MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

RELATÓRIO FINAL

(2018– 2019)

Prototipagem de Fantomas para Uso em Dosimetria das Radiações Ionizantes

Otimização Inteligente de Imagens Médicas

Relatório Final apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação como parte dos requisitos do Programa de Iniciação Científica do IFPE, sob orientação do Prof. Dr. José Wilson Vieira e coorientação da Prof.ª Dr.ª Lucilene Mouzinho.

Yasmim Araújo Freitas
Campus Recife
AGO/2019

RESUMO

As imagens médicas são indispensáveis no diagnóstico médico e auxiliam bastante o profissional de saúde. Contudo, muitas dessas imagens precisam passar por um processamento para melhorar a identificação de algumas regiões de interesse, evitando que o profissional faça esse trabalho manualmente, pois, se trata de uma tarefa cansativa. Esta pesquisa propõem uma otimização inteligente dessas imagens por meio do algoritmo *Firefly*. O algoritmo *firefly* é inspirado no comportamento dos vaga-lumes em relação a luminosidade de seus companheiros. Este trabalho teve como finalidade a de conhecer o algoritmo *firefly*, entender os tipos de imagens médicas, implementar o algoritmo *firefly* em ambiente de simulação e realizar uma análise comparativa entre as imagens obtidas diretamente do equipamento e as imagens obtidas após a otimização. Esses objetivos foram alcançados através das atividades metodológicas envolvendo a pesquisa bibliográfica, o desenvolvimento e implementação do software e a análise dos resultados. A aquisição de imagens ocorreu por intermédio de banco de dados de imagens médicas. A otimização foi feita utilizando o algoritmo *firefly* baseado no processo de segmentação das imagens, em que ele se responsabilizou pela pesquisa do limiar ideal para a separação dos objetos de interesse. Foram executados experimentos em imagens de ressonância magnética, radiografia e mamografias em que se obteve como resultados as imagens com as regiões de interesse segmentadas. Dessa forma, o software desenvolvido teve eficiência no processo de segmentação, apesar de apresentar algumas limitações no decorrer da pesquisa, devido a ruídos em algumas imagens e no minucioso detalhamento exigido em certas imagens. Ele poderá ser utilizado como auxilio no diagnóstico médico e no processamento de imagens radiológicas.

Palavras–chave: algoritmo *firefly*; imagens médicas; segmentação

1 INTRODUÇÃO

A radiologia foi uma das áreas que se beneficiou bastante com a evolução da tecnologia. Ela é responsável, entre outras funções, por fornecer imagens médicas que ajudam no tratamento e no diagnóstico de muitas doenças. Essas imagens auxiliam o profissional de saúde de diversas maneiras, como, por exemplo, no mapeamento do corpo para achar as regiões afetadas por determinada doença, para se ter mais segurança no diagnostico fornecido, para ajudar em um tratamento.

Dessa forma, esse diagnostico precisa ser assertivo e eficiente, para isso as imagens fornecidas ao médico precisam ser de boa qualidade e de fácil identificação da região de interesse. Assim, os pacientes comtemplados com essa tecnologia terão confiança nos seus tratamentos e uma vida mais saudável.

Nesse sentido, existem várias métodos de diagnósticos por imagem em que podemos citar: radiografia convencional, ultrassonografia, tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (RM), tomografia por emissão de pósitrons (PET)(CHEN; POPE; OTT, 2012).

Contudo, em muitos casos ainda é necessário que essas imagens passem por um pré-processamento e processamento para melhorar sua visualização e identificação de alguma região importante, com o objetivo de extrair mais facilmente a informação nela presente. Para essa finalidade, são utilizados diversos algoritmos, filtros e técnicas que diminuem o contraste, a quantidade de ruído, destaca determinados componentes na imagem. Afirmação que podemos perceber em GONZALEZ(2010,p.5): “[...]Procedimentos computacionais são utilizados para realçar o contraste ou para codificar os níveis de intensidade em cores para facilitar a interpretação de imagens radiográficas [...]”.

Foram desenvolvidos diversos algoritmos com esse objetivo como o algoritmo de otsu (ELBAYOUMI,2015), o k-means(PANWAR,2016), os algoritmos morfológicos (QUINTANA,2006) e vários outros. Dessa forma, nesse trabalho iremos utilizar o algoritmo *firefly* para fazer o processamento de imagens médicas. O algoritmo *firefly* é um algoritmo metaheurísticos desenvolvido no final de 2007 por Xin-She Yang na universidade de Cambridge(YANG, 2010). Ele é inspirado no comportamento dos vaga-lumes em relação à luz de outros vaga-lumes e foi aplicado para solução do problema de despacho de carga de

emissões econômicas (APOSTOLOPOULOS,2011), para treinamento da rede de função de base radial (HORNG,2012), para otimização em ambientes dinâmicos (FARAHANI,2011) e para diversas outras áreas.

Dessa forma, esse trabalho irá utilizar o algoritmo *firefly* com a finalidade de melhorar a identificação de determinadas regiões do corpo e com isso ajudar profissionais da área de medicina na elaboração dos seus diagnósticos e para diversos outros fins no âmbito de radiologia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar o Algoritmo *Firefly* para otimização inteligente de imagens médicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

• Conhecer o Algoritmo *Firefly*

• Conhecer os tipos de imagens médicas

• Implementar o Algoritmo *Firefly* em ambiente de simulação

• Realizar uma análise comparativa entre as imagens obtidas diretamente do equipamento e as imagens obtidas após a otimização

3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi dividido nos seguintes procedimentos: pesquisa bibliográfica, analise do algoritmo firefly, desenvolvimento do software, implementação do software e análise dos resultados. Todas as etapas foram executadas e ajudaram no alcance dos objetivos apresentados na secção anterior.

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando livros e plataformas como o portal de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Web of Science (all database) e o Google acadêmico. E por meio desse levantamento, foi possível encontrar definições de conceitos importantes para o entendimento e desenvolvimento da pesquisa, em que podemos destacar: algoritmo firefly e a segmentação de imagens.

3.1 ALGORITMO FIREFLY

Esse algoritmo faz parte de um conjunto de algoritmos de inteligência de enxames, e já foi utilizado em várias áreas para resolver problemas de otimização, sempre apresentado eficiência em suas aplicações.

O algoritmo firefly, como citado anteriormente, é um algoritmo que se baseia no comportamento coletivo dos vaga-lumes e a sua reação a luz emitida por outros indivíduos do seu grupo. Essa luz emitida por eles é utilizada para atrair parceiros para o acasalamento e para a alerta a ameaça de algum predador (FISTER; YANG; BREST, 2013). Em relação a esse comportamento, ele possui alguns critérios básicos que não podem ser alterados:

a) Com relação a atração, os vaga-lumes são considerados unissex, ou seja, a atratividade de um vaga-lume por outro pode ocorrer independente do sexo deles;

b) A atração entre vaga-lumes está diretamente ligada a intensidade de luz que eles possuem, assim, em uma dupla de vaga-lumes o menos brilhoso irá em direção ao mais brilhoso, e este assume um movimento aleatório;

c) A intensidade de luz é afetada pela função objetivo do algoritmo.

Com base nessas características foram formuladas algumas equações:

Considerando que a intensidade de luz de um vaga-lume diminui à medida que a distância aumenta, a equação da intensidade(I) em função da distância(r) euclidiana é dada por:

$$I = I_0 e^{-\gamma r2} \qquad \text{(YANG, 2010).}$$

Onde, I_0 refere-se à intensidade de luz inicial do vaga-lume e γ corresponde ao coeficiente de absorção de luz fixa. A atratividade ( ) é basicamente sinônimo da intensidade e elas são diretamente proporcionais, portanto, uma equação semelhante a anterior é formulada para a atratividade:

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \qquad \text{(YANG, 2010).}$$

Em que $_0$ é atração quando r=0.

A distância entre dois vaga-lumes i e j posicionados em xi e xj é dada por uma sucessão de teoremas de Pitágoras:

$$rij = \|xi - xj\| = \sqrt{\sum_{k=1}^{D} \quad (x_{i_k} - x_{j_k})^2} \qquad \text{(YANG, 2010).}$$

Em que rij representa a distância euclidiana entre os vaga-lumes e D é a quantidade de dimensões no problema.

Além disso, o movimento de um vaga-lume i em direção a um vaga-lume j mais brilhoso é determinado por:

$$xi = xi + {}_0 e^{-\gamma r^2}(xj - xi) + \alpha(rand - \tfrac{1}{2}) \qquad \text{(YANG, 2010).}$$

Onde xi é localização atual do vaga-lume, o segundo termo é a atratividade e o terceiro termo é uma caminhada aleatória. Nessa equação, se for igual a 0, o vaga-lume irá fazer uma caminhada aleatória.

Dessa maneira, o algoritmo *firefly* é controlado por três parâmetros: o parâmetro de aleatorização α, a atratividade e o coeficiente de absorção de luz γ (FISTER; YANG;

BREST, 2013).

Com base nesse levantamento bibliográfico e na análise do código do algoritmo firefly original, em linguagem C++, se concluiu que este algoritmo apresenta características importantes que podem ser utilizadas na segmentação de imagens e assim, auxiliar na otimização do processamento delas. Essa eficiência é comprovada em diversas pesquisas envolvendo segmentação de imagens médicas (SIVARAMAKRISHNAN; KARNAN, 2014), segmentação de imagens ruidosas (VISHWAKARMA; YERPUDE, 2012) e na segmentação de imagens multiníveis (CHEN et al., 2016).

3.2 SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

A segmentação é um processo que divide a imagem em regiões ou objetos que fazem parte dela, com o intuito de identificar as regiões que queremos destacar (GONZALEZ,2010). Essa segmentação pode ocorrer de duas maneiras: por meio da descontinuidade e da similaridade em relação a intensidade do pixel. A primeira é baseada nas diferenças bruscas de intensidade entre os pixels e a segunda se refere a semelhança entre os pixels a partir de critérios estabelecidos, ambas com o objetivo de separar a imagem.

A limiarização é um método que utiliza essa técnica de similaridade, pois ela faz a separação da imagem baseada na variação de intensidades entre os pixels da região segmentada e os pixels do plano de fundo. Ela estabelece um limiar para diferenciar os pixels de interesse do resto, assim é estabelecida uma comparação com esse limiar em que os pixels com intensidades acima ou iguais a esse valor assumem um determinado tom, que geralmente é o 255(branco), esse grupo normalmente forma o objeto de interesse. E os pixels abaixo desse limiar também vão assumir um outro tom, geralmente o 0(preto), que vai representa o fundo da imagem. As escolhas de tom para a região destacada e para o fundo vão variar de acordo com o problema a ser resolvido por essa técnica.

Dessa forma, nessa pesquisa foi utilizada essa técnica como base para a formulação do algoritmo firefly para o processamento de imagens médicas. No desenvolvimento do software, o algoritmo firefly foi levemente modificado para se poder trabalhar com ele o uso e o processamento das imagens de entrada, apesar dessa alteração o algoritmo continua com a

sua essência que é o comportamento dos vaga-lumes.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O software foi desenvolvido no ambiente de desenvolvimento integrado da Microsoft o Visual Studio 2015, ele foi feito em linguagem de programação C++ e utilizou as diversas bibliotecas dessa linguagem além da biblioteca OPEN CV, que ajudou na manipulação das imagens.

O software funciona da seguinte maneira: ele utiliza o algoritmo firefly para fazer o processamento de imagens, para assim conseguir otimiza-las. Nesse sentido, teremos alguns atributos de entrada, entre eles, a imagem e o número de vaga-lumes. Esses vaga-lumes serão distribuídos pela imagem de forma aleatória, e suas intensidades serão iguais as intensidades dos pixels onde estão localizados. Logo em seguida, ocorre o critério de atratividade e os vaga-lumes se movem pela imagem em direção aos companheiros que apresentam um brilho maior que o seu, localização determinada pela literatura como “os melhores locais” para as otimizações. Esse efeito proporciona que as posições e intensidades dos vaga-lumes sejam atualizadas e com isso os vaga-lumes são reorganizados em ordem crescente de acordo com suas intensidades. No final é escolhido o “melhor vaga-lume” de acordo com seu brilho, essa escolha vai depender da região que se deseja segmentar. Assim, ao limiar é atribuído o valor dessa intensidade e ocorre a comparação com os pixels fazendo com que aqueles que apresentam intensidades iguais ou maiores que o limiar, sejam alterados para branco (255) e o restante para preto (0), resultando numa imagem de saída binária.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do software ocorreu nos mais diversos tipos de imagens, com destaque nas imagens médicas, em que foram utilizadas ressonância magnética, radiografia e mamografia.

Um fator importante é a escolha dos parâmetros, que deve ser realizada de acordo com o propósito do algoritmo, visto que, a escolha indevida pode levar a resultados ruins (MO; MA; ZHENG, 2013). Nesse sentido, com base no levantamento bibliográfico foram escolhidos valores para os parâmetros de acordo com os artigos Experimentos com o algoritmo firefly (FRANCISCO; COSTA; ROCHA, 2014), a Segmentação de imagem em escala de cinza (SHARMA et al., 2018) e a Segmentação de microcalcificações (CRUZ; NETO, 2016), que representam respectivamente os cenários 1,2 e 3 (TABELA 1).

Nesses cenários é observado como a variação da atratividade(β_0) e do coeficiente de absorção de luz(γ) podem afetar no resultado final e, dessa maneira, escolher o melhor valor para ambos. Nesses experimentos foram adotados 20 para o número de vaga-lumes(N=20) e 0.2 para o fator de aleatorização(α=0.2).

Tabela 1- Parâmetros

Parâmetros	1º cenário	2ºcenário	3ºcenário
β_0	0.8	1	0.01
γ	1	1	10

Assim, foram realizados teste com esses valores de parâmetros e o cenário que identificou o limiar mais ideal para a segmentação foi o cenário 2. O resultado dessa segmentação pode ser visto nas Figura 1 e 2:

Figura 1 - (a) radiografia do punho; (b) imagem segmentada

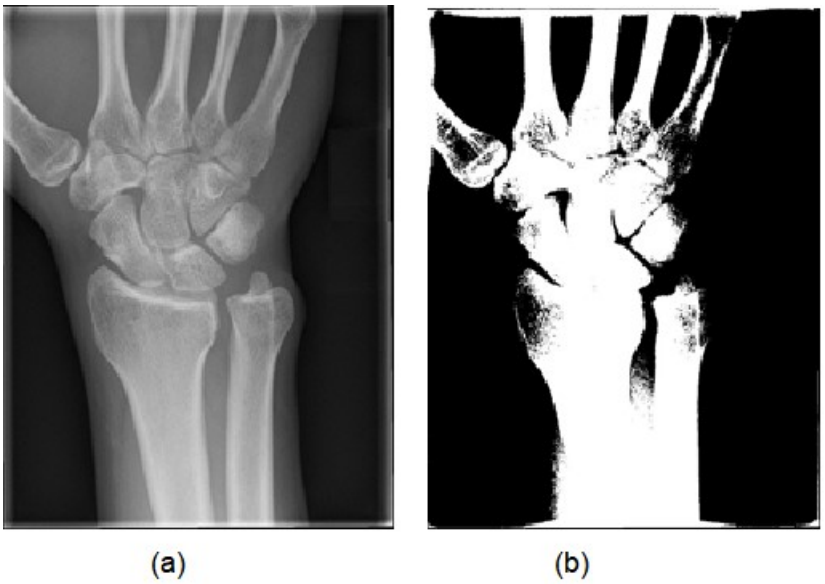
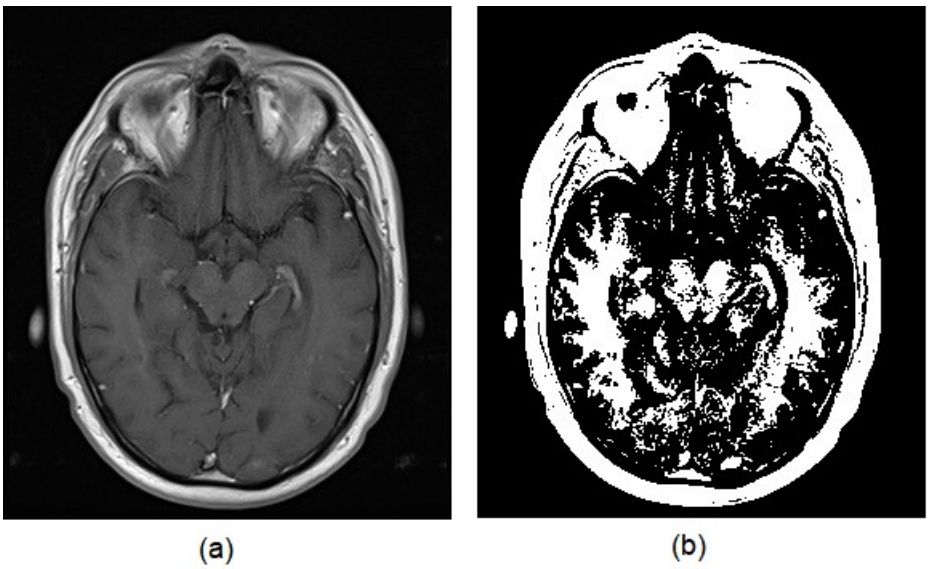


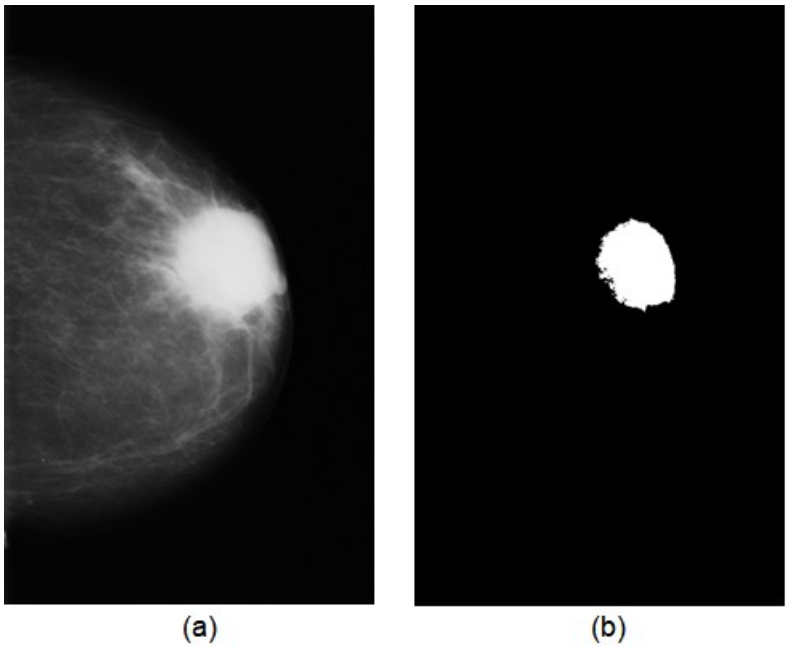
Figura 2 - (a) ressonância magnética; (b) imagem segmentada



Na figura 1 temos a radiografia de um punho em que é segmentado o osso por meio do software. E na figura 2 temos a ressonância magnética do crânio em que é segmentado o cérebro. Nas duas imagens a segmentação está identificando a região de interesse, porém a existência de ruídos prejudica um pouco a resolução da imagem e o método de segmentação.

Esse código também foi aplicado em mamografias para a identificação de nódulos em que se alterou o número de vaga-lumes para 30 (N=30) com a finalidade de se obter um valor de limiar maior para a segmentação (Figura 3).

Figura 3 – (a) mamografia; (b) imagem segmentada



Na figura 3 temos o nódulo de uma mamografia sendo segmentado pelo software, contudo para essa finalidade, de identificar nódulos, é necessária uma análise mais detalhada da região de interesse, não sendo muito eficiente a utilização desse algoritmo.

Dessa forma, esse software conseguiu fazer o processamento de imagens médicas por meio de sua segmentação. Apresentou bons resultados, porém, teve dificuldades em segmentar "objetos" de interesse que apresentavam a mesma intensidade de outras regiões da imagem, devido ao método de limiar. Além disso, para segmentações que é necessária uma riqueza de detalhes maior, esse software não apresenta muita eficiência. E a existência de ruídos em algumas imagens afetou um pouco o resultado final da segmentação.

A aquisição de imagens foi realizada através do banco de dados The Cancer Imaging Archive (Clark et. al, 2013) da coleção progressão do tumor cerebral (Schmainda,2018), do BREAST CANCER DIGITAL REPOSITORY (BCDR) (Ramos,2011) e do site radiopaedia.org (Gaillard,2015).

5 CONCLUSÃO

Esse projeto propôs uma otimização inteligente de imagens médicas utilizando o algoritmo *firefly*, essa otimização ocorreu por meio do processo de segmentação dessas imagens. Através dos experimentos, se percebeu a eficiência do algoritmo na pesquisa de um limiar ideal para a segmentação. Contudo, ele teve dificuldades na execução em imagens ruidosas e para aquelas que necessitavam de uma identificação minuciosa da região de interesse.

Toda via, esse software poderá ser utilizado como auxilio para o diagnóstico médico e na melhoria das imagens radiológicas.

Para trabalhos futuros pretende-se melhorar a eficiência do código utilizando outras técnicas de segmentação e filtros para diminuir o ruído. Além disso, seria interessante realizar a implementação desse software em hardware.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOSTOLOPOULOS, T.; VLACHOS, A**. APPLICATION OF THE FIREFLY ALGORITHM FOR SOLVING THE ECONOMIC EMISSIONS LOAD DISPATCH PROBLEM.** Int. J. Comb. 2011, (2011).

CHEN, K. et al. **MULTILEVEL IMAGE SEGMENTATION BASED ON AN IMPROVED FIREFLY ALGORITHM**. Mathematical Problems in Engineering, v. 2016, 2016.

CHEN, M. Y. .; POPE, T. L.; OTT, D. J. **RADIOLOGIA BÁSICA**. 2º ed. [s.l: s.n.]. v. 2.

CLARK K, VENDT B, SMITH K, FREYMANN J, KIRBY J, KOPPEL P, MOORE S, PHILLIPS S, MAFFITT D, PRINGLE M, TARBOX L, PRIOR F. **O ARQUIVO DE IMAGENS DE CÂNCER (TCIA): MANTENDO E OPERANDO UMA INFORMAÇÃO PÚBLICA REPOSITÓRIO** .Journal of Digital Imaging. volume 26, número 6. Dezembro de 2013, pp 1045-1057.

CRUZ, Y. L. K. F.; NETO, O. P. S. **SEGMENTAÇÃO DE MICROCALCIFICAÇÕES EM IMAGENS MAMOGRÁFICAS UTILIZANDO ALGORITMO FIREFLY**. n. 10, p. 631–642, 2016.

ELBAYOUMI ,H. S. M.; ISA, N. A. M.; SALAMAH, S. A. **IMPROVED IMAGE MAGNIFICATION ALGORITHM BASED ON OTSU THRESHOLDING**. Computers & Electrical Engineering: Elsevier, 2015.

FARAHANI, S.M., ABSHOURI, A.A., NASIRI, B., MEYBODI, M.R.: **A GAUSSIAN FIREFLY ALGORITHM**. Int.J. Mach. Learn. Comput. 1(5), 448–453 (2011).

FISTER, I.; YANG, X. S.; BREST, J. **A COMPREHENSIVE REVIEW OF FIREFLY ALGORITHMS**. Swarm and Evolutionary Computation, v. 13, p. 34–46, 2013.

FRANCISCO, R. B.; COSTA, M. F. P.; ROCHA, A. M. A. C. **EXPERIMENTS WITH FIREFLY ALGORITHM**. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 8580 LNCS, n. PART 2, p. 227–236, 2014.

GAILLARD, F. **RADIOGRAFIA DO PUNHO**. Disponivel em: radiopaedia.org. Acesso em: jun.2019(2015).

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**. 3º ed. [s.l.] Pearson, 2010.

HORNG, M.-H., LEE, Y.-X., LEE, M.-C., LIOU, R.-J.: **FIREFLY METAHEURISTIC ALGORITHM FOR TRAINING THE RADIAL BASIS FUNCTION NETWORK FOR DATA CLASSIFICATION AND DISEASE DIAGNOSIS**. In: Parpinelli, R.,Lopes, H.S. (eds.) Theory and New Applications of Swarm Intelligence, pp. 115–132 (2012).

PANWAR, P.; GOPAL, G.; KUMAR, R. **IMAGE SEGMENTATION USING K-MEANS CLUSTERING AND THRESHOLDING**. Image: International Research Journal of Engineering and Technology,2016.

QUINTANA, M.; POLI, R.; CLARIDGE, E. **MORPHOLOGICAL ALGORITHM DESIGN FOR BINARY IMAGES USING GENETIC PROGRAMMING.** Programming and Evolvable Machines: [s.n], 2006.

RAMOS-POLLÁN R, GUEVARA-LÓPEZ M, SUÁREZ-ORTEGA C, DÍAZ-HERRERO G, FRANCO-VALIENTE J, RUBIO-DEL-SOLAR M, DE POSADA GONZÁLEZ N, VAZ M, LOUREIRO J, RAMOS I (2011) .**DISCOVERING MAMMOGRAPHY-BASED MACHINE LEARNING CLASSIFIERS FOR BREAST CANCER DIAGNOSIS. J** Med Syst 1:11. doi: 10.1007/s10916-011-9693-2.

SCHMAINDA KM, PRAH M (2018). **DADOS DO BRAIN-TUMOR-PROGRESSION**. O Arquivo de Imagens de Câncer. Disponível em: http://doi.org/10.7937/K9/TCIA.2018.15quzvnb.

SHARMA, A. et al. **Firefly algorithm based effective gray scale image segmentation using multilevel thresholding and entropy function**. International Journal of Pure and Applied Mathematics, v. 118, n. 5 Special Issue, p. 437–443, 2018.

SIVARAMAKRISHNAN, A.; KARNAN, M. **MEDICAL IMAGE SEGMENTATION USING FIREFLY ALGORITHM AND ENHANCED BEE COLONY OPTIMIZATION**. International Conference on Information and Image Processing. **Anais**...2014.

VISHWAKARMA, B.; YERPUDE, A. **A New Method for Noisy Image Segmentation using Firefly Algorithm**. International Journal of Science and Research (IJSR), v. 3, n. 5, p. 69–73, 2012.

YANG, X.-S. **Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms**. 2º ed. Reino Unido: [s.n.].