamento digital de imagens. O algoritmo desenvolvido teve como base a regra ABCD, e trouxe resultados relevantes com a extração de características como assimetria, borda, intensidades de cores, diâmetro e área da lesão. Os resultados foram promissores, evidenciando a eficácia das técnicas aplicadas na análise e auxiliando o especialista no diagnóstico do câncer de pele.

Palavras-chave: câncer de pele; melanoma; não-melanoma; segmentação; extração de características.

PESSOA, Isabela de Araújo. **Skin Cancer Feature Analysis and Extraction using digital image processing.** Conclusion Work Project, Biomedical Engineering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 73p., 2023.

ABSTRACT

In Brazil, 33% of all medical diagnoses are related to skin cancer. There are many types of skin cancer among which stand out the melanoma and non-melanoma types. Non-melanoma skin cancer is the most common type of skin cancer. Melanoma skin cancer, although less frequent, is by far more aggressive. There are about 8,400 cases of melanoma skin cancer in Brazil per year. Among the many techniques for diagnosing skin lesions, we highlight dermatoscopy. The analysis of dermatoscopic images is particularly challenging because lesions vary in color, shape, and size. In this context, this work applies digital image processing techniques to develop an algorithm capable of segmenting and extracting features of melanoma and non-melanoma skin cancer, which serves as a tool to aid in skin lesion diagnosis using digital image processing techniques. The algorithm developed was based on the ABCD rule and brought relevant results with the extraction of features such as asymmetry, border, color intensities, diameter and area of the lesion. The results were promising, showing the effectiveness of the techniques applied in the analysis and helping the specialist in the diagnosis of skin cancer.

Key words: skin cancer; melanoma; non-melanoma; segmentation; feature extraction.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o câncer de pele representa cerca de 33% de todos os casos diagnosticados de câncer. O Instituto Nacional do Câncer (INCA) registra aproximadamente 185 mil novos casos a cada ano. O câncer de pele não-melanoma, considerado o tipo mais comum, embora sua letalidade seja baixa, devido ao alto número de ocorrências. Esse tipo de câncer surge a partir do crescimento anormal e descontrolado das células da pele, que se organizam em camadas (SBD, 2022).

Existem diferentes tipos de câncer de pele, dependendo das células afetadas. Os carcinomas basocelulares e espinocelulares são os mais frequentes, representando 177 mil novos casos anualmente. O melanoma, embora mais raro, tem sido o tipo mais agressivo de câncer de pele e registra cerca de 8,4 mil casos por ano (INCA, 2022).

De acordo com o INCA (2022), o câncer de pele acomete geralmente pessoas com perfil de pele clara, acima dos 40 anos, mas a idade vem diminuindo devido à constante exposição solar dos jovens. A radiação ultravioleta, como principal fator de risco para todos os tipos de câncer de pele, induz a lesões no DNA. O dano produzido pelas radiações se acumula.

O acúmulo de fotolesões no DNA causadas pela radiação UV em vários genes relacionados ao câncer, que ainda pode ser considerado como o início desta fase, desempenha um papel crucial na carcinogênese - processo de formação do câncer. Para o câncer de pele do tipo melanoma, merecem destaque ainda as radiações ultravioletas não naturais, como lâmpadas e camas solares, e a exposição aos bifenilos policlorados (WILD; WEIDERPASS; STEWART, 2020).

Para o câncer de pele do tipo não-melanoma merece destaque questões como a idade, pois acontece mais em pessoas mais idosas, sexo, e ocupação, visto que dependendo da ocupação, se o indivíduo se expõe muito ao sol, pode estar mais propício a desenvolver câncer de pele (INCA, 2022).

Wild, Weiderpass e Stewart (2020) também explicam que o sistema imunológico desempenha um papel importante na carcinogênese induzida por UV, contribuindo para a resistência do hospedeiro ao desenvolvimento de câncer de pele. Entretanto, a radiação UV pode contornar a imunovigilância contra a pele, modulando o sistema imunológico

resposta de forma a favorecer o desenvolvimento do tumor. Com isso, tomar cuidado com medicamentos imunossupressores, como ciclosporina e azatioprina, antifúngicos, como voriconazol, e diuréticos, como hidroclorotiazida, associados à exposição solar, aumenta o risco.

Uma forma de avaliar as lesões se dá através da dermatoscopia, técnica não invasiva usada para diagnosticar lesões cutâneas. Entanto a segmentação dessas lesões representa um desafio devido à sua variedade de formas, dimensões e cores. Por isso, pesquisas estão sendo realizadas para desenvolver métodos automáticos de segmentação. Essa etapa desempenha um papel crucial na análise computadorizada de imagens dermatoscópicas, proporcionando uma assistência mais eficiente aos profissionais no diagnóstico (LIMA; JÚNIOR, 2021).

O câncer de pele não-melanoma ocupa a quinta posição entre as neoplasias malignas mais diagnosticadas globalmente. O tipo não-melanoma apresenta alta prevalência em indivíduos de pele clara com ascendência europeia, registrando taxas elevadas de incidência encontradas na Austrália, na Nova Zelândia, América do Norte, África do Sul e Europa Ocidental. Para o câncer de pele melanoma, as maiores incidências estão na Austrália, na Nova Zelândia, nos países do Oeste Europeu e na América do Norte (FERLAY *et al.*, 2021).

No ano de 2020 foram estimados 1,2 milhão de novos casos de câncer de pele não-melanoma e no mesmo ano foram estimados 325 mil para o melanoma. A estimativa para o Brasil, de 2023 a 2025, em relação ao câncer não-melanoma sugere 102 mil novos casos para homens e 118 mil para mulheres. Os índices de mortalidade no ano de 2020 também são alarmantes, com 4576 óbitos por câncer de pele, sendo 2653 do tipo não-melanoma e 1120 do tipo melanoma. Ocorre uma média de 1,28 homens a cada 100 mil homens e uma média de 0,97 mulheres (INCA, 2022).

Com base no que foi descrito acima, este trabalho busca desenvolver uma nova estratégia algorítmica de análise e segmentação para extração de características importantes utilizando técnicas básicas de processamento digital de imagens, através de um *software* matemático, para auxiliar o médico especialista e para facilitar no diagnóstico e encaminhar o indivíduo para o tratamento necessário o quanto antes, visto que a detecção precoce e o tratamento adequado podem salvar vidas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Desenvolver uma estratégia algorítmica para análise, segmentação e extração de características de câncer de pele do tipo melanoma e não-melanoma, usando técnicas de processamento digital de imagens para auxiliar no diagnóstico de câncer de pele.

1.1.2. Objetivos específicos

As seguintes etapas permitirão alcançar o objetivo geral:

- Compreender o câncer de pele melanoma e não-melanoma;
- Estudar as características do câncer de pele melanoma e não-melanoma;
- Pesquisar base de dados de câncer de pele melanoma e não-melanoma;
- Pesquisar as técnicas de processamento de imagens utilizados na caracterização do câncer de pele melanoma;
- Estudar o *software* matemático MATLAB como ferramenta de aplicação de técnicas de processamento de imagens;
- Desenvolver uma estratégia algorítmica;
- Implementar o algoritmo desenvolvido;
- Extrair características do câncer de pele melanoma e não-melanoma nas imagens analisadas;
- Testar e analisar os resultados obtidos pelo algoritmo.

1.2. ESTADO DA ARTE

1.2.1. Estudos epidemiológicos

Guidetti *et al.,* (2016) faz uma comparação de estudos de casos do Brasil, e analisa a relação de alguns fatores como a idade, sexo, etnia e o local da lesão. Foi observado que o câncer melanoma foi mais predominante em adultos de pele branca. Nas mulheres o câncer surge mais nos membros superiores e inferiores e nos homens a frequência foi maior no dorso e abdômen.

O estudo realizado por Pires *et al.,* (2018) com 50 pacientes diagnosticados com câncer de pele e que são assistidos pelo Ambulatório de Dermatologia da Universidade do Estado do Pará. O objetivo foi analisar o perfil dos diagnosticados e relacionar seus perfis com hábitos e fatores ambientais quanto ao risco de desenvolvimento da doença. Foi observado que nesse estudo foi predominantemente em pessoas que se expõem ao sol de forma ocupacional (pedreiro e doméstica), a maioria com idades entre 65 e 80 anos, brancos. Foram diagnosticados 47 com carcinoma basocelular (CBC) e 3 com carcinoma espinocelular (CEC). Não houve predomínio em relação ao sexo biológico.

Purim *et al.,* (2020) fez um estudo sobre as características do melanoma em idosos através de prontuários do período de 2013 a 2017 dos pacientes idosos atendidos no Hospital Erasto Gaertner em Curitiba/Paraná. Foram 139 pacientes com idade maior ou igual a 60 anos com diagnóstico de câncer de pele. O objetivo foi avaliar as características do câncer melanoma em idosos, do quais 52,5% dos pacientes eram do sexo feminino e 47,5% do sexo masculino. No grupo feminino foi mais predominante a lesão nos braços e pernas (31) e no grupo masculino na cabeça (21). No período estudado 25 foram a óbito, 46 apresentaram metástase e a taxa de recidiva após o tratamento foi de 34,5%.

Os autores em Monteiro *et al.*, (2020) realizaram um estudo bibliográfico sobre a influência dos fatores ambientais como a exposição solar e os raios UVA, UVB e UVC contribuem para o aparecimento do câncer de pele e para o fotoenvelhecimento. Foi concluído que o uso de filtro solar representa um método primordial para resistir aos efeitos maléficos da radiação ultravioleta.

Victor *et al*., (2021) fez uma análise comparativa do perfil epidemiológico e da incidência de câncer de pele no Brasil, no Nordeste e no Maranhão, com informações coletadas no DATASUS do período de 2015 a 2019. O objetivo era que os resultados encontrados servissem para orientar as políticas públicas de saúde. No Nordeste, os estados que mais fazem diagnóstico de câncer de pele são a Bahia, Ceará e Pernambuco, apesar disso, o câncer de pele foi mais incidente no Rio Grande do Norte. Isso devido o estado do RN ser tropical e ter muitas atividades turísticas. No Brasil, apesar de SP ser o estado que mais diagnostica, o estado que mais tem incidentes é o Rio Grande do Sul, onde prevalecem pessoas de cor branca. A faixa etária mais acometida é ≥ 70 anos.

Outra análise de perfil epidemiológico foi feita por Pessoa *et al.,* (2020) no estado de Roraima. Os autores analisaram quais são os fatores (genéticos e ambientais) e o perfil que contribuem para que um indivíduo desenvolva o câncer de pele não-melanoma. Para o estudo, 557 pacientes do Registro de Câncer de Base Populacional de Roraima entre os anos de 2008-2014 tiveram seus dados analisados. A análise dos dados foi feita através da ferramenta *Excel* e foi observado que 85% dos pacientes foram afetados com o CBC e 15% com CEC, sendo o CBC predominante nos pacientes femininos e CEC nos pacientes masculinos. A idade mais predominante foi >50 anos para pacientes de cor parda. A cor pode ser influenciada devido a população de Roraima ser maioria parda.

1.2.2. Estudos de técnicas de classificação

Frutuoso *et al,* (2016) mostra em seu artigo mostra 5 técnicas de Processamento Digital de Imagens que podem ser usadas para a extração das características ABC (assimetria, borda e cor) do câncer. A característica D (diâmetro) foi eliminada desse estudo. As técnicas utilizadas foram kNN, *Multilayer Perceptron* (MLP), *K-Means*, Distância Mínima ao Centróide (DMC) e *MAdaline*. As técnicas *K-Means* e kNN foram as que tiveram melhor intervalo de confiança, 0,8103-0,9991 e 0,8248-0,9685, respectivamente.

Em Moura *et al.,* (2017) foi feito uma análise de imagens usando a regra do ABCD através de uma base de dados de imagens da PH^2 (200 imagens) e *DermIS* (206 imagens). O objetivo foi extrair características das imagens através de vários descritores e classificadores. Dentre os métodos de classificação que foram usados, o que obteve melhor resultado foi o MLP, com acurácia de 95,5% para a base PH^2 e 84,9% para a base *DermIS*.

Barros, Morais e Fernandes (2017) propôs extrair 9 descritores de imagens do banco de dados PH^2 que continha 200 imagens. Foram extraídos a simetria em x e y, diâmetro, e a variância e média dos canais R, G e B. Após a obtenção dos descritores, os autores utilizaram um tipo de Rede Neural Artificial chamada de *Multilayer Perceptron* (MLP) e treinada com *Backpropagation* (BP). Os resultados foram de uma precisão de 90%, sensibilidade de 87,5% e especificidade de 90,9%.

Araújo *et al.,* (2019), teve como objetivo fazer uma comparação de duas técnicas para segmentar imagens de melanomas e não-melanomas. As técnicas foram a tradicional

Otsu com a *U-net* (rede neural convolucional). A base de imagens foi a PH^2 com 200 imagens, sendo 40 melanomas e 160 não-melanomas. O melhor resultado foi obtido pela técnica U-net com média Dice de 0,8924 e a técnica de Otsu com média Dice 0,8090. Existem técnicas com melhores resultados, mas são mais lentas que a proposta pelos autores.

A pesquisa de Souza, Lélis e Silva (2020) propôs a segmentação de imagens de lesões de pele utilizando redes neurais convolucionais do tipo U-net, junto com técnicas de pós-processamento. As bases de imagens utilizadas foram a PH^2 e ISIC 2018. Na técnica U-net foram testados parâmetros de otimizador de rede, número de épocas e a taxa de aprendizado. No pós-processamento foram utilizadas as técnicas do limiar de Otsu, fechamento de regiões e remoção de regiões pequenas. Os resultados para a base PH^2 se mostraram melhores (Dice 0,9482) que a base ISIC 2018 e em relação à literatura. O autor descreve que as imagens do ISIC 2018 apresentavam muitos artefatos, o que dificultou melhores resultados (Dice 0,7729).

Lima e Júnior (2021) propuseram um novo modelo de redes neurais convolucionais, chamado de *Attention Efficient Residual U-Net* (AER-Net) que faz transferência de aprendizado e foi dividido em *encoder* e *decoder*. A base de imagens utilizada foi a ISIC 2018 com 2594 imagens dermatoscópicas, sendo 2094 utilizadas para o treinamento. O método proposto obteve resultados para índice de Jaccard 77,29% e para Coeficiente Dice 85,25%, resultados que superam o modelo *U-Net* e o *Attention U-Ne*t.

Uma pesquisa realizada por Filali, Sabri e Aarab (2019) sobre uma abordagem de segmentação aprimorada para classificação de lesões de pele foi dividida em 3 etapas principais: segmentação da imagem, extração de características e classificação da lesão. O objetivo foi pré-processar as imagens baseado em modelos de decomposição multiescala, que vai separar a imagem de entrada em geométrico e de textura. No pré-processamento foi utilizado o modelo Aujol, na segmentação foi utilizado o *K-means* e o SVM como classificador. O método proposto obteve precisão de 98,8%, sendo o melhor resultado em comparação com a literatura.

Sreelatha, Subramanyam, Prasad (2019) propuseram uma técnica eficiente e precisa para reconhecer lesões cutâneas de melanoma e fazer a detecção precoce do câncer de pele. Para isso, utilizou técnicas de segmentação para reconhecer os padrões

das lesões. O modelo proposto foi o *Gradient and Feature Adaptive Contour* (GFAC). As métricas utilizadas foram a *Disc Similarity Coefficient* (DSC), *Accuracy* (ACC) e *Specificity* (SPEC). A técnica proposta obteve o melhor resultado em comparação com a literatura, com o DSC de 97,08%, ACC de 98,64% e SPEC de 99,22%.

Murugan, Nair e Kumar (2019) comparou o desempenho de três algoritmos de classificação (SVM, *Random Forest* e kNN) para detecção de câncer de pele a partir de imagens. O SVM apresentou resultados de precisão (85,72%), sensibilidade (87,68%) e especificidade (83,76%), seguido pelo *Random Forest* e kNN. O estudo mostra que técnicas de processamento de imagens em conjunto com algoritmos de aprendizado de máquina podem ser efetivas para a detecção precoce de câncer de pele.

Sreedhar, Swamy e Kumar (2020) tiveram como objetivo comparar o processamento de imagens com técnicas tradicionais com as tecnologias mais atuais que são usadas para a classificação, extração de características e segmentação. Concluíram que a detecção precoce acelera o diagnóstico e o seu desempenho.

O artigo de Priya, Anitha e Poornima (2018) teve como objetivo classificar as lesões em melanoma e não-melanoma. Para isso, foram levadas em consideração as regras ABCD e usado 50 imagens da base de dados *Med-Node*. A segmentação foi feita por limiarização de Otsu e por operações morfológicas, seguida da extração das características e da classificação. Na classificação por operação morfológica foi utilizada a Pontuação Total de Dermatoscopia (TDS) em que quase todas as imagens de melanoma foram identificadas corretamente.

Mustafa; Dauda, A. e Dauda, M. (2017) usaram as regras de assimetria e borda para extrair informações para identificação do melanoma. Foi proposto o uso do espaço de cores por meio de experimentação com luminância para aprimorar a precisão da técnica de segmentação GrabCut. Os resultados apresentaram melhor circularidade para as lesões benignas, e cantos mais altos para as lesões malignas, devido a borda ser mais áspera. As métricas resultantes foram de 80,00% para acurácia, 86,21% para precisão, 55,36% para especificidade e 71,43% para *recall*.

Lynn e Kyu (2017) buscam ajudar o paciente a identificar o câncer de pele facilmente sem precisar ir ao hospital para isso, visto que o câncer de pele detectado precocemente tem maiores chances de cura. Foi usado a técnica *meanshift* para

segmentação, a regra ABCD para extração de características e os classificadores kNN, *Decision Tree* e SVM. Para a segmentação foi alcançado uma precisão do nível de *pixel* de 99,2%, especificidade de 100% e sensibilidade de 71,4%. Para os classificadores, o melhor resultado foi uma precisão de 78,2% para SVM.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em 7 capítulos. A Seção 1 descreve a motivação e contextualização do problema e os trabalhos relacionados ao tema encontrado na literatura. A Seção 2 aborda o tema da pesquisa detalhando o câncer de pele, os tipos de anormalidades, causas e consequências. A Seção 3 trata sobre os principais conceitos de processamento digital de imagens que serão utilizados para analisar as imagens da base de dados. Na Seção 4, descreve o algoritmo proposto para análise, segmentação e extração das características, usando as técnicas de processamento digital de imagens. A seção 5 ilustra os resultados e discussões. A seção 6 apresenta as conclusões e trabalhos futuros do trabalho.

2. CÂNCER DE PELE

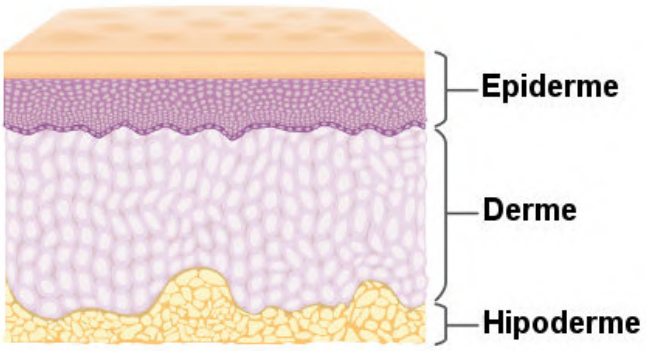
Antes de abordar sobre o tema especificamente câncer de pele, se faz necessário entender alguns aspectos básicos sobre a pele, como suas funções, suas camadas, tipos de células da pele, a importância da proteção solar e como identificar lesões na pele que são suspeitas.

2.1. ANATOMIA DA PELE

A pele, maior órgão do corpo humano, serve como uma capa protetora agindo como barreira contra agentes biológicos como bactérias e fungos, produtos químicos e físicos, fatores ambientais como o frio, vento, calor e o sol. Exerce funções essenciais para a vida do ser humano, como a termorregulação, a sensibilidade, a manutenção do equilíbrio hídrico e eletrolítico e a síntese da vitamina D (ALVES *el al.*, 2019).

A pele possui três camadas: a epiderme, a derme e a hipoderme. A hipoderme pode ser chamada de camada subcutânea (Figura 1) (SDB, 2022).

Figura 1 - Camadas da pele



Fonte: SDB (2022).

2.1.1. Epiderme

De acordo com Câmara (2009) e Benedetti (2021) a epiderme, camada mais superficial da pele, consiste em uma camada fina e resistente, com espessura entre 0,04 e 1,5 mm. Aproximadamente 95% das células que compõem essa camada são queratinócitos, que são formados na camada mais profunda da epiderme, a camada basal, e vão migrando para a camada mais superficial, onde se desfazem e são substituídos por novas células de queratinócitos que vem da camada basal. O tempo entre a célula ir da

camada basal para a superfície leva aproximadamente 26 dias. Nessa camada, entre as células de queratinócitos estão os melanócitos, as células de Langerhans e as células de Merkel.

Os melanócitos estão localizados nessa camada da pele, mais especificamente na camada basal. Os melanócitos são as células que produzem a melanina, um dos principais componentes que contribuem para definir a cor da pele. Os melanócitos desempenham uma função principal ao filtrar os raios ultravioletas emitidos pelo sol, os quais podem causar danos ao DNA das células e resultar em efeitos negativos, como o câncer de pele. Ao se expor ao sol, o escurecimento da pele ocorre devido ao escurecimento da melanina pré-existente. Ao se expor ao sol, o escurecimento da pele ocorre devido ao escurecimento da melanina pré-existente e a transferência de melanina para os queratinócitos (BÜHRING *et al.*, 2020).

Benedetti (2021) descreve que as células de Langerhans estão localizadas na camada espinhosa da epiderme, são originadas na medula óssea e fazem parte do sistema imunológico da pele. Dentre suas funções estão proteger o corpo contra substâncias estranhas, proteger contra infecções e produzir alergias à pele.

As células de Merkel são encontradas nas extremidades dos dedos, dos lábios, na mucosa oral e na base dos folículos pilosos. De acordo com (CÂMARA, 2009), alguns acreditam que sejam de origem neuroendócrina, pois apresentam grânulos intracitoplasmáticos com substâncias neurotransmissoras e estão em contato íntimo com fibras nervosas da derme.

2.1.2. Derme

A derme, situada abaixo da epiderme, compreende as camadas papilar, reticular e perianexial. Composta por células como fibroblastos, fibrócitos, macrófagos teciduais, melanófagos, mastócitos e leucócitos sanguíneos, a derme apresenta fibras elásticas que permeiam as fibras colágenas. Essas fibras elásticas são responsáveis pela elasticidade da pele, assim como pelo preenchimento da camada papilar e das concavidades entre as cristas epidérmicas. A superfície irregular da derme contribui para conferir maior resistência à pele (ALVES *et al.*, 2019; CÂMARA, 2009).

A camada papilar se caracteriza por ser delgada e altamente vascularizada, composta por tecido conjuntivo frouxo contendo feixes de fibras colágenas, especialmente do tipo III, e fibras elásticas. A derme reticular se destaca por sua espessura maior, constituída por fibras colágenas, principalmente do tipo I e por fibras elásticas. Quanto à camada perianexial, apresenta a mesma estrutura da derme papilar, porém está situada em torno dos anexos cutâneos (CÂMARA, 2009).

2.1.3. Hipoderme

A hipoderme, camada mais profunda da pele, rica em células adiposas, que são responsáveis pelo armazenamento de gordura. Essa camada ajuda a isolar o corpo do frio e do calor, absorve choques, e serve para armazenar energia através das células adiposas. A espessura da hipoderme varia de indivíduo para indivíduo, a depender do grau e nutrição do organismo (ALVES *et al.*, 2019).

2.2. TIPOS DE CÂNCER DE PELE

O termo tumor nomina lesões como pápulas, nódulos ou nodosidades, não-inflamatórias, névicas ou neoplásicas. Os tumores da pele podem ser classificados em ectodérmicos e mesodérmicos, de acordo com a origem. Entre os ectodérmicos estão incluídos os tumores malignos e benignos da epiderme, dos anexos e do sistema pigmentar. Entre os tumores mesodérmicos estão os tumores benignos e malignos da derme e do subcutâneo (SAMPAIO; CASTRO; RIVITTI, 1983).

Segundo Wild, Weiderpass e Stewart (2020), o câncer de pele se destaca como a forma mais frequente de câncer, surgindo a partir de diferentes células da derme e da epiderme. Conforme o INCA (2022), o câncer de pele apresenta maior incidência em indivíduos de pele clara e com idade superior aos 40 anos. O câncer de pele pode acontecer devido a várias variáveis como a exposição solar, cor da pele, residência em países tropicais, idade avançada e fatores genéticos. O câncer de pele se destaca como uma das maiores neoplasias registradas no Brasil, sendo possível classificá-lo em câncer melanoma e não-melanoma (MONTEIRO *et al*., 2020; MURUGAN; NAIR; KUMAR, 2019).

Os principais tipos de câncer de pele são: o carcinoma de células escamosas, o carcinoma basocelular e o melanoma. O carcinoma basocelular e o de células escamosas (também conhecido como carcinoma espinocelular) são os chamados câncer do tipo não-melanoma (INCA, 2022).

A região Nordeste do Brasil, devido à sua localização próxima à linha do Equador, recebe uma quantidade significativa de radiação solar. Como resultado, o estado do Maranhão, que está situado na costa nordestina, pode apresentar uma maior incidência de câncer de pele. A análise do tipo específica de câncer de pele desempenha um papel fundamental na orientação de políticas públicas de saúde e no combate ao problema, especialmente no caso do câncer de pele não-melanoma, em que as chances de recuperação são maiores quando diagnosticado precocemente (VICTOR *et al*., 2021).

No ano de 2019 o Rio Grande do Norte foi o estado que apresentou maior incidência de câncer de pele na região nordeste, com um total de 48/100.000 habitantes, de acordo com Victor *et al.,* (2021).

A utilização das imagens dermatoscópicas das lesões representa uma forma menos invasiva de diagnóstico do câncer de pele. No entanto, mesmo para especialistas, a segmentação dessas lesões representa um desafio devido às múltiplas variáveis a serem consideradas, como cores, bordas e dimensão (LIMA; JÚNIOR, 2021).

A regra ABCD consiste em uma técnica clínica que auxilia na detecção de lesões suspeitas. Proposta por Wilhelm Stolz em 1994, a técnica se tornou um padrão amplamente utilizado nas análises dermatoscópicas atuais. De acordo com Stolz *et al.,* (1994), a regra ABCD da dermatoscopia se fundamenta na análise multivariada de quatro critérios: assimetria, corte do padrão de pigmento na borda, variação de cor e estrutura diferente, atualmente conhecida como diâmetro ou dimensão. Posteriormente, foi adicionado a regra E, que consiste na observação da evolução da lesão, formando assim o conjunto ABCDE.

2.2.1. Melanoma

O melanoma se forma nos melanócitos, se desenvolve e se dissemina mais rapidamente em comparação com o câncer de pele não-melanoma, embora menos

comum, o melanoma possui uma maior taxa de letalidade. As células infectadas na pele desenvolvem um pigmento marrom chamada melanina. A melanina fornece à pele sua cor bronzeada ou marrom. Os melanomas podem ocorrer em qualquer parte do corpo humano que compreende melanócitos, atingindo principalmente a face, região plantar e mucosas (MURUGAN; NAIR; KUMAR, 2019).

Melanoma representa o tipo mais perigoso de câncer de pele e a principal causa de morte relacionada a doenças da pele. As taxas estão em constante aumento, e mesmo que o risco seja maior conforme a idade avança, o melanoma está se tornando cada vez mais frequente entre pessoas jovens (FRUTUOSO *et al.*, 2016).

De acordo com Sampaio, Castro e Rivitti (1983), o melanoma maligno se destaca como o tipo de tumor cutâneo mais agressivo de tumor cutâneo, ocorrendo com maior frequência em mulheres de pele branca, na faixa etária de 30 e 60 anos. O melanoma se origina de nevo melanocítico de junção ou composto, ou pode derivar da melanose maligna. Alguns fatores precisam ser considerados para a gênese do melanoma: fatores físicos, genéticos e biológicos.

Os fatores físicos têm relação com a exposição solar e dos raios ultravioletas. Os fatores genéticos têm relação com casos familiares que segundo Sampaio, Castro e Rivitti (1983) chegam a 5% dos casos. Os fatores biológicos podem estar relacionados a questões hormonais, que não estão estabelecidas. O hormônio MSH, por exemplo, estimula a pigmentação e possui em altos níveis em pessoas de pele escura, que são pessoas com o perfil de menor incidência do câncer de pele do tipo melanoma.

Os melanomas podem ser classificados em 4 tipos de acordo com as suas características clínicas e histopatológicas: melanoma lentigo maligno (MLM), melanoma disseminativo superficial (MDS), melanoma nodular (MN) e melanoma acral lentiginoso (MAL) (SPANO; JUNIOR; NETO, 2023).

Sinais que devem deixar o indivíduo alerta são o aumento do tamanho do tumor e da pigmentação, sangramentos, formação de crosta, ulceração e o aparecimento de lesões satélites em nevo pigmentar. Quando não há uma associação clara com o nevo, um dos sinais de alerta está relacionado ao aumento de tamanho do ponto pigmentado, bem como a sua transformação em uma lesão pápulo-nodular com coloração que varia do castanho ao negro (SAMPAIO; CASTRO; RIVITTI, 1983).

Os melanomas possuem importante correlação entre o grau de invasão e o seu prognóstico, tendo em vista que os melanomas possuem grande potencial de metástase. Dessa forma, os níveis de Clark estabelecem 5 níveis de invasão (Figura 2) (SPANO; JUNIOR; NETO, 2023):

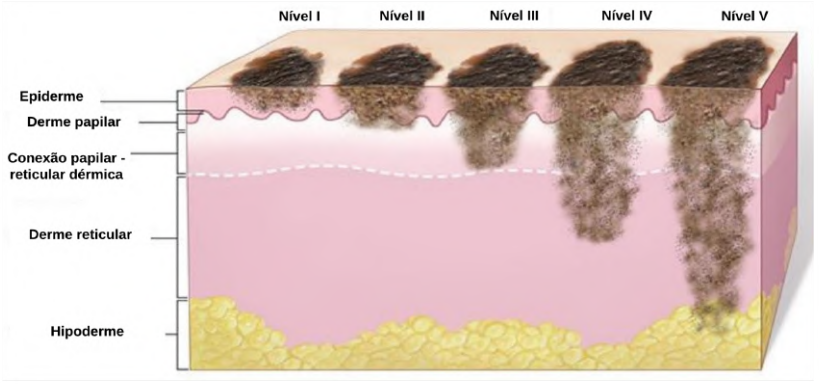
- Nível I: melanoma atinge a região intra-epidérmica sem atingir a membrana basal.
- Nível II: melanoma atinge além da membrana basal e a derme papilar, mas não atinge a derme reticular.
- Nível III: melanoma atinge a derme papilar até o limite da papilar-derme reticular, sem invadir a derme reticular.
- Nível IV: melanoma atinge a derme reticular.
- Nível V: melanoma invade a hipoderme.

De acordo com Sampaio, Castro e Rivitti (1983), nível II corresponde a 8% de metástase, o nível III corresponde a aproximadamente 35% de metástase, o nível IV em torno de 45% e o nível V em torno de 50% de metástase.

O melanoma pode ser classificado em 4 níveis de acordo com o índice de Breslow. A classificação de Breslow (Figura 2), mede o melanoma desde o seu topo até a parte mais profunda onde ele se encontra na pele. A medida feita através de microscópio tendo a unidade de medida em milímetros (mm). Quão alto e quão profundo se encontra o melanoma diz muito sobre o prognóstico, predizer a sobrevida, recidiva local ou acometimento de linfonodos. Análise importante para a tomada de decisão do especialista quanto ao melhor tratamento para tal paciente (LUCIO, 2020). Os níveis de Breslow estão divididos em:

- **Nível I:** melanoma < 0,75 mm.
- **Nível II:** melanoma de 0,76 a 1,5 mm.
- **Nível III:** melanoma de 1,51 a 4,0 mm.
- **Nível IV:** melanoma > 4,1 mm invade a derme reticular.

Figura 2 - Associação dos níveis de Clark e Breslow



Fonte: Adaptado de (LUCIO, 2020).

De acordo com Sampaio, Castro e Rivitti (1983), os dois índices são considerados como critérios de avaliação do câncer, mas outras variáveis precisam ser consultadas, como a dimensão, coloração, sexo, localização, ulceração, tipo celular, entre outras.

A cirurgia se destaca como o principal método curativo para o tratamento do melanoma, porém, sua eficácia depende da fase em que o câncer se encontra e da completa remoção da lesão. Para esse fim devem considerar a idade do indivíduo e a localização do melanoma. As modalidades terapêuticas como quimioterapia e imunoterapia ainda não tem poder curativo, apenas paliativo (SAMPAIO; CASTRO; RIVITTI, 1983).

O resultado esperado para esse tipo de câncer pode ser considerado favorável quando diagnosticado em estágios iniciais. Recentemente, tem havido um significativo aumento na taxa de sobrevivência dos indivíduos com melanoma, principalmente devido à identificação precoce do tumor. Quando encontrado o melanoma precocemente, as chances de um desfecho positivo são maiores, pois há mais opções de tratamento eficazes disponíveis (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

2.2.2. Não-melanoma

O câncer não-melanoma, considerado o tipo mais comum de câncer de pele no Brasil, representa aproximadamente um quarto de todos os tumores malignos diagnosticados no país. Felizmente, possui altas taxas de cura quando identificado em estágios iniciais. Comparado a outros tipos de câncer de pele, o não-melanoma tem a maior incidência, porém apresenta menor taxa de mortalidade. Isso ressalta a importância

da detecção precoce e do tratamento adequado para combater efetivamente essa doença (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

No Brasil, a região com maior número de pessoas com câncer de pele não-melanoma foi a região sul, apesar de ter menor índice de raios ultravioletas, a segunda região mais atingida foi destacada a região nordeste (VICTOR *et al.*, 2021).

De acordo com o INCA (2022), a incidência e o risco de câncer não-melanoma podem ser estimados, sendo possível observar que o câncer de pele não-melanoma afeta mais mulheres do que homens em todas as regiões do país (Tabela 1) e (Tabela 2).

Tabela 1 - Incidência de câncer de pele não-melanoma em homens por região no Brasil

Posição	Região	Quantidade por cada 100 mil habitante
1º lugar	Sul	135,86
2º lugar	Sudeste	121,40
3º lugar	Centro-oeste	77,45
4º lugar	Nordeste	68,97
5º lugar	Norte	17,69

Fonte: INCA (2022).

Tabela 2 - Incidência de câncer de pele não-melanoma em mulheres por região no Brasil

Posição	Região	Quantidade por cada 100 mil habitante
1º lugar	**Sul**	**164,79**
2º lugar	**Sudeste**	**123,33**
3º lugar	**Centro-oeste**	**107,52**
4º lugar	**Nordeste**	**77,84**
5º lugar	**Norte**	**26,90**

Fonte: INCA (2022).

Segundo Victor *et al.,* (2021), anualmente são diagnosticados aproximadamente 180 mil novos casos de câncer de pele, sendo 70% desses casos do tipo carcinoma basocelular. Esse tipo de câncer se origina nas células basais da epiderme e geralmente

apresenta um crescimento lento e menos agressivo. Em relação à metástase para outras áreas do corpo são raras. As áreas mais afetadas são o rosto e regiões da pele expostas ao sol com frequência.

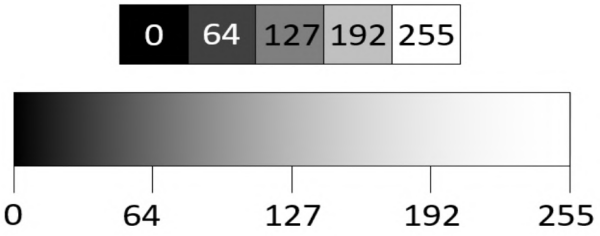
O carcinoma espinocelular se destaca como o segundo tipo mais comum de câncer de pele não-melanoma, correspondendo a cerca de 25% dos casos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Ao contrário do carcinoma basocelular, apresenta maior capacidade de se espalhar para os linfonodos e órgãos internos. Esse tipo de câncer se desenvolve na camada espinhosa da pele, acima da camada basal. As áreas mais afetadas incluem o rosto, orelhas, nariz, pescoço, dorso das mãos e mucosas oral e genital. Importante destacar que lesões pré-existentes, como ceratoses actínicas, podem aumentar o risco de desenvolvimento de carcinoma espinocelular. Quando diagnosticados precocemente, ambos os tipos mais comuns de câncer de pele não-melanoma têm um bom prognóstico (SILVA; DIAS, 2017).

3. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

O processamento digital de imagens se refere à manipulação e análise de imagens digitais utilizando computadores. Para compreender o processo, se faz necessário entender a estrutura e a interpretação dos dados de uma imagem digital pelos computadores e dispositivos digitais. Uma imagem digital se dá pela composição de um número finito de elementos, cada um com uma localização e valor específicos (GONZALEZ; WOODS, 2010).

O *pixel*, elemento base de uma imagem digital, contém uma única cor, e a formação de uma imagem completa se dá pela organização e combinação de vários *pixels*. Na escala de cinza, um *pixel* pode ser representado com intensidade 0 (ausência de cor), variações de cinza, até a intensidade 255, sendo este último a intensidade máxima (Figura 3) (FACCIO, 2020).

Figura 3 - Representação digital da intensidade dos *pixels*



Fonte: Adaptado de Gonzalez e Woods (2010) e FACCIO (2020).

As imagens e fotografias exercem um papel muito importante na percepção humana. Apesar disso, a visão humana está limitada a uma banda de frequência, que varia em comprimento de onda entre 400 e 700nm. As tecnologias utilizadas para o processamento digital de imagens, têm a capacidade de analisar espectros que variam desde o eletromagnético, as ondas gamas e ondas de rádio. Esses aparelhos transformam as ondas que não são visíveis aos olhos humanos, em forma de imagens para que sejam possíveis de serem analisadas. Exemplos disso são os raios X, ultrassom, microscopia eletrônica e até mesmo as imagens geradas pelo computador (SOLOMON; BRECKON, 2011).

A visão computacional, um ramo da Inteligência artificial, tem como objetivo emular a capacidade visual humana por meio de sistemas computacionais. A área da

análise de imagens (também chamada de compreensão de imagens) está situada entre o processamento de imagens e a visão computacional (GONZALEZ; WOODS, 2010). A visão computacional busca extrair e analisar informações que são importantes para a tomada de decisões ou para a geração de dados para determinadas aplicações.

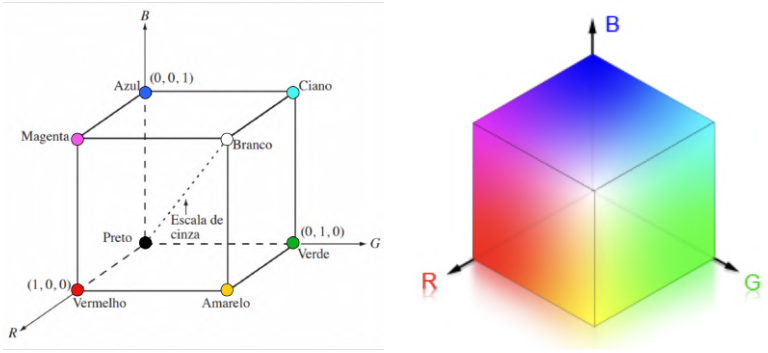
Existem 3 níveis de processos computacionais: baixo, médio e alto. O nível baixo se refere ao pré-processamento das imagens, preparando as imagens para diminuir o ruído, realçar contraste e/ou aguçamento, de forma que as imagens estejam de acordo com o que vai ser analisado nelas nos demais níveis. O nível médio, caracterizado por envolver a segmentação, tem o objetivo de extrair uma região ou um objeto contido na imagem para posterior análise e estudo. No nível alto, será feita a classificação do objeto ou região que foi extraído da imagem, ou seja, a classificação vai desempenhar o papel de reconhecer os objetos que foram extraídos e dar sentidos a eles (GONZALEZ; WOODS, 2010).

No modelo RGB, as cores primárias consistem no vermelho (*Red*), o verde (*Green*) e o azul (*Blue*), e as demais cores são obtidas a partir dessas cores primárias. O modelo RGB utiliza o sistema de coordenadas cartesianas como fundamento (Figura 4), em que uma imagem se compõe de três canais independentes, cada um correspondendo a uma cor primária (FACCIO, 2020).

Cada componente (R, B e B) varia de 0 a 255, representando a intensidade da cor. Então a combinação de diferentes intensidades desses três componentes permite a criação de uma ampla variedade de cores. A Figura 4 ilustra que as cores primárias possuem as seguintes intensidades: vermelho (255, 0, 0), verde (0, 255, 0) e azul (0, 0, 255), considerando que 255 representa a intensidade máxima, e 0 quando a intensidade nesse canal de cor está ausente. Cada canal de cor vermelho, verde e azul possui 8 *bits* por canal. Dessa forma, uma imagem colorida com os três canais de cores possui uma profundidade de 24 *bits* (SOLOMON; BRECKON, 2011).

Gonzalez e Woods (2010) explica que as cores RGB primárias estão em três vértices, as cores secundárias (ciano, magenta e amarelo) estão em outros três vértices, o preto na origem do sistema cartesiano e o branco no vértice mais distante da cor preta. No modelo de cores RGB, a escala de cinzas se prolonga do ponto central preto até o branco, através do segmento que une os dois vértices (Figura 4).

Figura 4 - Sistema de coordenadas cartesianas do modelo RGB de cores



Fonte: Adaptado de Gonzalez e Woods (2010) e FACCIO (2020).

Na escala de cinza as cores são representadas apenas pela intensidade luminosa, sem a presença das componentes de cor vermelho, verde e azul. Nesse modelo, cada *pixel* da imagem possui um valor de intensidade único que varia de preto a branco. O valor mínimo de intensidade corresponde ao preto, enquanto o valor máximo de intensidade corresponde ao branco. Os valores intermediários representam diferentes tons de cinza, que variam do claro ao escuro. A Figura 5 mostra os pontos de máximo, mínimo e intermediários de intensidade dos níveis de cinza (FACCIO, 2020).

Figura 5 - Níveis de cinza

Fonte: De autoria própria.

O modelo de escala de cinza desempenha um papel fundamental no processamento digital de imagens, especialmente em situações em que a cor não possui relevância e interessa apenas a informação de luminosidade. Ao converter uma imagem para a escala de cinza, a imagem perde a cor, mas facilita as análises e as operações para o processamento das imagens. Assim, se mostra mais eficiente utilizar esse modelo para representar as imagens sem a complexidade de analisar 3 canais de cores diferentes, como ocorre no modelo RGB (FACCIO, 2020). A escala de cinza se destaca para técnicas de

binarização, segmentação, detecção de bordas, filtragem, para extração de características, entre outras técnicas.

A segmentação de imagens tem como objetivo dividir uma imagem em objetos ou regiões distintas de acordo com as suas características e propriedades. De acordo com Gonzalez e Woods (2010), uma segmentação bem-sucedida aumenta as chances de sucesso na resolução de problemas que precisam que os objetos sejam identificados individualmente. Por outro lado, os autores enfatizam que segmentação fracas ou inconsistentes quase sempre asseguram falha no processamento. Essa técnica pode ser aplicada em diversas áreas como reconhecimento de objetos, detecção e rastreamento de objetos, medicina e diagnósticos, extração de características, realidade aumentada e computação gráfica, e em indexação e recuperação de imagens.

A representação pode ser tanto por fronteira como pode ser por região. Segundo Gonzalez e Woods (2010) a representação por fronteira se apresenta de forma mais apropriada quando o objeto de análise se concentra em características externas da forma. Enquanto a representação por região se mostra mais adequada quando o objeto de análise são as propriedades internas do objeto, como a forma e a textura, por exemplo. A descrição trata da extração de atributos quantitativos que fornecem informações úteis para entender e diferenciar as classes de objetos presentes em uma imagem.

3.1. PRÉ-PROCESSAMENTO

O pré-processamento de imagens desempenha uma etapa muito importante no processamento digital de imagens, onde se aplicam técnicas e operações para melhorar a imagem que está sendo trabalhada, seja para realçar características e detalhes significativos da imagem, aumentar brilho e contraste, destacar bordas ou até mesmo eliminar ou minimizar ruídos contidos na imagem (GONZALEZ; WOODS, 2010).

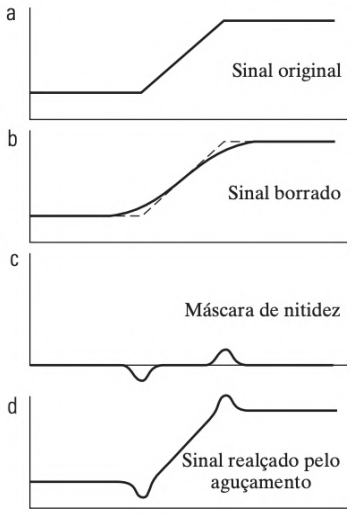
Nessa etapa, a avaliação humana julga se a imagem está adequadamente melhorada e facilitada, tanto para a qualidade visual e interpretação dos olhos humanos, quanto por algoritmos de processamento de imagens. Técnicas de filtragem, normalização, remoção de artefatos, realces e correções são aplicados neste trabalho.

A máscara de nitidez, tem a função de realçar os detalhes em uma imagem. Chamada de "*unsharp mask*", se converteu em uma ferramenta indispensável de

processamento de imagem na edição de fotos digitais, sendo comumente encontrado em processamento embutido em câmeras digitais, impressoras e telas (YE; MA, 2018).

A técnica de máscara de nitidez consiste em criar uma versão borrada da imagem original e, em seguida, subtrair essa versão borrada da imagem original para obter uma máscara de nitidez (GONZALEZ; WOODS, 2010). Posteriormente, a máscara de nitidez adicionada novamente à imagem original, resulta em um realce dos detalhes (Figura 6).

Figura 6 - Máscara de nitidez (*unsharp mask*)



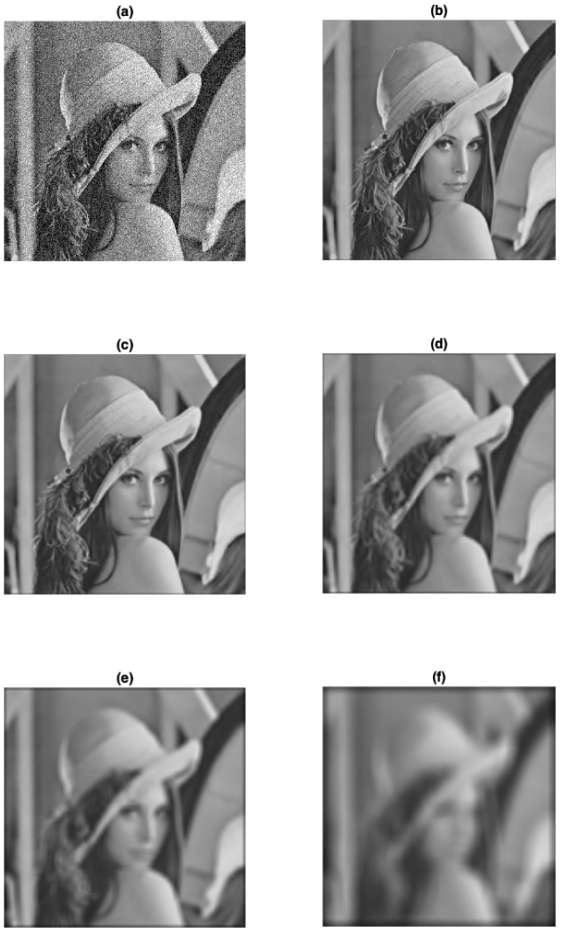
Fonte: GONZALEZ; WOODS (2010).

Filtros como média e mediana são técnicas para suavizar e melhorar a qualidade da imagem, realçando as características desejadas, reduzindo ruídos e imperfeições nas imagens. Gonzalez e Woods (2010) afirma que, os filtros de suavização desempenham duas funções principais: o borramento da imagem e a redução de ruído. O borramento está relacionado à redução da nitidez e dos detalhes da imagem, enquanto a diminuição do ruído envolve a eliminação de pequenas variações de intensidade que podem ser consideradas como ruído.

Nunes (2006) descreve o filtro de média como uma técnica conhecida como média da vizinhança, que consiste em calcular o valor médio dos *pixels* em uma área ao redor de cada *pixel* da imagem. O resultado da média se assume como o novo valor de cinza para o *pixel* em questão. Técnica comumente usada para reduzir o ruído presente na imagem. No entanto, uma desvantagem observada pelo autor foi a perda da nitidez na imagem resultante, apresentando as bordas menos definidas. A Figura 7 mostra um exemplo do

filtro da média, onde a imagem original (Figura 7(a)) possui 512x512 *pixels* e da (Figura 7(b)) a (Figura 7(f)) possuem média de m = 3, 5, 9, 15, 35.

Figura 7 - Filtro da média



Fonte: Adaptado de Queiroz e Gomes (2006).

O filtro de mediana, Nunes (2006) aborda como uma técnica de suavização que substitui o valor de cada *pixel* na imagem final pelo valor mediano dos *pixels* em sua vizinhança. O valor mediano representa o ponto que divide um conjunto de valores em duas partes iguais, com metade dos valores sendo menores que o valor mediano e a outra metade sendo maiores. Essa técnica se mostra eficaz para reduzir ruídos impulsivos, como pontos brancos ou pretos aleatórios na imagem, sem causar grandes distorções nos demais *pixels*, ou seja, ajuda a eliminar os valores extremos causados pelo ruído, preservando melhor as bordas e os detalhes da imagem.

A Figura 8 exemplifica a aplicação da técnica, onde a (Figura 8(a)) exibe uma imagem de teste padrão em Processamento Digital de Imagens com o ruído gaussiano, e (Figura 8(b)) com o ruído reduzido após a aplicação do filtro de mediana 8x8.

Figura 8 - Filtro da mediana

Fonte: Adaptado de Queiroz e Gomes (2006).

Há muitas outras filtragens para realce, para suavização, de equalização de histograma, de filtragem de bordas etc., que podem ser exploradas a depender da necessidade e do objetivo da análise e da aquisição das imagens. Neste trabalho serão descritas apenas as técnicas de processamento de imagens que foram utilizadas na estratégia algorítmica criada.

3.2. SEGMENTAÇÃO

A segmentação, de acordo com Solomon e Breckon (2011), consiste no processo genérico pelo qual uma imagem se subdivide em regiões ou objetos. A segmentação completamente autônoma, uma das tarefas mais difíceis no projeto de sistemas de visão computacional, continua sendo um campo ativo de pesquisa em processamento de imagens e visão computacional.

No processamento de imagens, a segmentação se destaca para diversas tarefas, como extração de características, classificação, descrição, entre outras. A segmentação permite identificar e delimitar objetos ou regiões de interesse de forma relevante. Sem a segmentação adequada, se torna difícil descrever objetos ou realizar classificações precisas, uma vez necessário identificar corretamente o objeto ou a região em estudo.

3.3. LIMIARIZAÇÃO

Solomon e Breckon (2011) afirmam que a limiarização produz uma imagem binária, na qual os valores de *pixel* são definidos como 1 (branco) para os *pixels* que estão acima do valor limite e como 0 (preto) para os *pixels* abaixo do valor limite. Essa técnica encontra ampla aplicação na segmentação de imagens, possibilitando a separação de objetos de interesse do restante da imagem de maneira simples e eficiente.

Na limiarização de uma imagem em escala de cinza, se define um valor de limiar para distinguir entre os *pixels* que representam os objetos de interesse e o plano de fundo. Por exemplo, se quisermos segmentar um objeto que possui intensidade de *pixel* mais clara em relação ao fundo, podemos definir um valor de limiar acima do qual os *pixels* serão considerados como parte do objeto. (ROY *et el.*, 2014)

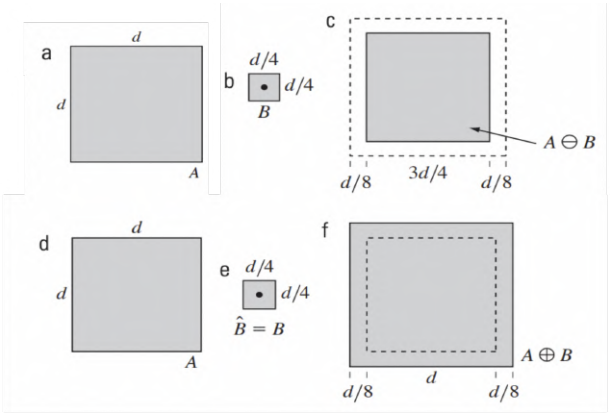
Outra técnica para segmentar objetos ou regiões são os processos morfológicos, proporcionando a manipulação da forma e a estrutura dos objetos em uma imagem, permitindo aprimorar a segmentação e extrair características relevantes dos objetos de interesse.

3.3.1. Processo morfológico

As principais operações morfológicas são de erosão, dilatação, abertura e fechamento. De acordo com Gonzalez e Woods (2010) e Solomon e Breckon (2011) os processos morfológicos são operações que acontecem entre uma imagem e o elemento estruturante, constituído por uma matriz ou um padrão de *pixels* que define a forma e o tamanho da operação morfológica.

A erosão, denotada por $A \ominus B$, remove *pixels* de borda dos objetos, encolhendo-os e criando uma borda mais suave. Útil para remover ruídos e separar objetos conectados. A dilatação, denotada por $A \oplus B$ adiciona *pixels* à borda dos objetos, expandindo-os e preenchendo lacunas (SOLOMON; BRECKON, 2011). Essas duas operações são mostradas na Figura 9.

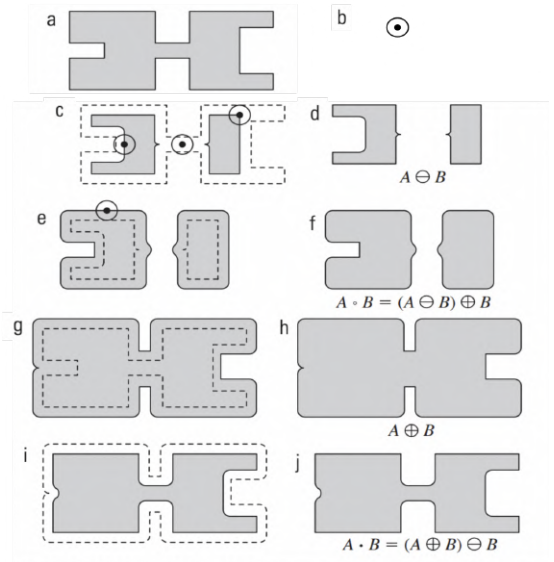
Figura 9 - Processamento morfológico de erosão e dilatação



Fonte: Adaptado de GONZALEZ; WOODS (2010).

A técnica de abertura, denotada por $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$, consiste em uma erosão seguida por uma dilatação com o mesmo elemento estruturante. Essa técnica geralmente suaviza o contorno de um objeto, rompe os istmos e elimina as saliências finas. A técnica de fechamento, denotada por $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$, consiste em uma dilatação seguida por uma erosão com o mesmo elemento estruturante. O fechamento tende a suavizar contornos, mas, diferentemente da abertura, geralmente funde as descontinuidades estreitas, elimina pequenos buracos e preenche as lacunas em um contorno. Essas duas técnicas são demonstradas na Figura 10 (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Figura 10 - Processamento morfológico de abertura e fechamento



Fonte: Adaptado de GONZALEZ; WOODS (2010).

3.4. EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

Neste trabalho as regras ABCD utilizadas pelo especialista são observadas na imagem analisada pelo algoritmo para extrair as informações relevantes das lesões da pele, etapa esta denominada de extração de características. De acordo com Moura *et al.,* (2017) esses atributos estão relacionados a assimetria (A), borda (B), cor (C), e diâmetro (D), particularidades observadas pelo dermatologista ao analisar um paciente em busca de aspectos anormais.

O cálculo da área proporciona informações sobre a extensão ou tamanho de uma região de interesse em uma imagem (BANGARE *et al.*, 2015). Ao realizar esse cálculo, obtemos dados quantitativos que auxiliam na caracterização e compreensão das características espaciais e morfológicas dos objetos presentes na imagem. Essa medida tem uma função importante na tomada de decisões, classificação de objetos, análise de padrões e extração de informações relevantes das imagens.

A área pode ser calculada contando o número de *pixels* que pertencem a essa região, ou seja, na imagem binária em que os *pixels* da região têm o valor 1 (branco) e os *pixels* do fundo têm o valor 0 (preto), a área pode ser calculada contando o número de *pixels* com valor 1 na região (Equação 1) (GONZALEZ; WOODS, 2010). Se a informação do tamanho real da lesão for conhecida em mm, poderá ser feita a conversão de *pixel* para mm^2.

$$Área = \sum_{(u,v)\in I} I[u,v] \quad (1)$$

O perímetro, ou comprimento de uma fronteira como chama Gonzalez e Woods (2010), pode ser estimado considerando a soma dos comprimentos dos contornos dos *pixels* que formam a região (Equação 2). Esse descritor calcula a extensão da borda de uma região, pois fornece informações sobre o contorno ou a fronteira da região, permitindo avaliar a forma e complexidade.

$$Perímetro = \sum_{(u,v)\in I} ||(u_1, v_1) - (u_2, v_2)|| \quad (2)$$

onde (u_1, v_1) e (u_2, v_2) são os vetores das coordenadas de *pixels* adjacentes no contorno da imagem identificada.

O diâmetro pode ser estimado como a distância máxima entre dois pontos da região. Isso pode ser obtido encontrando as coordenadas dos *pixels* extremos na região e calculando a distância euclidiana entre esses pontos (Equação 3). O valor do diâmetro e da orientação de um segmento de linha conectando os dois pontos extremos que compõem o diâmetro (GONZALEZ; WOODS, 2010).

Existem várias formas de calcular o diâmetro, para este trabalho, foi considerada (JANORKAR, 2016):

$$Diâmetro = \frac{Circunferência}{\pi} \quad (3)$$

A circularidade, de acordo com Christensen *et al.,* (2010) calcula a semelhança entre a região que está sendo analisada e uma circunferência que abrange toda a área da região de análise (Equação 4). Neste trabalho, a assimetria foi calculada com base na circularidade. Assim, um resultado próximo de 0% indica menor assimetria na lesão, ou seja, a lesão apresenta uma forma mais circular. Por outro lado, um resultado próximo de 100% indica maior assimetria na lesão, ou seja, a lesão se distancia de um formato circular (COELHO, 2016).

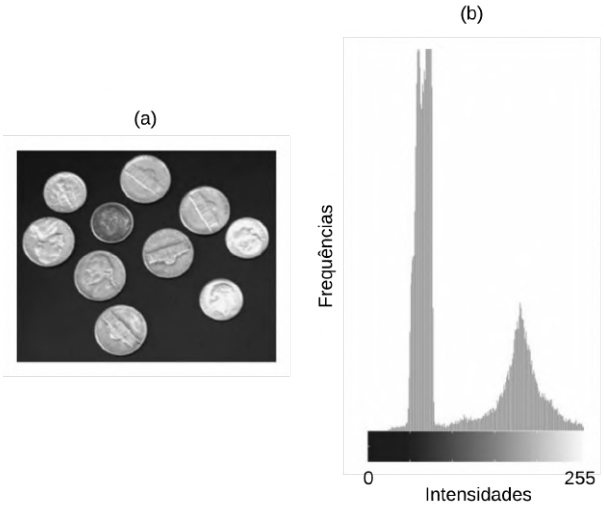
$$Circularidade = \frac{4*\pi*área}{perímetro^2} \quad (4)$$

3.5 HISTOGRAMA

Um histograma de imagem representa um gráfico que exibe a frequência relativa de ocorrência de cada valor de *pixel* permitido na imagem. Ao normalizar o histograma, podemos tratá-lo como uma função de densidade de probabilidade discreta, que indica a probabilidade de um determinado valor de *pixel* ocorrer na imagem. Para uma imagem em escala de cinza, a construção do histograma consiste no número de ocorrências de cada valor de escala de cinza (0-255) na imagem (SOLOMON; BRECKON, 2011).

O histograma mostrado na Figura 11 exibe os picos mais proeminentes da imagem, representando as intensidades que têm maior frequência de ocorrência de *pixels*.

Figura 11 - Histograma: (a) imagem de moedas em níveis de cinza e (b) histograma da imagem (a)



Fonte: Adaptado de SOLOMON; BRECKON (2011).

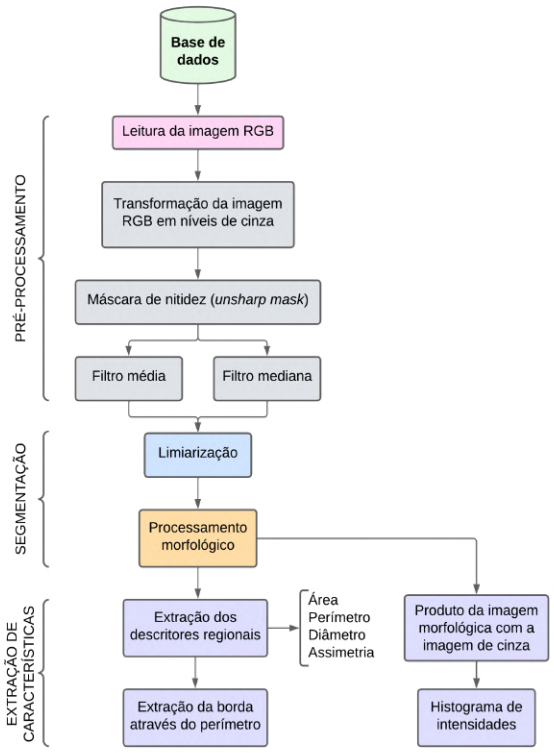
4. METODOLOGIA PARA A SEGMENTAÇÃO E EXTRAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS

4.1. ALGORITMO PROPOSTO

Algoritmos para a segmentação e a extração de características de objetos identificam atributos relevantes, como assimetria, bordas irregulares, variações de cores, dimensão. Estruturas suspeitas podem indicar a presença ou não de melanoma ou de outros tipos de câncer de pele. Pode auxiliar o médico especialista nas tomadas de decisões mais rápidas e precisas para o diagnóstico e tratamento do câncer de pele. Neste contexto foi implementado um algoritmo para extrair de forma automática essas informações.

O algoritmo desenvolvido foi construído baseado em técnicas básicas do processamento digital de imagens usando ferramentas do MATLAB, para se obter a segmentação das lesões do tipo melanoma e não-melanoma, e consequentemente extrair as características importantes para a análise deste trabalho. A Figura 12 apresenta a estratégia algorítmica detalhada em cada etapa.

Figura 12 - Diagrama de blocos do algoritmo proposto



Fonte: De autoria própria.

O MATLAB, uma poderosa ferramenta de processamento numérico, foi escolhido para desenvolver este trabalho devido às métodos que oferece para o processamento de imagens e a facilidade que apresenta para desenvolver código. Adicionalmente, o MATLAB possui uma ampla comunidade de desenvolvedores oferecendo suporte mútuo publicamente na *internet*, sendo este ponto um grande diferencial entre o MATLAB e outros *softwares* de processamento numérico (PRASAD *et al.*, 2022).

4.2. BASE DE DADOS

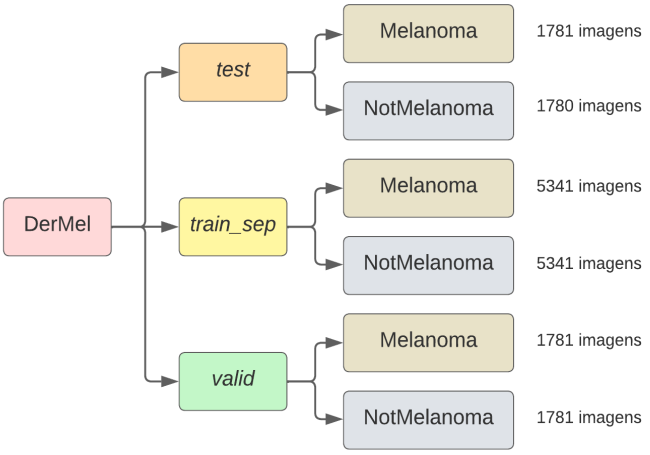
As imagens utilizadas neste trabalho foram retiradas da base de dados do *Kaggle*, uma plataforma *online* utilizada para ciência de dados, *Machine Learning* e competições de análise de dados. A plataforma armazena conjunto de dados de diversas áreas que podem ser explorados e utilizados para pesquisas (BOJER; MELDGAARD, 2021).

A base de dados denominada HAM10k (*Human Against Machine* com mais de 10000 imagens de treinamento), possui imagens dermatoscópicas de lesões da pele/sinais e está dividida em três diretórios: *test*, *train_sep* e *valid* (Figura 13). Cada diretório possui duas pastas: melanoma e não-melanoma no formato .jpeg e .jpg respectivamente. A base possui um total de 17805 imagens, sendo 8903 de melanoma e 8902 não-melanomas. As imagens de melanoma possuem dimensões de 224x224, enquanto as imagens de não-melanoma possuem dimensões de 450x600. As imagens foram normalizadas em questão de luminosidade, cores e de resolução.

O especialista utiliza para análise das lesões um aparelho chamado dermatoscópio, instrumento essencial utilizado na dermatoscopia. A dermatoscopia, método de diagnóstico não invasivo, proporciona uma avaliação e diferenciação de lesões melanocíticas, suspeitas de displasia, melanomas e câncer de pele não-melanoma. O dermatoscópio, instrumento composto por lentes de aumento manuais e uma fonte de luz integrada, que tem como propósito ampliar a visualização da lesão e possibilitar uma melhor avaliação de suas estruturas e características, inclusive na derme reticular (MORENO *et al., 2021*).

Para a análise deste trabalho, foram selecionadas 100 imagens de câncer de pele do tipo melanoma e 100 imagens do tipo não-melanoma, totalizando 200 imagens para estudo. Para seleção foram consideradas apenas as pastas de *train_sep* e *valid*.

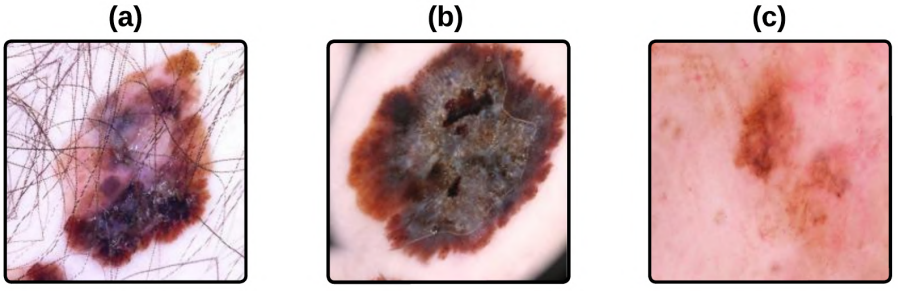
Figura 13 - Base de dados



Fonte: De autoria própria.

Os critérios adotados para a seleção das imagens foram estabelecidos com o objetivo de garantir a qualidade e a confiabilidade dos dados analisados. Imagens com pelo sobre a lesão foram excluídas devido aos possíveis ruídos que poderiam ser introduzidos no processamento da imagem. Tendo em vista que os *pixels* pretos referentes aos pelos poderiam ser erroneamente contabilizados como parte da lesão, alterando a análise do histograma e demais descritores utilizados. Por outro lado, imagens com a borda ultrapassando o tamanho da imagem não foram consideradas, uma vez que não permitem extração adequada das características e os descritores regionais necessários neste trabalho. Da mesma forma, imagens fragmentadas foram descartadas da análise, pois dificultavam a delimitação da área principal da lesão (Figura 14).

Figura 14 - Exemplos de imagens que foram descartadas da análise: (a) imagem com pelo sobre a lesão, (b) lesão ultrapassando a borda da imagem e (c) lesão fragmentada



Fonte: De autoria própria.

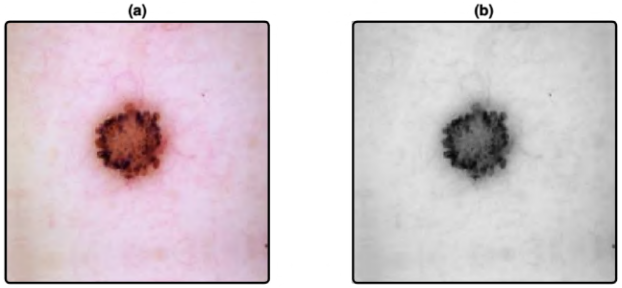
4.3. APLICAÇÃO DO ALGORITMO

Nesta seção será mostrado a aplicação das técnicas de processamento digital de imagens, apresentadas no capítulo 3.

4.3.1. Pré-processamento

A imagem AUG_0_2095 (Figura 15) foi selecionada para exemplificar as etapas do algoritmo. Nesta etapa foi realizada a transformação do modelo de cor RGB para níveis de cinza, uma forma de melhorar a análise e diminuir a complexidade computacional.

Figura 15 - Imagem AUG_0_2095: (a) imagem em RGB e (b) imagem em níveis de cinza

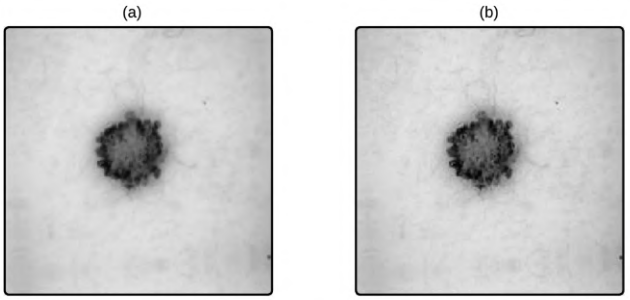


Fonte: De autoria própria.

Após a transformação em níveis de cinza (Figura 16(a)), foi aplicado o filtro *unsharp* (máscara de nitidez) para realçar os detalhes da lesão. A imagem realçada está apresentada na (Figura 16(b)).

A imagem resultante da aplicação da máscara de nitidez mostrou as informações de interesse mais evidentes. Durante o processo de aquisição da imagem, foi observado uma perda da informação, onde o filtro *unsharp* melhorou o contraste da imagem e deixou mais palpável os detalhes da lesão e da pele do indivíduo.

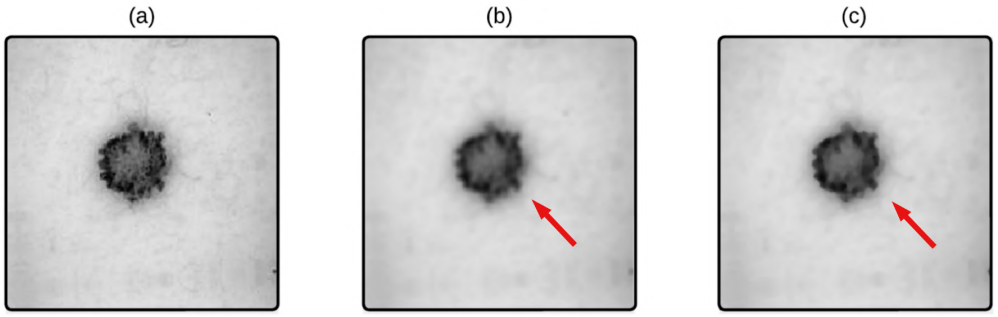
Figura 16 - Resultado da aplicação do filtro: (a) imagem em níveis de cinza e (b) imagem com a máscara de nitidez



Fonte: De autoria própria.

Em cima da imagem resultante com o filtro *unsharp* (Figura 17(a)) foi testado o filtro de média com m=5 (Figura 17(b)), e o filtro de mediana com m=5 (Figura 17(c)). O filtro da média e da mediana foram usados para remover possíveis ruídos presentes das imagens, porém, o filtro de mediana foi superior para a análise, dado que para o mesmo tamanho de janela *m*, a mediana conseguiu preservar de forma mais eficaz as definições de bordas, indicado pela seta vermelha.

Figura 17 - Resultado da aplicação da média e da mediana: (a) imagem com máscara de nitidez, (b) imagem com filtro de média e (c) imagem com filtro de mediana

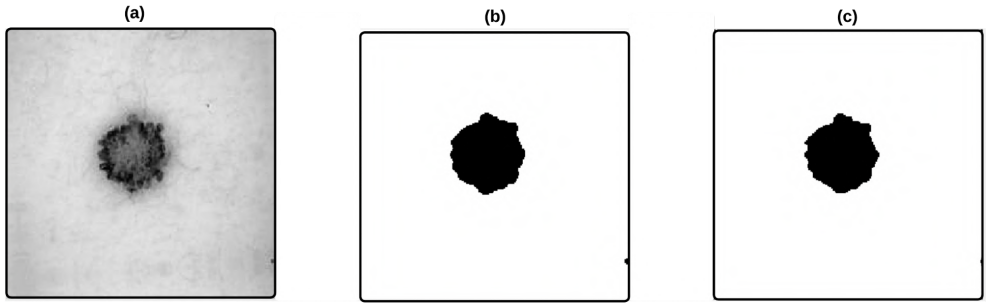


Fonte: De autoria própria.

4.3.2. Segmentação

Ao aplicar a limiarização ficou perceptível os detalhes das bordas na segmentação, sendo possível comparar a limiarização da média (Figura 18(b)) com a limiarização da mediana (Figura 18(c)). A partir desses resultados, os passos seguintes serão considerados a limiarização da mediana, que descreveu com detalhes na segmentação da imagem.

Figura 18 - Resultado da limiarização: (a) imagem com máscara de nitidez, (b) imagem limiarizada a partir da média e (c) imagem limiarizada a partir da mediana

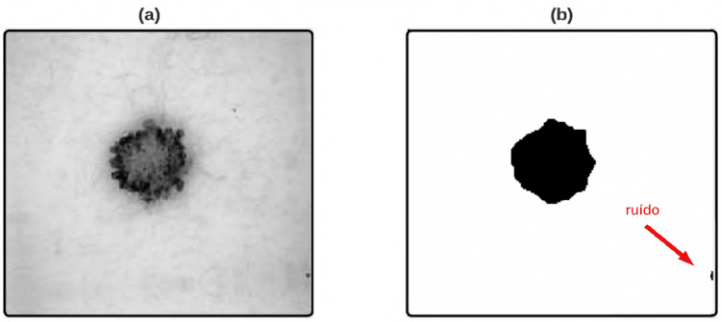


Fonte: De autoria própria.

Com a limiarização das imagens, foram aplicadas técnicas de processamento morfológico, utilizando diferentes elementos estruturantes (EE) como o circular e o quadrado. Na Figura 19(b) foi aplicada a abertura com o EE quadrado, que foi o que mostrou resultado mais relevante em comparação com o EE circular.

A aplicação da abertura teve como intuito remover os ruídos que estão ao redor da lesão. Esses ruídos são devido ao foco do dermatoscópio, o aparecimento da régua, pelos, outros sinais da pele, entre outras interferências.

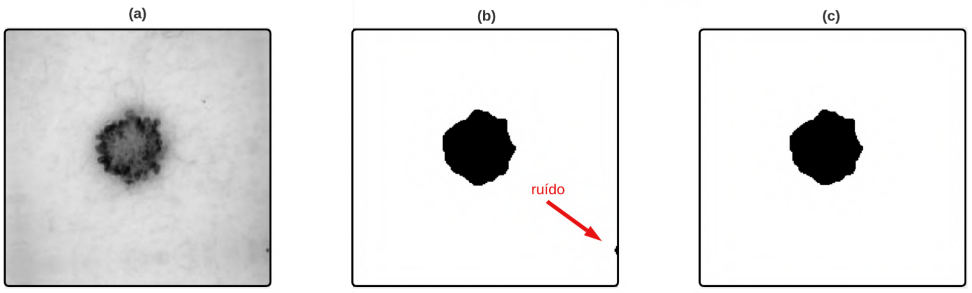
Figura 19 - Resultado da imagem com o Processo Morfológico: (a) imagem com máscara de nitidez e (b) imagem com abertura e EE quadrado



Fonte: De autoria própria.

Foi implementado uma função para gerar uma nova imagem com fundo branco e apenas a lesão segmentada sendo exibida na imagem com fundo branco. Dessa forma, a imagem possibilita a extração de características sem interferências, uma vez que os ruídos foram removidos. Essa nova imagem foi chamada de imagem com lesão isolada (Figura 20(c)).

Figura 20 - Comparação dos resultados do Processo Morfológico: (a) imagem com máscara de nitidez, (b) imagem com abertura e EE quadrado e (c) imagem com lesão isolada



Fonte: De autoria própria.

4.3.3. Extração de características

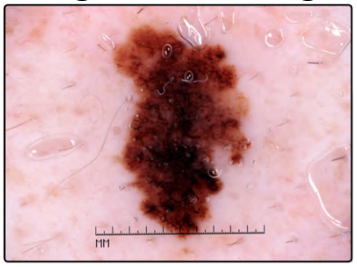
Após o processo de segmentação das imagens, foi possível aplicar técnicas de extração de características que são expressivas para a análise das lesões, como a área, o perímetro, o diâmetro e a circularidade.

Os resultados obtidos são coerentes, mas deve considerar na análise a aquisição da imagem, pois a distância para aquisição da foto utilizada não foi personalizada com o mesmo padrão para toda a base, podendo apresentar resultados diferentes. Para fazer a medição da área em mm^2, foi retratada como modelo a imagem base, contendo a demarcação da área da lesão pelo especialista por uma régua. Com base na marcação da régua na imagem (Figura 21), foi demarcado 10mm para 290 *pixels*. Dessa forma, foi realizada a transformação da unidade *pixel* para mm, dado pelas equações (3) e (4).

$$Pixel\ para\ mm = \frac{10}{290} \quad (5)$$

$$Pixel\ para\ mm^2 = \left(\frac{10}{290}\right)^2 \quad (6)$$

Figura 21 - Imagem contendo régua em mm

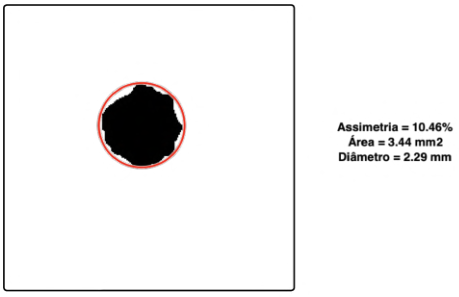


Fonte: *Kaggle* (2018).

Com isso, a área, o diâmetro e a assimetria baseada no conceito da circularidade são extraídos da imagem (Figura 22). No caso da imagem AUG_0_2095, a assimetria deu 10,46%, ou seja, a lesão pouco assimétrica e se assemelha com o círculo, a área = 3,44mm^2 e o diâmetro = 2,29mm.

De acordo com a literatura, Frutuoso *et al*., (2016) mencionou que um diâmetro acima de 5mm pode indicar a necessidade de atenção, sugerindo possível presença de melanoma. Por sua vez, Mustafa; Dauda, A. e Dauda, M. (2017) indicaram um diâmetro acima de 6mm. Nesse caso o resultado obtido na imagem exemplo foi inferior aos 5mm e 6mm, mas para análise de ser um possível melanoma, além do diâmetro, são levadas em conta as variações de cores na lesão, bordas irregulares, e o perfil do indivíduo, a idade, sexo, cor de pele do indivíduo, entre outras variáveis.

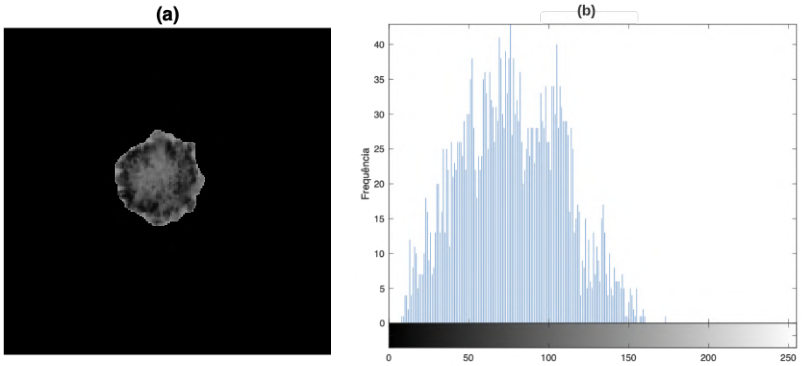
Figura 22 - Imagem com o resultado da circularidade e as informações de Assimetria, Área e Diâmetro



Fonte: De autoria própria.

A Figura 23 ilustra a imagem da lesão segmentada em níveis de cinza e seu histograma, representando a distribuição das intensidades existentes, fase necessária para analisar as variações de intensidades na lesão e as frequências, visto que a variação de cores pode ser indicativa de melanoma.

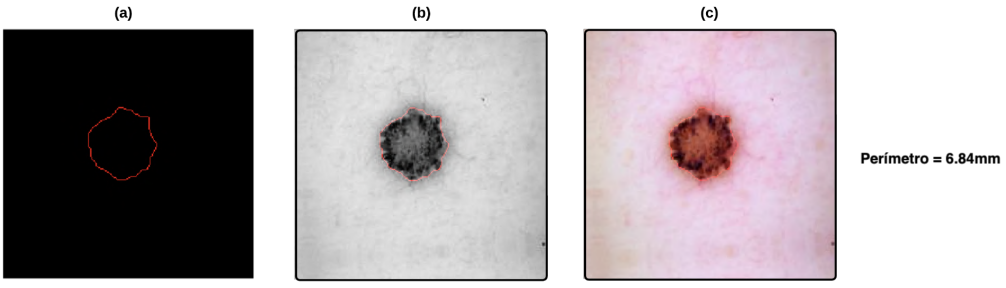
Figura 23 - Resultado: (a) imagem com lesão segmentada em níveis de cinza e (b) histograma distribuição das intensidades



Fonte: De autoria própria.

A partir dos resultados obtidos, na Figura 24 foi calculado o perímetro com 6,84mm. Para uma análise visual a (Figura 24(b)) ilustra as bordas da lesão com a aplicação do filtro *unsharp* e a (Figura 24(c)) exibe a borda posta na imagem original demarcando apenas a lesão. O cálculo do perímetro se mostra como uma referência pertinente para obter informações sobre a forma e a extensão da lesão. Dessa forma, permite uma melhor compreensão e análise das características da lesão, auxiliando no diagnóstico e na tomada de decisões relacionadas ao tratamento.

Figura 24 - Imagem com as informações do Perímetro: (a) Imagem a borda extraída da lesão, (b) imagem com máscara de nitidez com borda e (c) imagem em RGB com a borda

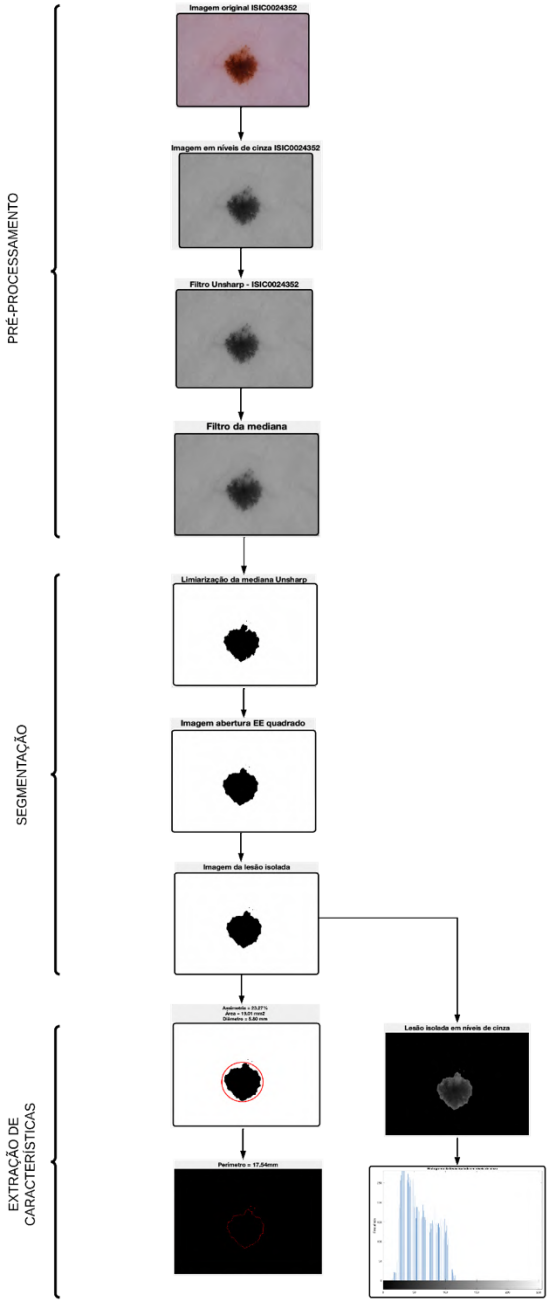


Fonte: De autoria própria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da execução do algoritmo desenvolvido podem ser vistos de forma completa através da Figura 25, utilizando a imagem ISIC_0024352 como exemplo de um câncer de pele do tipo não-melanoma. Nessa figura, são exibidas a segmentação da lesão, a extração das características e todas as informações relevantes obtidas durante o processamento.

Figura 25 - Resultado do algoritmo desenvolvido



Fonte: De autoria própria.

As informações obtidas na extração das características das 100 imagens selecionadas da pasta de câncer de pele melanoma estão apresentadas na Tabela 3. Foi observado que durante o processo de aquisição da imagem não houve padronização na distância da câmera em relação a lesão. Por não seguir o mesmo critério, essa imprecisão influencia nos resultados apresentados em (mm e mm^2). A Tabela 3 apresenta uma amostragem dos resultados obtidos e no Anexo I estão todas as respostas com as imagens utilizadas na base de imagens durante os testes.

Tabela 3 - Resultados das imagens de câncer de pele melanoma

	Nome	Área (mm^2)	Diâmetro (mm)	Perímetro (mm)	Assimetria (%)
1	AUG_0_100.jpeg	9,55	4,22	12,83	28,31
2	AUG_0_1059.jpeg	0,78	1,22	3,18	9,09
3	AUG_0_1074.jpeg	9,63	4,47	11,78	14,37
4	AUG_0_1114.jpeg	13,28	5,28	20,05	58,93
5	AUG_0_1124.jpeg	12,40	5,30	17,07	47,19
6	AUG_0_1177.jpeg	2,51	2,18	6,00	15,55
7	AUG_0_1178.jpeg	5,78	3,46	9,54	21,99
8	AUG_0_1207.jpeg	3,94	2,80	8,28	29,61
9	AUG_0_1276.jpeg	3,49	2,69	7,42	22,64
10	AUG_0_128.jpeg	5,37	3,13	8,64	11,90
11	AUG_0_1350.jpeg	18,61	5,56	16,51	15,33
12	AUG_0_137.jpeg	16,03	5,67	18,38	41,04
13	AUG_0_139.jpeg	10,20	4,59	14,81	42,41
14	AUG_0_144.jpeg	11,22	4,51	15,22	39,97
15	AUG_0_1444.jpeg	5,22	2,78	8,26	6,18
16	AUG_0_1464.jpeg	4,92	3,55	8,97	24,88
17	AUG_0_1484.jpeg	2,79	2,73	6,76	25,70
18	AUG_0_1495.jpeg	8,69	4,71	12,27	28,79
19	AUG_0_15.jpeg	4,11	2,98	9,12	39,31
20	AUG_0_1509.jpeg	11,74	4,37	13,93	25,17

Fonte: De autoria própria.

Analisando a Tabela 4 com os resultados das características extraídas das 100 imagens selecionadas do câncer de pele do tipo não-melanoma, foi observado que os resultados da área, diâmetro e perímetro extraídos apresentaram valores altos para algumas imagens. Essa ocorrência se deve ao fato de que as imagens utilizadas para análise do não-melanoma foram capturadas com distância muito próximas ao dermatoscópio, como ilustra a Figura 26.

Figura 26 - Imagem com distância muito próxima do dermatoscópio

Fonte: De autoria própria.

Os resultados da análise de assimetria foram na maioria dos casos satisfatórios, tanto para o melanoma (Tabela 3), quanto para o não-melanoma (Tabela 4). No entanto, alguns valores apresentados para o não-melanoma mostraram variações com valores mais altos. Essas variações podem ser atribuídas às diferenças na forma e na estrutura das lesões, bem como à buracos que não foram preenchidos na etapa da segmentação devido variações de cores na lesão, como foi ilustrado na Figura 26.

Tabela 4 - Resultados das imagens de câncer de pele não-melanoma

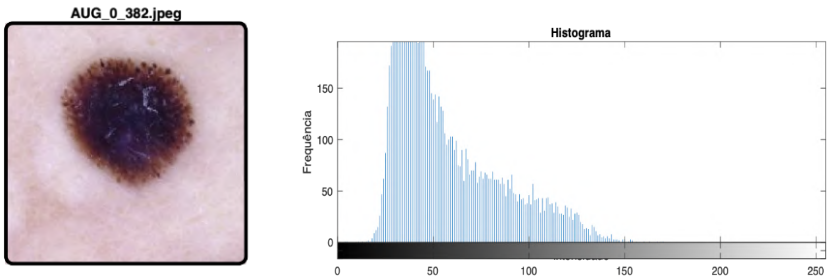
	Nome	Área (mm^2)	Diâmetro (mm)	Perímetro (mm)	Assimetria (%)
1	ISIC_0024311.jpg	79,43	15,19	49,71	59,78
2	ISIC_0024318.jpg	103,18	13,83	55,40	57,92
3	ISIC_0024324.jpg	32,19	9,40	37,08	70,74
4	ISIC_0024327.jpg	78,49	11,09	37,97	31,98
5	ISIC_0024335.jpg	13,14	4,68	13,73	13,81
6	ISIC_0024339.jpg	27,06	8,37	21,37	26,29
7	ISIC_0024340.jpg	48,55	10,63	35,58	52,09
8	ISIC_0024341.jpg	54,53	10,61	29,73	23,05

9	ISIC_0024344.jpg	12,36	4,73	15,29	34,49
10	ISIC_0024347.jpg	46,29	8,55	26,76	19,46
11	ISIC_0024352.jpg	18,88	5,78	17,98	27,49
12	ISIC_0024353.jpg	41,41	9,91	26,87	28,51
13	ISIC_0024358.jpg	45,23	10,48	38,47	61,82
14	ISIC_0024364.jpg	29,13	7,14	22,07	25,58
15	ISIC_0024377.jpg	20,06	6,39	18,70	28,73
16	ISIC_0024378.jpg	1,69	1,66	4,74	9,67
17	ISIC_0024380.jpg	33,85	8,77	28,65	48,57
18	ISIC_0024383.jpg	87,04	11,68	40,95	35,12
19	ISIC_0024387.jpg	7,29	4,00	10,74	22,09
20	ISIC_0024396.jpg	22,78	6,05	20,86	34,88

Fonte: De autoria própria.

Os histogramas foram gerados a partir das imagens da lesão isolada em níveis de cinza, onde mostram a variação de intensidades de cores dentro da lesão, sem considerar a pele. Alguns histogramas apresentam seu pico próximo da intensidade 50, ou seja, são lesões de cores com aparência mais castanhas escuras (Figura 27).

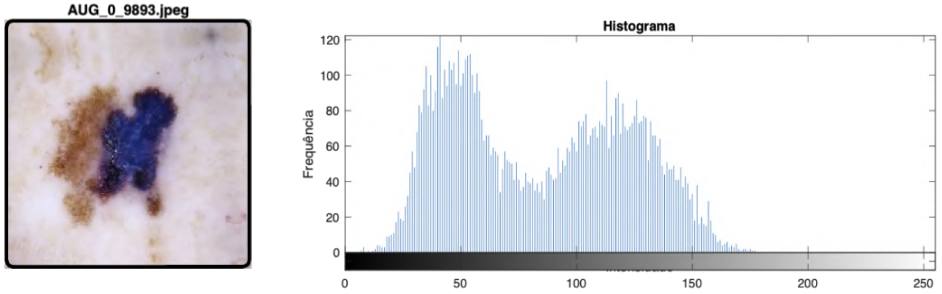
Figura 27 - Imagem de lesão de cor castanho escuro



Fonte: De autoria própria.

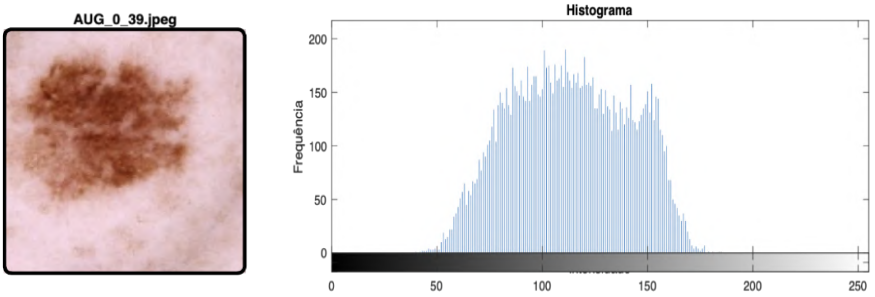
Quando as lesões exibem variação de cores, os histogramas apresentam múltiplos picos de intensidade, indicando características de melanoma (Figura 28). Por outro lado, outros histogramas mostram uma distribuição mais uniforme das intensidades, indicando que não há predominância de valores de intensidade específicos (Figura 29).

Figura 28 - Lesão com variação de cores



Fonte: De autoria própria.

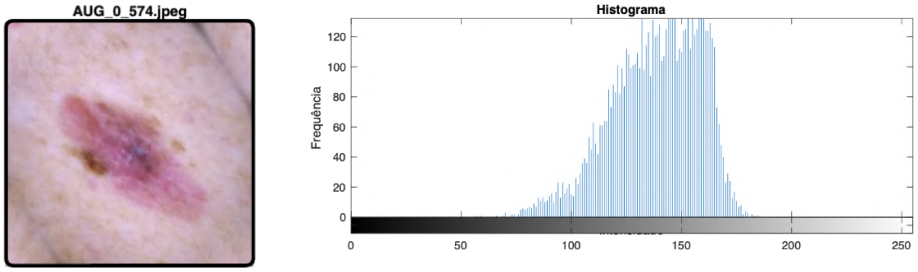
Figura 29 - Imagem de lesão com cor uniforme



Fonte: De autoria própria.

Em lesões que apresentam variação de cor mais rosadas, o pico de intensidade ficava mais próximo da intensidade 150, onde a escala utilizada para medir a intensidade de cor, a tonalidade rosada das lesões se predomina nessa faixa específica de intensidade, em comparação com outras áreas da imagem (Figura 30).

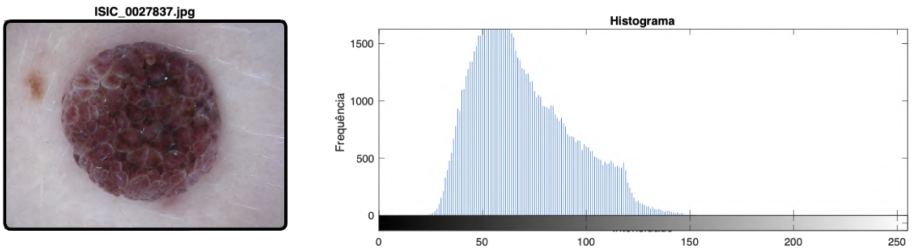
Figura 30 - Imagem de lesão de cor rosada



Fonte: De autoria própria.

Para os histogramas das lesões do tipo não-melanoma, foi observado que apresentavam maior pico de intensidade entre 50 - 100, com comportamento das lesões de coloração castanha com nuances de vermelho (Figura 31). Esse pico de intensidade indica que há uma alta frequência de *pixels* com essas intensidades de cor na lesão, sendo útil para distinguir e identificar características específicas dessas lesões durante a análise.

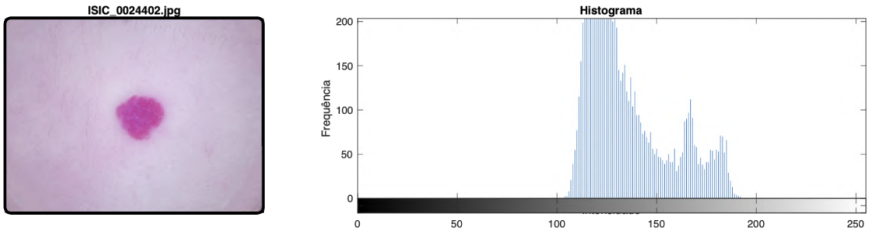
Figura 31 - Imagem de lesão de cor castanha com nuances de vermelho.



Fonte: De autoria própria.

Em lesões de coloração predominantemente rosa, os histogramas apresentavam maior pico entre as intensidades 100 - 150 (Figura 32), indicando que uma parte considerável dos *pixels* que compõem a lesão possui intensidades de cor próximas a esse intervalo.

Figura 32 - Imagem de lesão de cor predominantemente rosa



Fonte: De autoria própria.

6. CONCLUSÕES

Sabendo que o câncer de pele causa morte no Brasil e no mundo, sendo uma das neoplasias mais comuns no país. Detectar precocemente o câncer de pele apresenta maiores chances de cura e um prognóstico mais favorável. Nesse contexto, são necessárias ferramentas e tecnologias que auxiliem os especialistas no diagnóstico do câncer de pele, a fim de diminuir filas de espera para exames específicos e tratar o quanto antes a lesão para que não avance de estágios.

Diante das informações apresentadas, o algoritmo desenvolvido neste trabalho se apresentou como uma nova estratégia na busca da segmentação e extração das características automatizadas do câncer de pele dos tipos melanoma e não-melanoma, utilizando técnicas básicas do processamento digital de imagens com o *software* matemático MATLAB. Uma estratégia que precisa de melhorias, mas que pode dar um norte para o especialista durante a investigação da lesão para o câncer de pele.

As técnicas de máscara de nitidez, filtro da média e filtro da mediana desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento deste trabalho. A aplicação da máscara de nitidez permitiu realçar os detalhes das imagens, tornando-os mais nítidos e evidentes. Por sua vez, os filtros da média e da mediana desempenharam um papel de suavizar os ruídos presentes nas imagens, proporcionando uma melhor qualidade visual e eliminando interferências indesejadas.

A falta de padronização na distância de aquisição das imagens da base de dados representou um desafio para a precisão dos dados extraídos. Além disso, a combinação da tecnologia com a área da saúde trouxe uma especificidade que exigiu uma abordagem cuidadosa. No entanto, a temática e o que foi discutido neste trabalho possui grande relevância, principalmente em países com regiões próximas à linha do Equador, onde há intensa radiação solar. No Brasil, com sua extensa costa e uma cultura de bronzeamento ao sol, os riscos de desenvolvimento de câncer de pele são ainda mais significativos, tornando necessário um foco especial na conscientização, prevenção e detecção precoce da doença.

A estratégia desenvolvida neste trabalho trouxe resultados relevantes. Os resultados foram promissores, evidenciando a eficácia das técnicas aplicadas na análise e auxiliando

o especialista no diagnóstico do câncer de pele. As informações obtidas por meio das análises de imagem contribuíram para a segmentação e caracterização das lesões do tipo melanoma e não-melanoma, oportunizando a detecção precoce e o tratamento adequado.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro, há possibilidade de desenvolver uma estratégia de classificação, através de reconhecimento de padrões, capaz de distinguir entre os tipos de câncer de pele como melanoma e não-melanoma. Outra abordagem interessante seria adaptar o algoritmo para lidar com situações mais desafiadoras, como lesões fragmentadas, presença de pelos ou lesões com coloração mais clara. Isso permitiria ampliar a aplicabilidade do algoritmo e o tornar mais robusto em diferentes cenários clínicos.

Além disso, as estratégias aplicadas neste trabalho podem ser melhoradas, a fim de obter resultados considerando a configuração e a aquisição das imagens apresentadas na base de dados. A implementação do algoritmo em outros *softwares* matemáticos pode ser considerada válida, ampliando as opções disponíveis para auxiliar os especialistas no diagnóstico precoce do câncer de pele. Dessa forma, haveria uma maior flexibilidade e possibilidade de escolha das ferramentas utilizadas, permitindo uma abordagem mais personalizada e adaptada às necessidades de cada profissional. Essas melhorias e expansões contribuíram para aprimorar o diagnóstico e o tratamento do câncer de pele, possibilitando uma detecção precoce mais precisa e um acompanhamento mais efetivo dos pacientes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Dalton Gonçalves Lima; LIMA, Douglas Ferreira; ROCHA, Sílvia Gabrielli; KASHIWABARA, Tatiliana G. Bacelar. Medicina Ambulatorial IV com ênfase em dermatologia. Estrutura e função da pele. 4ª edição, Montes Claros/MG, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Kashiwabara-Kashiwabara/publication/332762755_1_-_MEDICINA_AMBULATORIAL_7/links/5cc852044585156cd7bc10ec/1-MEDICINA-AMBULATORIAL-7.pdf#page=13. Acesso em: 11 jul. 2023.

ARAÚJO, R. L.; SILVA, R. R. V.; FERREIRA, J. L.; CARVALHO, N. R. S. Estudo Comparativo para Segmentação de Melanoma em Imagens de Lesões de Pele. Anais da VII Escola Regional de Computação Aplicada à Saúde (ERCAS), 2019, Teresina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 294-299. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/ercas/article/view/9075. Acesso em: 12 abr. 2023.

BANGARE, Sunil L.; PATIL, Madhura; BANGARE, Pallavi S.; PATIL, Dr. S. T. Implementing Tumor Detection and Area Calculation in Mri Image of Human Brain Using Image Processing Techniques. Int. Journal of Engineering Research and Applications. v. 5, n. 4, p.60-65, 2015.

BARROS, W. K. P.; MORAIS, D. D.; FERNANDES, M. A. C. Detecção de Câncer de Pele com Redes Neurais Artificiais. XIII Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional – CBIC 2017. Disponível em: https://sbic.org.br/wp-content/uploads/2018/09/cbic-paper-108.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

BENEDETTI, Julia. Estrutura e função da pele. MSD: Versão Saúde para a Família. 2021. Disponível em: https://www.msdmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-da-pele/biologia-da-pele/estrutura-e-fun%C3%A7%C3%A3o-da-pele. Acesso em: 02 maio 2023.

BOJER, Casper Solheim; MELDGAARD, Jens Peder. Kaggle forecasting competitions: An overlooked learning opportunity. International Journal of Forecasting. v. 37, n. 2, p. 587-603, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207020301114?casa_token=pkQkYckAKRwAAAAA:fPLZ5HFhvIxixJJVjUTZ1Shhm0tlXM_tQJt3shkQDmq34nj3cWrkR20BPsCPooe_Z7lp7qkTdls. Acesso em: 11 jul. 2023.

BÜHRING, C. A. Z.; WAGNER, L. S.; da SILVA, I. K.; PARISI, M. M. Subtipos de câncer de pele e os impactos dos fatores de risco. Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n.1 ,p. 241-254, 2020.

CÂMARA, Viviane Lira da. Anatomia e Fisiologia da pele. MedicinaNET. 2009. Disponível em: https://www.medicinanet.com.br/conteudos/revisoes/2054/anatomia_e_fisiologia_da_pele_versao_preliminar_.htm. Acesso em: 02 maio 2023.

CHRISTENSEN, J. H.; SOERENSEN, M. B. T.; LINGHUI, Z.; CHEN, S.; MORTEN, O. J. Pre-diagnostic digital imaging prediction model to discriminate between malignant melanoma and benign pigment skin lesion. Skin Research and Technology, v.16, p.98-108, 2010. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20384888/. Acesso em: 25 jun. 2023.

COELHO, Talita Salles. Implementação de algoritmos computacionais para interpretação de imagens dermatoscópicas para diagnóstico de tumores de pele. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85133/tde-28012019-084648/publico/2016CoelhoImplementacao.pdf. Acesso em: 06 jun. 2023.

FACCIO, Thiago Amorim de. Análise de características em imagens digitais na tarefa de segmentação interativa. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente, UNESP. 2020. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/193203. Acesso em: 06 jul. 2023.

FERLAY, J. *et al*. Cancer statistics for the year 2020: an overview. International Journal of Cancer, New York, Apr. 2021. DOI 10.1002/ijc.33588.

FILALI, Youssef; SABRI, My Abdelouahed; AARAB, Abdellah. An Improved Segmentation Approach for Skin Lesion Classification. Statistics, Optimization and Information Computing. Vol.7, June 2019, p. 456–467. Disponível em: http://www.iapress.org/index.php/soic/article/view/soic.190615/507. Acesso em: 15 abr. 2023.

FRUTUOSO, R. L.; SIQUEIRA, R. S.; SANTOS, J. R. V.; OLIVEIRA, A. C. Uso de algoritmos de reconhecimento de padrões aplicados ao problema de câncer de pele do tipo melanoma. Disponível em: https://sbic.org.br/wp-content/uploads/2016/03/bricsccicbic2013_submission_321.pdf. Acesso em: 31 mar. 2023.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. C. **Processamento digital de imagens.** tradução: Cristina Yamagami e Leonardo Piamonte. 3ª Edição, 2010.

GUIDETTI, M. V.; PORTO, I. C. R.; REZENDE, M. G. V.; MORAIS, G. C. G.; REZENDE, L. F. Incidência e importância do diagnóstico precoce de melanoma no Brasil. Revista Brasileira Multidisciplinar - ReBraM, v. 19, n. 1, p. 147-154. jul. 2016. Disponível em: https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/373. Acesso em: 31 mar. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES (INCA). MINISTÉRIO DA SAÚDE. Estimativa - 2023. Incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2023.pdf. Acesso em: 15 jun. 2023.

JANORKAR, Dhananjay. The Theorem of the Verification of How the Values of Circumference of Circle Divided by Diameter [Circumference of Circle ÷ Diameter = Pi (Π)] Provided by Great Scientists Till Date are Incomplete and Irrational Whereas How the

Value of Goba (Circumference of Circle ÷ Straight Diameter = Goba = 3.141592653) is Definite, Complete and Rational Has Been Proved. International Journal of Shantaram Janorkar of Mathematics, Science & Spiritual, I (2016). Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2848733. Acesso em: 06 jun. 2023.

KAGGLE. Melanoma. Augmented dermoscopic pigmented skin lesions from HAM10k. 2018. Disponível em: https://www.kaggle.com/datasets/drscarlat/melanoma. Acesso em 03 abr. 2023.

LIMA, José Guilherme Pereira; JÚNIOR, Geraldo Braz. Attention Efficient Residual U-Net: uma Rede Neural para a Segmentação de Lesões de Pele. Anais do VIII Encontro Acadêmico de Computação - UFMA. ISSN: 2594-486X. Disponível em: https://pet-comp-ufma.github.io/EAComp_site/Anais%202021/Attention%20Efficient%20Residual%20U-Net%20uma%20Rede%20Neural%20para%20a.pdf. Acesso em: 13 abr. 2023.

LUCIO, Stephano Nunes. Câncer de Pele Melanoma. INCA - Instituto do Câncer Rio Preto. 2020. Disponível em: https://incariopreto.com.br/cancer-de-pele-melanoma/#:~:text=Classifica%C3%A7%C3%A3o%20ou%20N%C3%ADveis%20de%20Clark,V%20(um%20a%20cinco). Acesso em: 26 jun. 2023.

LYNN, Nay Chi; KYU, Zin Mar. Segmentation and Classification of Skin Cancer Melanoma from Skin Lesion Images. 18th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT). Taipei, Taiwan, 2017, pp. 117-122, doi: 10.1109/PDCAT.2017.00028. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8327076. Acesso em: 02 maio 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Instituto Nacional de Câncer (INCA). ABC do Câncer: Abordagens Básicas para o Controle do Câncer. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em:

MONTEIRO, J. M. C.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, N. C. S.; SALIBA, W. A. Características dos protetores solares para sua eficácia na prevenção do câncer de pele e fotoenvelhecimento. Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR. v .32, n. 3, p. 112-115. set./nov. 2020. Disponível em:https://www.mastereditora.com.br/periodico/20201109_085100.pdf. Acesso em: 03 abr. 2023.

MOURA, N.; VERAS, R.; AIRES, K.; SANTOS, L.; MACHADO, V. Proposta de um Descritor Híbrido para Aprimoramento da Identificação Automática de Melanoma. XXXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. p. 2034-2043. 2017. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbcas/article/view/3721. Acesso em: 02 abr. 2023.

MORENO, Rafaela; MENDEZ, Mariana do Couto; MIELE, Monique; FROTA, Myriam Victória Monteiro; TEFÉ-SILVA, Cristiane. Uso do dermatoscópio como ferramenta diagnóstica em lesões melanocíticas: uma revisão de literatura. Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação. Ribeirão Preto, v. 2, n. 2, 2021. ISSN 2675-4827. Disponível em:

https://dialogus.baraodemaua.br/index.php/cse/article/view/270/209. Acesso em: 06 jul. 2023.

MURUGAN, A.; NAIR, S.Anu H.; KUMAR, K. P. Sanal. Detection of Skin Cancer Using SVM, Random Forest and kNN Classifiers. Journal of Medical Systems (2019) 43: 269. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-019-1400-8. Acesso em: 16 abr. 2023.

MUSTAFA, S.; DAUDA, A. B.; DAUDA, M. Image Processing and SVM Classification for Melanoma Detection. International Conference on Computing Networking and Informatics (ICCNI), Lagos, Nigeria, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCNI.2017.8123777. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8123777. Acesso em: 02 maio 2023.

NUNES, Fátima L. S. Introdução ao processamento de imagens médicas para auxílio a diagnóstico – uma visão prática. Livro das Jornadas de Atualizações em Informática, p. 73-126, 2006.

PESSOA, D. L.; FERREIRA, L. P.; SILVA, R. S.; TEIXEIRA, F. F. N.; ABREU, C. B.; SILVA, E. H. O.; REIS, P. F. F.; NEVES, A. A. P. F. Análise do perfil epidemiológico do câncer de pele não melanoma no estado de Roraima no período de 2008 a 2014. Brazilian Journal of health Review. v. 3, n. 6, p. 18577-18590. nov./dez. 2020. ISSN 2595-6825. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/21583/17218. Acesso em: 03 abr. 2023.

PIRES, C. A. A.; FLAYAL, A. P.; CAVALCANTE, R. H.; FLAYAL, S. P. LOPES, N. S.; FLAYAL, F. P.; SANTOS, M. A. L. Câncer de pele: características do perfil e avaliação da proteção solar dos pacientes atendidos em serviço universitário. Journal of Health and Biological Sciences. jan.-mar. 2018, v. 6, n. 1, p. 54-59. Disponível em: https://periodicos.unichristus.edu.br/jhbs/article/view/1433/551. Acesso em: 31 mar. 2023.

PRASAD, Kudumu Vara; SUSMITHA, Bollamreddi; CHENNU, Tulasi; MURTHY, Kambala Mithra Sai Bhanu; DATTA, Meda Vishnu. Skin Cancer Lesions Classification Using Probabilistic Neural Network. Journal of Physics: Conference Series. 2022. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2335/1/012028/pdf. Acesso em: 11 jul. 2023.

PRIYA, A. G.; ANITHA, J.; POORNIMA, J. Identification of Melanoma in Dermoscopy Images Using Image Processing Algorithms. International Conference on Control, Power, Communication and Computing Technologies (ICCPCCT), Kannur, India, 2018, pp. 553-557, doi: 10.1109/ICCPCCT.2018.8574277. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8574277. Acesso em: 02 maio 2023.

PURIM, K. S. M.; BONETTI, J. P. C.; SILVA, J. Y. F.; MARQUES, L. B. PINTO, M. C. S.; RIBEIRO, L. C. Características do melanoma em idosos. Revista Colégio Brasileiro Cirurgiões. 47, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rcbc/a/4MyTzY3M7fKmMtqhKp38tbT/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 31 mar. 2023.

QUEIROZ, José Eustáquio Rangel de; GOMES, Herman Martins. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. Revista RITA: instruções para preparação de documentos em Word. v. 13, v. 2, 2006. Disponível em: https://saulo.arisa.com.br/aulas/cg/PDI_RitaTutorial.pdf. Acesso em: 06 jul. 2023.

ROY, P.; DUTTA, S.; DEY, N.; DEY, G.; CHAKRABORTY, S.; RAY, R. Adaptive thresholding: A comparative study. International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), Kanyakumari, India, 2014, pp. 1182-1186, doi: 10.1109/ICCICCT.2014.6993140. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6993140?casa_token=pdZRfFPP-WIAAAAA:_JH1NuWzg3mEh7Y98hjuDCDE5RVgrfgGnEZxLY9Jz8QIFpibKMjPPoqP97LgBdYKXVOailN5d0g. Acesso em: 11 jul. 2023.

SAMPAIO, Sebastião A. P.; CASTRO, Raymundo M.; RIVITTI, Evandro A. Dermatologia básica. 3. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1983.

SILVA, Ricardo Dias da; DIAS, Meye Aparecida Inácio. Incidência do carcinoma basocelular e espinocelular em usuários atendidos em um hospital de câncer. Revista Família, Ciclos de Vida e Saúde no Contexto Social. 2017; v.5, n.2, p. 228 - 234. Disponível em: https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/refacs/article/view/1681/pdf_1. Acesso em: 25 jun. 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. Câncer da pele. 2022. Disponível em: https://www.sbd.org.br/doencas/cancer-da-pele/. Acesso em 06 abr. 2023.

SOLOMON, C.; BRECKON, T. Fundamentals of Digital Image Processing: A practical approach with examples in Matlab. John Wiley & Sons, 2011.

SOUZA, L. B. M.; LÉLIS, S. P. B. D.; SILVA, R. R. V. Segmentação de Lesões de Pele Utilizando Algoritmos de Aprendizagem Profunda. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS), 2020, Evento Online. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 344-355. ISSN 2763-8952. Disponível em:https://sol.sbc.org.br/index.php/sbcas/article/view/11526/11389. Acesso em: 13 abr. 2023.

SPANO, Blanca Giovanna Tolomei, JUNIOR, Jordão Francisco da Silva; NETO, João da Silva. Análise Retrospectiva Da Pesquisa De Linfonodo Sentinela Em Melanoma Cutâneo. Revista Foco. Curitiba/PR v. 16, n.5, p. 01-13 2023. Disponível em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/1987/1273. Acesso em: 11 jul. 2023.

SREEDHAR, B.; SWAMY, M.; KUMAR, M. S. A Comparative Study of Melanoma Skin Cancer Detection in Traditional and Current Image Processing Techniques. Fourth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, India, 2020, pp. 654-658, doi: 10.1109/I-SMAC49090.2020.9243501. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9243501. Acesso em: 02 maio 2023.

SREELATHA, Tammineni; SUBRAMANYAM, M. V.; PRASAD, M. N. Giri. Early Detection of Skin Cancer Using Melanoma Segmentation technique. Journal of Medical Systems (2019) 43: 190. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-019-1334-1. Acesso em: 16 abr. 2023.

STOLZ, Wilhelm; NACHBAR, Franz; MERKLE, Tanja; COGNETTA, Armand B.; VOGT, Thomas; LANDTHALER, Michael; BILEK, Peter; BRAUN-FALCO, Otto; PLEWIG, Gerd. The abcd rule of dermatoscopy. high prospective value in the diagnosis of doubtful melanocytic skin lesions. American Academy Dermatology, 1994. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8157780/. Acesso em: 27 jun. 2023.

VICTOR, Y. A.; COSTA, I. S.; JÚNIOR, N. J. P. B.; COSTA, S. S.; SAMPAIO, C. T. L.; CAMPOS, L. F. P. Análise comparativa do perfil epidemiológico do câncer de pele não-melanoma no Brasil, Nordeste e Maranhão, no período 2015-2019. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, e14410514552, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14552/13260. Acesso em: 05 abr. 2023.

WILD, C. P.; WEIDERPASS, E.; STEWART, B. W. (ed.) World cancer report: cancer research for cancer prevention. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2020. Disponível em: https://www.iccp-portal.org/system/files/resources/IARC%20World%20Cancer%20Report%202020.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

YE, W; MA, K. -K., Blurriness-Guided Unsharp Masking. *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 27, n. 9, p. 4465-4477, 2018, doi: 10.1109/TIP.2018.2838660. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8361438. Acesso em 11 jul. 2023.

ANEXO I

Tabela 3 - Resultados das imagens de câncer de pele melanoma

	Nome	Área (mm^2)	Diâmetro (mm)	Perímetro (mm)	Assimetria (%)
1	AUG_0_100.jpeg	9,55	4,22	12,83	28,31
2	AUG_0_1059.jpeg	0,78	1,22	3,18	9,09
3	AUG_0_1074.jpeg	9,63	4,47	11,78	14,37
4	AUG_0_1114.jpeg	13,28	5,28	20,05	58,93
5	AUG_0_1124.jpeg	12,40	5,30	17,07	47,19
6	AUG_0_1177.jpeg	2,51	2,18	6,00	15,55
7	AUG_0_1178.jpeg	5,78	3,46	9,54	21,99
8	AUG_0_1207.jpeg	3,94	2,80	8,28	29,61
9	AUG_0_1276.jpeg	3,49	2,69	7,42	22,64
10	AUG_0_128.jpeg	5,37	3,13	8,64	11,90
11	AUG_0_1350.jpeg	18,61	5,56	16,51	15,33
12	AUG_0_137.jpeg	16,03	5,67	18,38	41,04
13	AUG_0_139.jpeg	10,20	4,59	14,81	42,41
14	AUG_0_144.jpeg	11,22	4,51	15,22	39,97
15	AUG_0_1444.jpeg	5,22	2,78	8,26	6,18
16	AUG_0_1464.jpeg	4,92	3,55	8,97	24,88
17	AUG_0_1484.jpeg	2,79	2,73	6,76	25,70
18	AUG_0_1495.jpeg	8,69	4,71	12,27	28,79
19	AUG_0_15.jpeg	4,11	2,98	9,12	39,31
20	AUG_0_1509.jpeg	11,74	4,37	13,93	25,17
21	AUG_0_154.jpeg	15,08	6,24	16,73	33,19
22	AUG_0_1541.jpeg	5,17	2,91	8,27	7,34
23	AUG_0_1589.jpeg	11,66	4,61	13,57	21,69
24	AUG_0_1628.jpeg	9,71	4,39	12,25	20,11
25	AUG_0_1643.jpeg	9,22	4,32	11,62	15,79
26	AUG_0_170.jpeg	1,67	2,01	5,05	21,28
27	AUG_0_183.jpeg	11,44	5,39	15,40	40,18
28	AUG_0_1852.jpeg	5,40	3,04	8,52	8,78
29	AUG_0_1857.jpeg	7,72	4,06	12,49	38,90
30	AUG_0_1869.jpeg	8,03	3,54	11,08	19,39
31	AUG_0_187.jpeg	16,68	5,49	15,84	17,57
32	AUG_0_190.jpeg	7,56	3,99	11,27	26,61
33	AUG_0_191.jpeg	11,62	4,45	12,80	12,44
34	AUG_0_198.jpeg	3,30	2,89	8,39	42,58
35	AUG_0_1996.jpeg	4,62	3,07	8,16	15,08

36	AUG_0_2010.jpeg	13,48	5,10	14,22	17,48
37	AUG_0_202.jpeg	9,11	4,10	12,03	22,23
38	AUG_0_203.jpeg	10,16	4,17	15,51	47,66
39	AUG_0_208.jpeg	3,41	2,78	7,31	22,12
40	AUG_0_209.jpeg	1,89	1,87	5,35	20,28
41	AUG_0_2095.jpeg	3,41	2,29	6,93	13,40
42	AUG_0_2118.jpeg	2,24	2,29	6,03	25,26
43	AUG_0_2141.jpeg	8,50	4,21	11,59	21,96
44	AUG_0_2162.jpeg	17,87	5,66	17,00	23,27
45	AUG_0_2211.jpeg	7,78	3,65	11,04	21,31
46	AUG_0_2230.jpeg	15,00	6,36	16,12	28,43
47	AUG_0_2351.jpeg	11,91	4,97	13,56	19,87
48	AUG_0_2417.jpeg	12,71	4,47	13,20	9,91
49	AUG_0_248.jpeg	0,67	1,11	2,87	5,33
50	AUG_0_2487.jpeg	3,79	2,58	7,37	14,78
51	AUG_0_264.jpeg	1,69	1,69	4,83	12,86
52	AUG_0_274.jpeg	7,88	4,10	10,85	17,57
53	AUG_0_28.jpeg	2,73	2,63	6,96	31,18
54	AUG_0_282.jpeg	7,22	3,47	10,61	21,05
55	AUG_0_293.jpeg	4,61	3,45	8,77	26,51
56	AUG_0_308.jpeg	4,96	2,92	8,52	16,33
57	AUG_0_311.jpeg	12,64	5,93	15,43	34,20
58	AUG_0_312.jpeg	9,40	4,15	12,36	23,99
59	AUG_0_322.jpeg	15,42	5,13	15,11	16,35
60	AUG_0_324.jpeg	10,80	5,05	14,45	35,99
61	AUG_0_335.jpeg	2,84	2,77	6,79	24,92
62	AUG_0_339.jpeg	3,16	2,39	6,82	17,24
63	AUG_0_357.jpeg	18,24	5,60	17,65	27,30
64	AUG_0_381.jpeg	7,08	3,80	10,71	23,94
65	AUG_0_382.jpeg	12,39	4,34	13,15	11,48
66	AUG_0_39.jpeg	16,71	5,71	19,15	43,40
67	AUG_0_396.jpeg	0,60	1,28	3,03	23,26
68	AUG_0_41.jpeg	5,82	4,30	11,95	49,72
69	AUG_0_43.jpeg	16,66	6,15	17,59	33,19
70	AUG_0_443.jpeg	5,26	3,09	8,76	16,00
71	AUG_0_446.jpeg	8,82	4,56	12,20	26,90
72	AUG_0_458.jpeg	11,95	4,65	14,88	33,15
73	AUG_0_524.jpeg	5,75	3,20	9,07	14,31
74	AUG_0_54.jpeg	2,47	2,16	5,99	16,55
75	AUG_0_548.jpeg	7,28	4,54	13,09	47,49

76	AUG_0_549.jpeg	6,54	4,42	12,05	44,36
77	AUG_0_5527.jpeg	5,04	3,23	9,23	27,51
78	AUG_0_574.jpeg	8,32	5,57	14,95	53,90
79	AUG_0_6.jpeg	6,94	3,44	9,77	10,69
80	AUG_0_62.jpeg	6,29	3,70	10,27	26,66
81	AUG_0_63.jpeg	3,95	2,84	7,64	17,12
82	AUG_0_67.jpeg	1,26	1,41	3,97	4,72
83	AUG_0_708.jpeg	1,90	2,21	5,91	33,93
84	AUG_0_806.jpeg	11,57	4,43	14,39	30,87
85	AUG_0_816.jpeg	13,59	5,57	14,94	24,60
86	AUG_0_827.jpeg	7,68	4,06	11,26	25,36
87	AUG_0_837.jpeg	2,33	2,46	6,35	29,63
88	AUG_0_842.jpeg	4,53	3,57	9,01	31,54
89	AUG_0_901.jpeg	8,48	5,29	12,74	35,48
90	AUG_0_9752.jpeg	14,10	5,56	14,61	18,27
91	AUG_0_9761.jpeg	8,67	4,32	13,70	42,82
92	AUG_0_9798.jpeg	15,88	5,23	15,34	16,35
93	AUG_0_984.jpeg	7,44	3,90	11,05	24,87
94	AUG_0_9893.jpeg	10,22	4,86	16,25	52,01
95	AUG_0_9896.jpeg	6,68	3,79	10,04	18,52
96	AUG_0_9922.jpeg	8,66	4,40	11,34	16,92
97	AUG_0_9945.jpeg	14,57	5,27	17,26	39,26
98	AUG_0_995.jpeg	7,28	3,76	14,75	58,55
99	AUG_0_9967.jpeg	7,49	3,95	10,86	21,84
100	AUG_0_9993.jpeg	7,17	3,41	11,17	29,15

Fonte: De autoria própria.

Tabela 4 - Resultados das imagens de câncer de pele não-melanoma

	Nome	Área (mm^2)	Diâmetro (mm)	Perímetro (mm)	Assimetria (%)
1	ISIC_0024311.jpg	79,43	15,19	49,71	59,78
2	ISIC_0024318.jpg	103,18	13,83	55,40	57,92
3	ISIC_0024324.jpg	32,19	9,40	37,08	70,74
4	ISIC_0024327.jpg	78,49	11,09	37,97	31,98
5	ISIC_0024335.jpg	13,14	4,68	13,73	13,81
6	ISIC_0024339.jpg	27,06	8,37	21,37	26,29
7	ISIC_0024340.jpg	48,55	10,63	35,58	52,09
8	ISIC_0024341.jpg	54,53	10,61	29,73	23,05
9	ISIC_0024344.jpg	12,36	4,73	15,29	34,49
10	ISIC_0024347.jpg	46,29	8,55	26,76	19,46
11	ISIC_0024352.jpg	18,88	5,78	17,98	27,49
12	ISIC_0024353.jpg	41,41	9,91	26,87	28,51
13	ISIC_0024358.jpg	45,23	10,48	38,47	61,82
14	ISIC_0024364.jpg	29,13	7,14	22,07	25,58
15	ISIC_0024377.jpg	20,06	6,39	18,70	28,73
16	ISIC_0024378.jpg	1,69	1,66	4,74	9,67
17	ISIC_0024380.jpg	33,85	8,77	28,65	48,57
18	ISIC_0024383.jpg	87,04	11,68	40,95	35,12
19	ISIC_0024387.jpg	7,29	4,00	10,74	22,09
20	ISIC_0024396.jpg	22,78	6,05	20,86	34,88
21	ISIC_0024401.jpg	65,35	11,63	35,91	36,71
22	ISIC_0024402.jpg	10,93	4,08	12,16	8,73
23	ISIC_0024404.jpg	14,40	5,67	15,54	26,09
24	ISIC_0024405.jpg	31,19	8,03	23,92	32,13
25	ISIC_0024416.jpg	4,67	2,86	8,45	19,87
26	ISIC_0024418.jpg	14,96	5,11	15,32	21,01
27	ISIC_0024436.jpg	35,40	9,04	25,30	31,08
28	ISIC_0024437.jpg	8,47	3,70	10,97	13,25
29	ISIC_0024442.jpg	56,07	10,94	32,09	32,05
30	ISIC_0024447.jpg	30,46	6,94	22,54	25,41
31	ISIC_0024485.jpg	17,63	5,99	22,07	54,95
32	ISIC_0024486.jpg	11,46	5,03	13,22	18,94
33	ISIC_0024492.jpg	17,42	6,31	16,91	24,44
34	ISIC_0024494.jpg	95,05	12,18	37,32	14,75
35	ISIC_0024495.jpg	9,58	4,62	13,58	35,69
36	ISIC_0024502.jpg	31,73	7,41	23,46	28,24
37	ISIC_0024503.jpg	32,63	8,38	26,24	40,92

38	ISIC_0024507.jpg	58,37	9,84	35,49	42,13
39	ISIC_0024511.jpg	3,77	3,44	11,39	64,19
40	ISIC_0024512.jpg	99,42	14,41	43,28	33,65
41	ISIC_0024514.jpg	42,65	8,26	29,24	37,79
42	ISIC_0024539.jpg	91,45	14,18	59,25	67,39
43	ISIC_0024638.jpg	48,66	9,72	29,88	32,03
44	ISIC_0024664.jpg	4,33	3,22	8,85	32,13
45	ISIC_0024683.jpg	7,48	4,01	12,80	43,58
46	ISIC_0024730.jpg	15,55	5,84	16,37	28,07
47	ISIC_0024731.jpg	19,45	6,89	25,71	63,34
48	ISIC_0024753.jpg	27,77	7,43	23,70	38,46
49	ISIC_0024765.jpg	33,75	7,85	29,99	53,19
50	ISIC_0024784.jpg	6,99	3,71	11,74	37,46
51	ISIC_0024808.jpg	15,34	5,34	17,27	36,18
52	ISIC_0024821.jpg	1,55	1,78	4,89	22,22
53	ISIC_0024892.jpg	41,46	9,67	30,56	44,62
54	ISIC_0024906.jpg	3,84	2,69	7,51	16,79
55	ISIC_0024986.jpg	16,49	5,91	16,84	27,87
56	ISIC_0024993.jpg	9,39	4,60	12,11	20,92
57	ISIC_0024998.jpg	34,53	7,94	24,26	26,93
58	ISIC_0025000.jpg	6,26	3,54	10,21	26,18
59	ISIC_0025026.jpg	37,34	8,10	26,02	31,26
60	ISIC_0025051.jpg	33,65	8,88	28,39	47,95
61	ISIC_0025061.jpg	9,53	4,84	13,77	37,80
62	ISIC_0025063.jpg	23,23	7,54	30,73	69,32
63	ISIC_0025096.jpg	64,94	10,76	37,49	42,25
64	ISIC_0025138.jpg	32,66	7,81	23,09	23,75
65	ISIC_0025147.jpg	24,45	7,45	22,34	39,02
66	ISIC_0025148.jpg	42,22	10,89	35,70	58,61
67	ISIC_0025174.jpg	23,18	7,04	21,74	38,97
68	ISIC_0025179.jpg	34,49	10,75	40,24	73,38
69	ISIC_0025181.jpg	30,93	8,28	23,98	32,98
70	ISIC_0025197.jpg	14,63	4,80	14,48	13,62
71	ISIC_0025202.jpg	47,96	8,99	30,57	35,97
72	ISIC_0027002.jpg	7,35	3,68	10,56	18,75
73	ISIC_0027563.jpg	25,21	6,81	21,78	33,86
74	ISIC_0027591.jpg	41,14	9,77	29,89	42,55
75	ISIC_0027634.jpg	36,14	7,75	22,37	10,15
76	ISIC_0027654.jpg	38,93	7,88	23,07	8,94
77	ISIC_0027671.jpg	49,54	12,12	50,96	76,13

78	ISIC_0027755.jpg	66,58	12,09	42,99	54,95
79	ISIC_0027837.jpg	108,40	12,42	41,76	22,31
80	ISIC_0027848.jpg	4,48	2,68	8,12	16,80
81	ISIC_0028045.jpg	6,10	3,74	9,97	24,61
82	ISIC_0028475.jpg	46,61	8,64	29,80	34,54
83	ISIC_0028610.jpg	45,50	9,69	30,45	38,76
84	ISIC_0028963.jpg	13,59	4,96	16,25	36,16
85	ISIC_0029161.jpg	98,23	12,44	47,65	45,87
86	ISIC_0029348.jpg	27,32	9,04	22,77	34,43
87	ISIC_0029449.jpg	45,71	9,42	31,03	40,78
88	ISIC_0029451.jpg	24,90	7,48	22,64	39,52
89	ISIC_0029614.jpg	22,15	7,19	20,50	34,45
90	ISIC_0030105.jpg	47,68	8,98	27,80	23,10
91	ISIC_0030117.jpg	25,32	6,32	21,91	34,37
92	ISIC_0030166.jpg	29,83	7,26	22,01	23,36
93	ISIC_0030253.jpg	14,95	5,28	16,20	29,34
94	ISIC_0030740.jpg	33,77	8,11	26,86	41,66
95	ISIC_0030793.jpg	29,34	7,62	23,24	32,36
96	ISIC_0031259.jpg	19,54	5,66	17,98	24,92
97	ISIC_0031356.jpg	29,90	7,56	21,11	16,53
98	ISIC_0031395.jpg	39,18	10,87	38,05	66,19
99	ISIC_0033646.jpg	135,00	16,63	58,29	50,25
100	ISIC_0034139.jpg	85,58	12,55	41,46	37,75

Fonte: De autoria própria.