



GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

USO DE REGRAS FUZZY PARA O PROCESSO DE DIAGNOSTICAÇÃO IRIDOLÓGICA

Jennifer Mayara Gonçalves
Adinovam Henriques de Macedo Pimenta (Orientador)

RESUMO

A iridologia baseia-se em um método de diagnóstico capaz de identificar problemas nos órgãos de um indivíduo através da imagem da íris. Este diagnóstico é feito manualmente, o que traz imprecisão e demora no atendimento. Este trabalho consiste em implementar o protótipo de um sistema que analisa diagnósticos feitos por um iridólogo por imagens capturadas de diferentes tipos de íris, para captar um tipo específico de uma possível doença que possa existir. Nosso objetivo é auxiliar o especialista por meio de uma ferramenta automática que, a partir da foto de uma íris, diz o possível diagnóstico e que seja ao mesmo tempo interpretável ao especialista, ou seja, que possa fornecer meios do especialista entender o porquê o sistema chegou à uma determinada decisão. O sistema foi testado com 4 grupos de problemas de saúde e obteve uma acurácia superior a 80%.

Palavras-chave: Iridologia, Inteligência Artificial, Regras Fuzzy

ABSTRACT

Iridology is based on the diagnostic method that can identify problems in an individual's organs using iris imaging. This diagnosis is made manually, or brings inaccuracy and delay in care. This work is to implement a prototype system that analyzes diagnoses made by an iridologist for images captured from different types of iris to capture a specific type of a possible disease that may occur. Our goal is to assist or expert by means of an automated tool that, from the photo of an iris, indicates the diagnosis and is at the same time interpretable by expert, that is, why

can use expert expert methods to understand or by which system arrived at a particular decision. The system was tested with 4 groups of health problems and caused an accuracy of over 80%.

Keywords: Iridology, Artificial Intelligence, Fuzzy Rules.

Introdução

A história da iridologia vem de muito tempo atrás, onde dizem que os olhos representam a janela do corpo e da alma. Porém, foi no princípio do século XIX que, na Hungria, a iridologia começou a ser estudada e desenvolvida como técnica para o diagnóstico médico. O primeiro mapa iridológico, bem rudimentar, foi desenvolvido por Pczely em 1880, a partir da publicação do livro: “Descobrimientos do Reino da Natureza e da Arte de Curar”, onde relatava suas experiências no campo da iridologia (GAUER, 1998).

Gauer conceitua a iridologia como a ciência que permite, graças à observação da íris, detectar perturbações orgânicas, metabólicas, nutricionais, nervosas, hormonais e certas patologias. Ela, baseia-se no pressuposto que cada órgão do corpo tem uma correspondência na íris e pode se determinar se um órgão é ou não saudável examinando a íris em vez do órgão propriamente dito. Porém, a iridologia não deve ser praticada por um médico tradicional, mas sim, por um naturopata, homeopata ou acupunturista, à quem chamarão de iridologista.

As cores da íris podem ser normais ou assinalar intoxicações, anomalias genéticas e perturbações. Estas anomalias são detectadas através de sinais diferenciados na íris, de acordo com o tipo de sinal uma disfunção orgânica é diagnosticada. A partir do irisdiagnóstico (método que permite diagnosticar doenças, disfunções e alterações orgânicas pela simples observação da íris), elabora-se um procedimento para desintoxicação e reconstrução do organismo debilitado. A base do tratamento tem como base a finalidade de conscientizar e melhorar as carências nutricionais de cada paciente melhorando, desta forma a sua qualidade de vida.

O diagnóstico é realizado observando a íris do olho utilizando apenas uma lupa potente com uma pequena lanterna (método mais simples) ou por meio de

fotos de alta resolução (método mais sofisticado). Em ambos os casos, cabe ao iridologista fazer a análise e o diagnóstico.

Considerando que a observação da íris envolve diversos fatores a serem considerados, tais como a região exata onde manchas aparecem na íris, densidade da mancha, formato da mancha, dentre outros, a imprecisão na observação pode gerar diagnóstico incorretos. Além disso, o tempo necessário para o exame completo pode demorar de 30 a 40 minutos, o que torna os atendimentos demorados.

1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi um protótipo que permite diagnosticar automaticamente um paciente a partir da foto de sua íris, diminuindo os erros inseridos pela imprecisão humana e reduzindo o tempo de diagnóstico. Este protótipo não tem por objetivo substituir o especialista, mas sim criar uma metodologia que possa ser usada futuramente para criar um software que auxilie o especialista apontando qual o diagnóstico mais provável para cada paciente e explicar o porquê. O diferencial deste protótipo é o uso de técnicas de Inteligência Artificial para a realização automática do diagnóstico e a interpretabilidade do sistema, ou seja, da capacidade de permitir que o especialista compreenda a decisão do sistema.

1.1 Objetivos específicos

- Aplicar técnicas de processamento de imagens para fazer a identificação da íris na foto;
- Aplicar técnicas de biometria para extrair informações da íris na região de interesse para a análise;
- Utilizar regras *fuzzy* para gerar o diagnóstico de maneira interpretável;
- Construir um banco de imagens que possam ser utilizados nos testes.

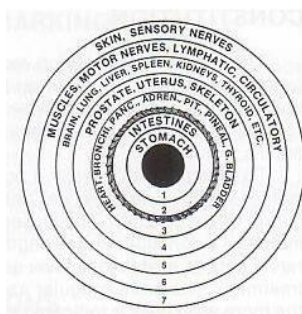
2 Iridologia

Partindo do princípio de que cada órgão do nosso corpo tem uma área correspondente na íris, Bernard Jensen desenvolveu um mapa iridológico capaz de identificar quando algum órgão de nosso corpo sofre algum tipo de lesão ou

disfunção orgânica, a sua área representada na íris revela alguma descoloração ou desfibrilamento (ACHARÁN, 2002).

Um dos métodos de análise da íris é a disposição concêntrica das sete áreas conhecidas. Um exemplo da divisão das regiões da íris é ilustrado na Figura 1. O 1º anel está conectado ao estômago; o 2º relacionado ao intestino; o 3º reflete todos os órgãos internos; o 4º e o 5º anéis correspondem às estruturas musculares ósseas; o 6º anel representa o sistema circulatório e, por fim, o 7º relaciona-se com a pele do ser humano (BATELLO, 1999).

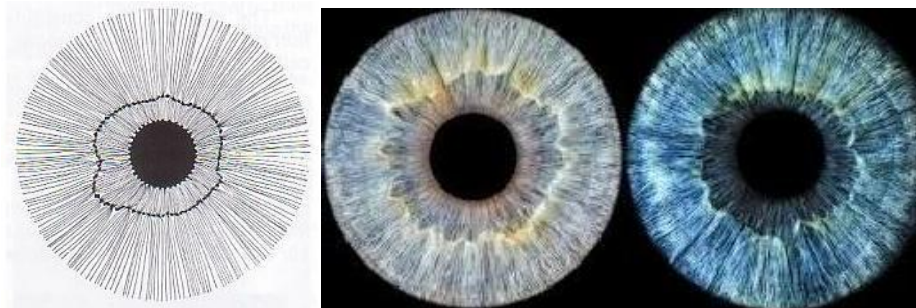
Figura 1 – Trilhas que dividem a íris



Fonte: Acharán, 2002.

Há uma região circular que separa a camada 1 e 2 das demais camadas. Esta região é conhecida como Banda do Sistema Nervoso Autônomo. As camadas 1 e 2 compreendem a zona pupilar enquanto as demais regiões compreendem a Zona Ciliar da íris (Figura 2). Pelo estado da Banda do Sistema Nervoso Autônomo pode-se ter uma ideia de como se encontram os órgãos adjacentes (BATELLO, 1999).

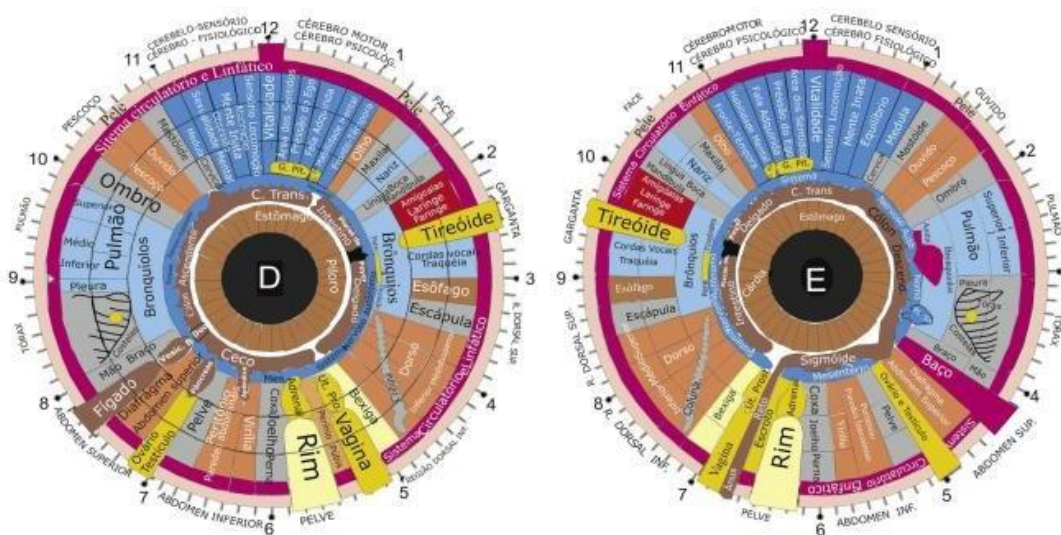
Figura 2 - Banda do Sistema Nervoso Autônomo.



Fonte: Batello, 1999.

Cada parte do corpo, cujo estado de saúde pode ser detectado pela iridologia está disposta em uma parte específica da íris. Esta disposição é mostrada na Figura 3.

Figura 3 – Disposição dos órgãos na íris.



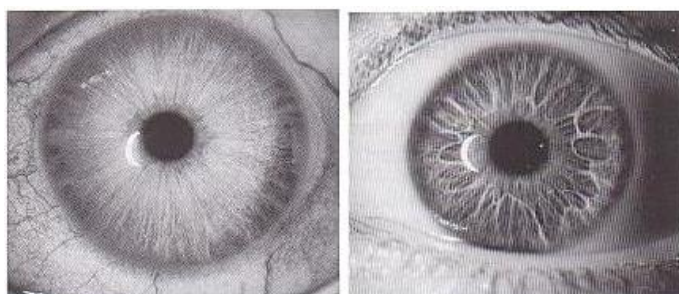
Fonte: Acharán, 2002.

Ao examinar-se uma íris, deve-se levar em conta a cor, as lesões e a textura. A textura é avaliada pela forma e disposição das fibras radiadas. Quanto mais uniformes e próximas forem as suas fibras, mais forte será a constituição daquele que a possui. Para se analisar estas fibras, deve-se levar em conta a densidade da íris, ou seja, a quantidade ou a massa das estruturas da íris (BATELLO, 1999).

Para tentar classificar as densidades, costuma-se atribuir notas que variam de 1 a 5, com o intuito de melhor compreender as diferentes constituições. Nessa escala, a nota 1 é exemplo de uma excelente constituição, ou seja, uma boa densidade onde imagens das fibras iridais parecem uma seda (Figura 4a). Já as notas que mais se aproxima da 5, indica que o indivíduo tem uma constituição fraca, ou seja, uma má densidade onde a imagem se assemelha a de uma estopa (Figura 4b).

Os sinais iridológicos apresentam-se como manchas, descoloramentos, esponjamento do tecido iridal, desagregações de suas fibras, canaletas, destruição de pontos ou zonas da íris (ACHARÁN, 2002). A Figura 5 ilustra uma íris com manchas.

Figura 4 – Constituição da íris.



(a) *Constituição forte*

(b) *Constituição fraca*

Fonte: ACHARÁN, 2002.

Figura 5 – Exemplo de manchas na íris.



Fonte: Batello, 1999.

Segundo Stevens (2001), a íris humana é composta de fibras. Quanto mais essas fibras são compactas, mais sadio é o indivíduo (Figura 6a). Ao contrário, se elas são dilatadas, apresentando diversos desenhos, isso significa que existe algum tipo de disfunção orgânica (Figura 6b).

Figura 6 – Fibras da íris.



(a) *Fibras compactas*

(b) *Fibras dilatadas*

Fonte: Batello, 1999.

Existem apenas duas **cores** primitivas de íris: a azul e o castanho. A degeneração destas cores gera as cores verde, castanho-amarelado ou escuro, até chegar ao negro que em geral denuncia impurificação profunda do organismo. Íris com cores combinadas indicam desequilíbrio na temperatura do corpo com inflamação e congestões generalizadas do tubo digestivo e anemia da pele e extremidades. A Figura 7 exemplifica a combinação de cores.

Figura 7 – Combinação de cores.



Fonte: Batello, 1999.

3 Processamento de imagens

A etapa de processamento de imagem neste trabalho tem por objetivo obter, a partir da imagem real de uma determinada íris, a melhor forma para a sua detecção. Sendo assim, as formas de segmentar a imagem são complexas e utilizam modelos matemáticos que calculam áreas e formas para que esta representação digitalizada esteja dentro dos padrões esperados.

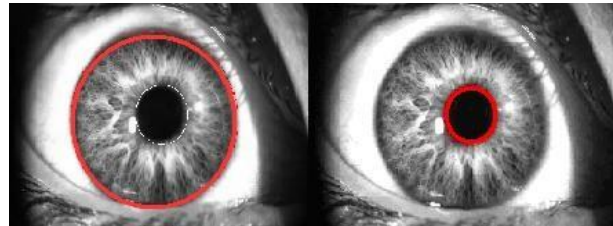
3.1 Segmentação para o reconhecimento da íris

Para que o seu padrão seja reconhecido, a íris deverá ter sua imagem isolada e segmentada em dois círculos (exterior e interior). O círculo *exterior* compreende o limite entre a esclera e a íris. O círculo *interior* compreende o limite entre a pupila e a íris. Fazemos este isolamento por meio do método de Hough (Figura 8). Este método é utilizado para a resolução de um problema frequentemente encontrado na captura de imagens que é a detecção de imagens curvilíneas, qualquer curva, mesmo de pouca visibilidade e que contenha anomalias.

Em algumas situações, as pálpebras e os cílios incidem sobre a região superior e inferior do olho, sobrepondo-se sobre a região da íris. Chamamos isso de ruído, pois afetam significativamente o processo de localização da borda da íris e da pupila. Também podem ser considerados ruídos, os reflexos luminosos, que

podem ser diminuídos através da emissão de raios infravermelhos durante a captura da imagem. Outro fator que dificulta a localização da borda da pupila é a pigmentação muito escura da íris de algumas pessoas, em que o contraste entre a pupila e a região da íris é muito baixo.

Figura 8 - Exemplificação na detecção do círculo exterior e interior da íris utilizando o método de Hough.



A transformada circular de Hough pode ser utilizada para encontrar as coordenadas do raio e do centro do contorno da íris e da pupila. Este método monta um mapa de bordas que é preenchido analisando a variação da intensidade de cores de uma imagem. Depois de preencher o mapa, faz-se uma comparação entre a distância entre os pontos do mapa e uma distância mínima preestabelecida desenhando, então, o traçado da imagem. A partir do mapa da borda, os dados são colocados no espaço de Hough com os parâmetros dos círculos que passam através de cada ponto da borda. Estes parâmetros são as coordenadas do centro X_c e Y_c , e o raio r , que podem definir todo o círculo de acordo com a equação 1, sendo que o ponto máximo da função corresponde ao raio e ao centro da circunferência.

$$X_c^2 + Y_c^2 - r^2 = 0 \quad (1)$$

Os dados iniciais para a base da utilização do método de Hough são geralmente pontos já obtidos por transformações de gradiente e de limiarização.

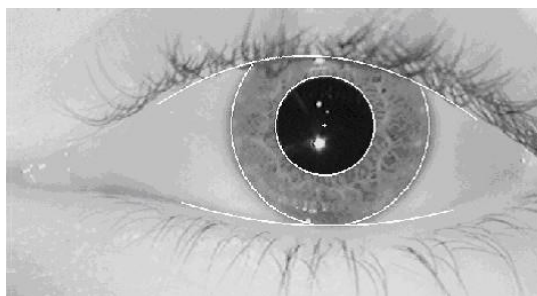
Para a identificação das pálpebras, o método da transformada parabólica de Hough é utilizado aproximando a pálpebra superior e inferior com arcos parabólicos. Este método é representado pela equação 2.

$$(-(X - h_j) \sin \theta_j + (Y - k_j) \cos \theta_j)^2 = a_j ((X - h_j) \cos \theta_j + (Y - k_j) \sin \theta_j) \quad (2)$$

O controle da curvatura é representado por a_j , o ponto máximo da parábola é (h_j, k_j) e θ_j é o ângulo da rotação do eixo de X .

É feita uma inclinação nas derivadas em um sentido horizontal para a localização das pálpebras e vertical para a identificação do limite exterior da íris que é identificado pela análise de todos os gradientes verticais dado que a localização das pálpebras são alinhadas horizontalmente. A Figura 9 ilustra este método.

Figura 9 – Exemplos utilizando à transformada de Hough para identificação da íris e demarcação das pálpebras

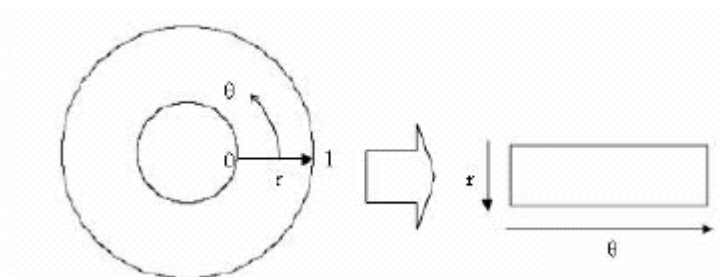


Fonte: Daugman, 1988.

3.2. Extração das características da íris

O passo seguinte é extrair dados da íris. Para isso, a imagem da íris é transformada em uma matriz normalizada por meio do modelo Borracha de Daugman, que realiza o remapeamento de cada pixel dentro das região da íris que foi detectada utilizando um par de coordenadas polares (r, θ) onde r está no intervalo $[0,1]$ e θ é o ângulo $[0, 2\pi]$. A Figura 10 ilustra este processo.

Figura 10 - Modelo borracha de Daugman – Rubber Sheet Model



Fonte: Daugman, 1988.

Somente características significativas deve ser codificadas para uma possível comparação da imagem de uma íris, como textura, cor e forma.

A caracterização de cores possui um papel importante na indexação e recuperação da mesma. A extração de características de cores está concentrada

em histogramas de cores, é bastante usando a intersecção de histogramas que são invariantes a translação e rotação de uma imagem. No caso da textura tem sua caracterização pela mudança de intensidade determinada por propriedades físicas da íris como os seus sulcos. A transformada de Wavelets é uma técnica muito utilizada na caracterização da íris para o reconhecimento biométrico. Este método detecta facilmente mudanças na região e bordas da imagem.

4 Sistemas Fuzzy

A idéia dos sistemas fuzzy é a de capturar, representar e processar dados associados a noções linguísticas ou objetos com fronteiras mal-definidas de maneira formal. O resultado foi a formalização de uma plataforma de processamento de informações imprecisas inspirada no conhecimento humano.

Desta maneira os sistemas fuzzy representam uma possível ponte entre o processamento linguístico e o processamento numérico (DUBOIS; PRADE, 1998).

A lógica fuzzy pode ser entendida como uma extensão da lógica binária e da lógica multi-valorada. Na lógica binária uma proposição sempre assume valores verdadeiro ou falso. Em uma lógica multi-valorada, além disso, o valor da proposição pode assumir alguns valores intermediários. A lógica fuzzy, em contrapartida, assume que os valores-verdade são conjuntos fuzzy permitindo a utilização de um raciocínio aproximado linguisticamente interpretável.

4.2 Conjuntos Fuzzy

Os conjuntos fuzzy, considerados uma generalização dos conjuntos clássicos, possibilitam a transição gradual de significado, permitindo que cada elemento pertença parcialmente a um ou mais conjuntos.

Seja X um conjunto de objetos, denominado universo de discurso, e x um elemento de X . Um conjunto fuzzy A é definido como:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (3)$$

onde $\mu_A(x)$ é uma função de pertinência que indica o grau de pertinência de um objeto x ao conjunto fuzzy A . Assim $\mu_A(x) = 1$ indica que o elemento pertence

totalmente ao conjunto e $\mu_A(x) = 0$ indica que o elemento não pertence ao conjunto A . Define-se uma função de pertinência como um mapeamento da forma:

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \quad (4)$$

4.3 Funções de pertinência

A base da teoria de conjuntos fuzzy é o conceito de pertinência. Os formatos mais comuns de funções de pertinência são: triangular, trapezoidal e Gaussiana (KLIR; YUAN, 1995).

Função triangular: A função triangular pode ser apresentada na forma parametrizada como:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (5)$$

Alternativamente, pode-se reescrever a equação 6 como:

$$\mu_A(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right) \quad (6)$$

onde b é o valor modal de μ e a e c representam os limites inferior e superior dos elementos compatíveis com o conjunto fuzzy respectivamente. Graficamente, pode-se interpretar o conjunto $\{a, b, c\}$ como as coordenadas dos três vértices do triângulo formado pela função de pertinência.

Função trapezoidal : A função trapezoidal é especificada por um conjunto de quatro parâmetros: $\{a, b, c, d\}$, conforme a equação 7:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (7)$$

Alternativamente, pode-se reescrever a equação 8 como:

$$\mu_A(x) = \max \left(\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b} \right), 0 \right) \quad (8)$$

Graficamente, pode-se interpretar o conjunto $\{a, b, c, d\}$ como as coordenadas dos quatro vértices do trapézio formado pela função de pertinência. Para o caso especial em que $b = c$ a função trapezoidal se reduz a uma função triangular. Para o caso especial $a = b$ e $c = d$ tem-se um conjunto clássico.

Função Gaussiana: Uma função de pertinência Gaussiana é especificada por dois parâmetros, a média (ω) e a abertura (σ), conforme definida a seguir:

$$\mu_A(x) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\omega}{\sigma} \right)^2} \quad (2.7)$$

A função Gaussiana é simétrica ao redor de ω e sua abertura é especificada pelo parâmetro σ . Podemos também afirmar que o suporte de *Gaussiana*(x, ω, σ) é infinito.

Devido à sua formulação simples e eficiência computacional, as funções do tipo triangular e trapezoidal são amplamente utilizadas, especialmente em implementações com requisitos de funcionamento em tempo real.

5 Método proposto

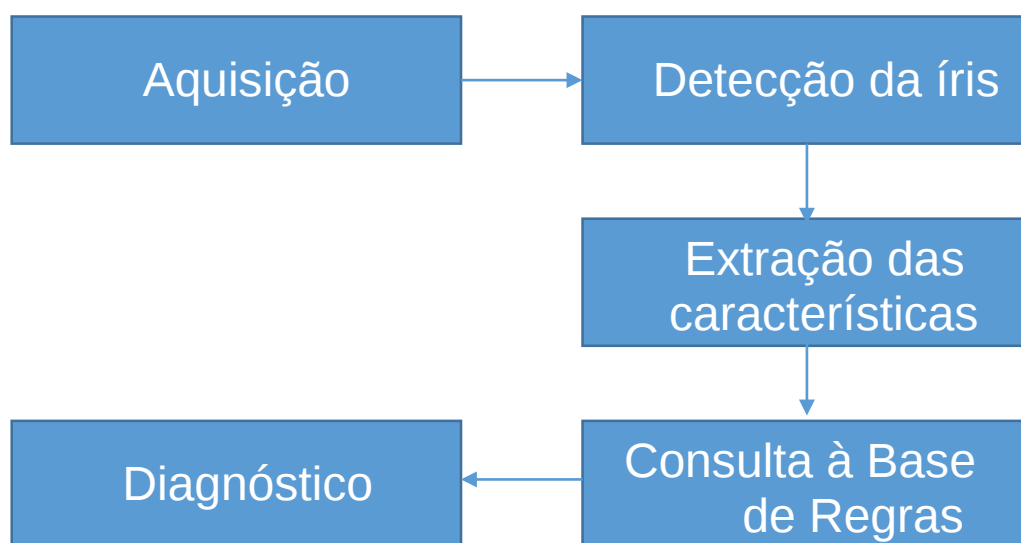
O método proposto é constituído das seguintes etapas:

- **Aquisição:** aquisição da imagem da íris;

- **Detecção da íris:** detecção das bordas da íris por meio do método de Hough;
- **Extração das características:** nesta etapa o modelo borracha de Daugman é aplicado transformando a íris em uma matriz de dados característicos de cada setor da íris;
- **Consulta à base de regras:** os dados da matriz são transformados em conjuntos fuzzy por meio da função de pertinência triangular e apresentados à base de regras que, por sua vez, verifica qual regra melhor se ajusta aos dados apresentados;
- **Diagnóstico:** o diagnóstico é a saída da regra (conclusão a regra) que melhor se adequa aos dados da matriz de características.

O método proposto é resumido na Figura 11.

Figura 11 – Fluxograma do método proposto

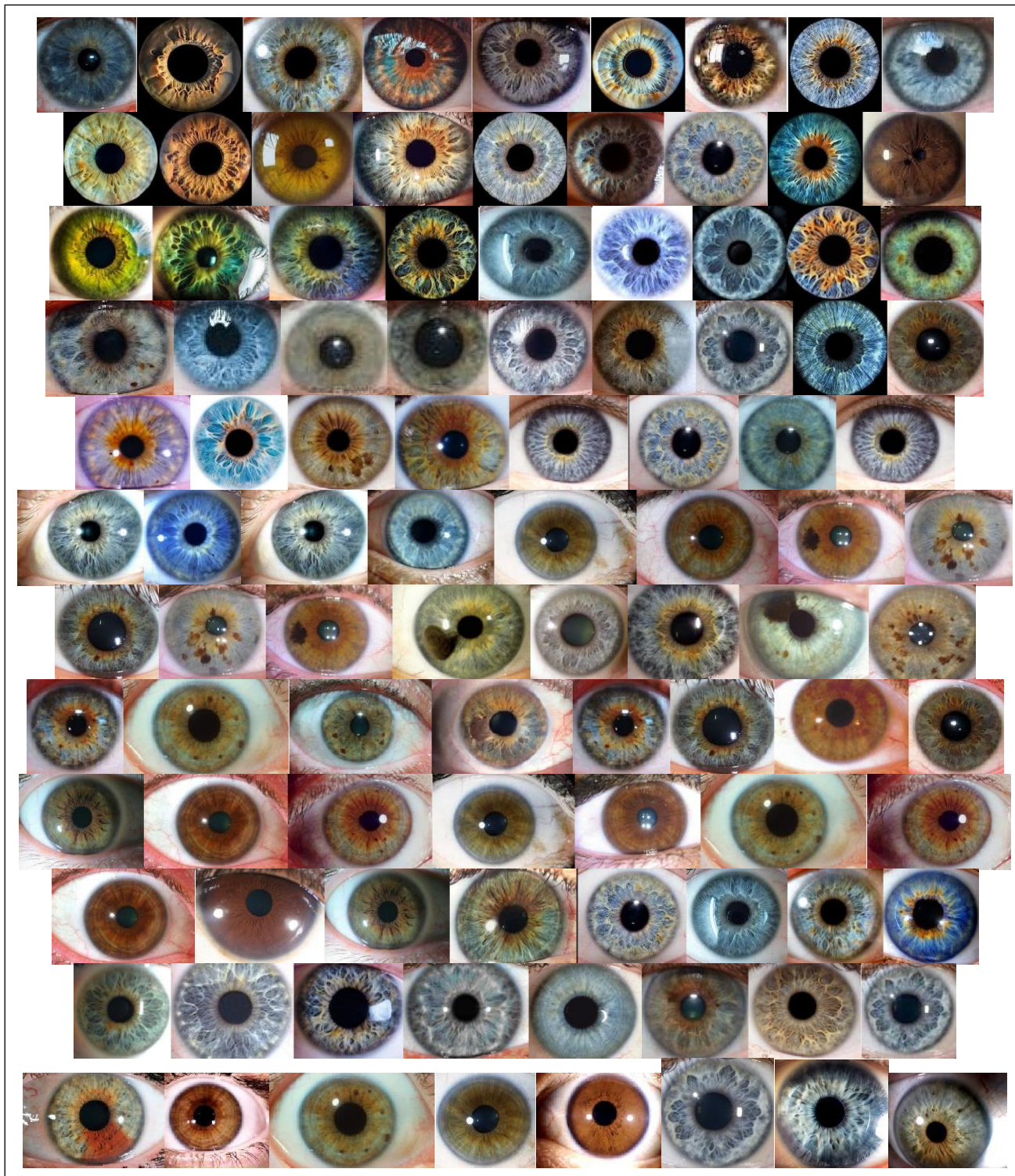


6 Experimentos e Resultados

Para os experimentos, foram usadas imagens adquiridas no livro de Batello (1999). São 99 imagens de íris que foram organizados neste trabalho em 5 grupos: os que apresentam alterações no estômago (20 imagens), os que apresentam alterações no intestino (16 imagens), os que apresentam alterações na circulação (15 imagens), os que apresentam alterações no metabolismo (23 imagens) e os que

não apresentam nenhuma das alterações anteriores (25 imagens). O Quadro 1
exibe as 99 imagens.

Quadro 1 – Banco de imagens utilizado



Fonte: Batello, 1999.

Foram utilizadas 4 regras que identificam as 4 possíveis alterações presentes no banco de imagens. Essas regras foram extraídas de Batello (1999) e adaptadas para trabalharem com regras fuzzy. O Quadro 2 ilustra estas regras.

Quadro 2 – Base de regras

1. SE Pigmentação(13)= ALTA ENTÃO irregularidade=estômago.
2. SE Pigmentação(21)= ALTA E Pigmentação(22)= MÉDIA E Pigmentação(23)= MÉDIA ENTÃO irregularidade=intestino.
3. SE Pigmentação(71)= BAIXA ENTÃO irregularidade=circulação.
4. SE Pigmentação(54)= BAIXA ENTÃO irregularidade=metabolismo.
5. Default: nenhuma alteração detectada.

Fonte: Adaptado de Batello (1999).

5. Resultados

Uma vez que o grupo ao qual cada imagem pertence é conhecido, os testes visaram verificar quantas imagens foram classificadas corretamente. A Tabela 1 resume os resultados.

Tabela 1 – Resultados

Grupo	Acertos
Alteração no estômago	16
Alteração no intestino	9
Alteração na circulação	15
Alteração no metabolismo	21
Sem alterações	20
Total	81

Das 99 imagens, 81 foram classificadas corretamente, ou seja, aproximadamente 82%.

A alteração que teve o pior resultado foi a do intestino. Uma hipótese para este desempenho é o fato da regra 2 ser uma regra composta. Isso faz com que o diagnóstico dependa de mais de um setor da íris. Se o dado de característica de pelo menos um destes setores estiver errado, a regra não é usada e o sistema utiliza a regra Default.

O grupo que não continua nenhuma das 4 alterações em estudo teve 5 classificações erradas. Uma hipótese para este erro é ter identificado como um valor “ALTO” o dado característico do setor 13. Essa hipótese foi levantada após verificar que as imagens classificadas incorretamente foram classificadas como “alteração no estômago”.

Considerações Finais

Este trabalho apresentou um protótipo que utiliza técnicas de processamento de imagens e sistemas fuzzy para auxiliar o especialista em iridologia em seus diagnósticos, aumentando a velocidade destes diagnósticos.

Os resultados apontam para um caminho promissor de investigação. O sistema tem uma taxa de classificação aceitável e ao mesmo tempo é interpretável, ou seja, é possível o especialista saber o porquê do sistema ter tomado uma determinada decisão.

Como trabalho futuro pretende-se aumentar o banco de imagens e de regras entrando em contato com especialistas que possam fornecer estes dados. Pretende-se, também, trabalhar com os ajustes da função de pertinência na tentativa de aumentar a taxa de classificação.

Referências

ACHARÁN, M. Lezaeta. IRIDOLOGIA A íris revela sua saúde. Curitiba: Hemus, 2002.

BASTOS, Carlos Alberto Carneiro Marinho. Segmentação e reconhecimento de íris. 2010.

BATELLO, Celso Fernandes. “Iridologia – o que os olhos podem revelar”. São Paulo: Ground, 1999.

CINTRA, Marcos Evandro et al. Geração genética de Regras Fuzzy com pré-seleção de Regras Candidatas. 2007.

DEMEA, Adrian LODIN Sorina. Medical Diagnosis System based on iris analysis. **Acta Technica Napocensis, Electronics and Telecommunications**, v. 50, n. 4, 2009.

DUMONT, Patrícia Santos et al., **Olhar revelador: iridologia permite fazer um pré-diagnóstico de doenças do corpo e da alma**. 2017 <<https://www.hojeemdia.com.br/plural/olhar-revelador-iridologia-permite->

[fazer-um-pr%C3%A9-diagn%C3%B3stico-de-doen%C3%A7as-do-corpo-e-da-alma-1.571218/o-mapa-da-%C3%ADris-iridologia-1.571331>](#)

KRUG, Álisson Bohnert et al. Análise e reconhecimento de padrões usando processamento de imagens e inteligência artificial. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 7, n. 7, 2008.

PASSARELLA, Rossi et al. Development of iridology system database for colon disorders identification using Image processing. **Indian Journal of Bioinformatics and Biotechnology**, v. 2, n. 6, p. 100-103, 2013.

STEVENS, A.; LOWE, James S. "Histologia Humana – Segunda edição". São Paulo: Manole, 2001.

UNIQUANTI, **Introdução a Iridologia - Artigo de John Andrews**. 2018. Acesso em 2019. <<https://uniquanti.com/blog/artigos/introducao-a-iridologia-artigo-de-john-andrews-traduzido/>>

ISHIBASHI, Rogério. **Extração de conhecimentos com interpretabilidade aumentada utilizando modelagem fuzzy e otimização multi-objetivo**. 2013. Tese de Doutorado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, Brazil.

VISORIUM, Limitações clínicas, Acesso em 2019 <<http://www.visorium.com.br/iridologia/limitacoes-clinicas/>>