

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA / ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso II

Enzo Francesco Theodoro De Cicco
Marcelo Siqueira Do Amaral Filho

PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA DETECÇÃO DE TUMORES UTILIZANDO
FPGA

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Gustavo Siqueira Vinhal – Orientador. PUC Goiás.
Prof. Dr. Felipe Corrêa Veloso dos Santos – Avaliador. PUC Goiás.
Prof. Me. Wanderson Rainer Hilário de Araújo – Avaliador. PUC Goiás.

Goiânia, 02 de dezembro de 2020

Processamento de imagens para detecção de tumores utilizando FPGA

DE CICCO, Enzo. SIQUEIRA, Marcelo. VINHAL, Gustavo.

Resumo — A presente pesquisa tem como proposta central o desenvolvimento de um método para aplicação de algoritmos de pré-processamento de imagens utilizando FPGA (*Field Programmable Gate Array*) com o intuito de aprimorar os diagnósticos de detecção de câncer e bactérias. A sustentação de uma precisão assertiva diagnóstica visa influenciar e contribuir para a melhoria da análise de dados e do trabalho dos médicos oncologistas. O grande desafio enfrentado hoje com os algoritmos existentes nas formas de processamento de imagens é equalizar uma balança tênue entre obter a melhor resolução das imagens e ser capaz de manter a alta performance. Nesse sentido, o impacto positivo gerado no Sistema Único de Saúde (SUS) naquilo que diz respeito a agilidade e viabilidade de identificação de Tumores, poderá proporcionar tanto uma identificação mais apurada e propositiva do tratamento médico quanto de uma significativa melhoria da qualidade de vida dos seus usuários. A pesquisa e desenvolvimento de algoritmos e métodos para o pré-processamento dessas imagens utilizando FPGA é um dos caminhos possíveis e mais eficazes, aplicados nesse contexto de análise de imagens. A partir de um sólido referencial teórico, direciona-se a aplicabilidade do Circuito Programável em imagens hiperspectrais para a devida identificação de Câncer e Bactérias.

Palavras-chaves: Imagem hiperspectral; Ruídos em imagens; Câncer; Bluespec.

Abstract – This research has as central proposal the development of a method for the application of algorithms and pre-processing of images using FPGA (*Field Programmable Gate Array*) in order to improve the diagnosis of cancer and bacteria detection. The support of an assertive diagnostic accuracy aims to influence and contribute to the improvement of data analysis and the work of medical oncologists. The major challenge faced today with the existing algorithms in the forms of image processing is to equalize a fine balance between obtaining the best resolution of images and being able to maintain high performance. Therefore, the positive impact generated in the Single Health System (SUS) in what concerns the agility and feasibility of identifying Tumors, may provide both a more accurate and purposeful identification of medical treatment and a significant improvement in the quality of life of its users. The study and development of algorithms and methods for the pre-processing of these images using FPGA is one of the most possible and effective ways, applied in this context of image analysis. Based on a solid theoretical, the application of the Programmable Circuit in hyperspectral images is being directed to the proper identification of Cancer and Bacteria.

Keywords: Hyperspectral Image; Image noise; Cancer; Bluespec.

I. INTRODUÇÃO

O Sistema Único de Saúde (SUS) foi criado com o objetivo de otimizar a assistência médica ao público por intermédio de ações preventivas e assistenciais[1].

Por isso a aplicação de ferramentas avançadas para o trabalho e cuidado da saúde, utilizando as tecnologias conhecidas como leves, leve-duras e duras [2] permite um acesso gratuito e de qualidade para a maior parte dos brasileiros que contam com o SUS para ter acesso à saúde e a tratamentos médicos.

A partir de dados coletados pela pesquisa científica publicada no Caderno de Saúde Coletiva e realizado no Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil “Nesses últimos, entre 2008 e 2030, é esperado um aumento de 5 a 10% na proporção da população com 65 anos ou mais, o que aponta para o fortalecimento de programas de controle e prevenção do câncer. No Brasil, estima-se cerca de 518 mil casos de câncer, em 2012. A mortalidade proporcional por câncer vem crescendo e, em 2008, as neoplasias foram a segunda causa de óbito no Brasil.” [3].

Ainda de acordo com a pesquisa publicada em 2012, naquela ocasião, o relatório do IARC (Agência Internacional para Pesquisa em Câncer), já estimava cerca de 7,6 milhões de óbitos em decorrência de câncer. Esse aumento da mortalidade deve-se a diferentes fatores das sociedades contemporânea, tais como: aumento da longevidade da população bem como do número de pessoas na sociedade em geral, aliado às condições e estilos de vida contemporâneos. Tais transformações sociais não garantem, para a maioria da população, uma rotina de qualidade de vida e bem estar físico e emocional [4]. Além disso, existe um crescente aumento das cargas de trabalho, diminuição dos espaços de lazer e das práticas de exercício físico e o consequente aumento dos índices de sedentarismo – aliado às questões ambientais a respeito da alimentação em escala industrial [5] e o uso de produtos químicos nas plantações e técnicas de reprodução de animais, contribuem assim de maneira significativa para as maiores incidências de casos de câncer e mortalidade por essa doença em todo o mundo.

Esses dados são alarmantes e demonstram a necessidade do desenvolvimento de técnicas e tecnologias que detectem mais precocemente, precisamente e com menor índice de falsos positivos, para auxiliar no diagnóstico e no tratamento nos estágios iniciais da doença, aumentando os índices de superação pelos pacientes e remissão do câncer. Conforme afirma Martinez [6] “Todas os sistemas de análises baseados em imagens dependem muito do processo de aquisição das mesmas. No caso das imagens utilizadas nesse trabalho, o sistema detectou ruídos incrementados pelo sistema de aquisição, resultando em falsos positivos, e isso motiva o desenvolvimento das técnicas específicas que atendem à redução desses índices.” [7].

A partir do cenário atual, surge o desenvolvimento de algoritmos que otimizem o trabalho dos médicos oncologistas. Unindo o FPGA com as necessidades de aprimoramento das técnicas diagnósticas do câncer e bactérias almeja-se, com a presente pesquisa, realizar os propósitos científicos para impactar positivamente à população através da possibilidade da detecção e tratamento precoce dessas doenças e por

consequente, a diminuição dos óbitos na população brasileira.

Com a necessidade de um alto desempenho para o processamento de imagens, não se espera nesse trabalho o uso computacional ordinário. As plataformas e técnicas acessíveis a grande massa não atendem o nicho de desempenho necessário, inclusive no que se diz respeito às suas instruções e aplicações claramente restritas.

Para esse problema, a utilização computacional reprogramável supre claramente a necessidade do propósito aqui descrito, entretanto traz consigo um alto custo embutido no projeto. Visando amenizar e acessibilizar o resultado final desta pesquisa, recorre-se ao dispositivo FPGA, uma vez que sua velocidade e recursos são semelhantes aos ASICs (*Application Specific Integrated Circuit* - circuitos integrados de aplicação específica) ao mesmo tempo em que também possuem a flexibilidade dos computadores de propósitos gerais [8].

Este trabalho tem como objetivo a implementação de um algoritmo de processamento de imagens para remoção de ruídos em imagens hiperespectrais utilizando o FPGA. Tal algoritmo tem como fundamento auxiliar na detecção de tumores.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma imagem hiperespectral pode ser vista como um cubo de dimensões X, Y e Z, onde X e Y representam a largura e altura de uma imagem, e Z representa os diferentes espectros de frequência. A Figura 01 apresenta um exemplo de imagem hiperespectral.

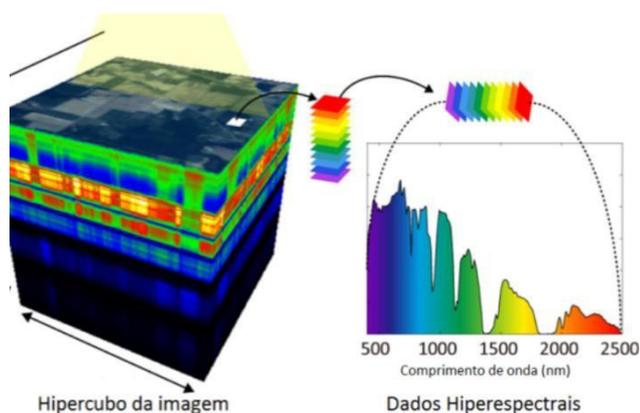


Figura 2: Imagem Hiperespectral. Fonte: [14].

De acordo com a Figura 02, cada espectro representa a imagem em um comprimento de onda diferente. A vantagem de se usar uma imagem hiperespectral se concentra na possibilidade de se analisar dados em diferentes perspectivas.

Para se obter imagens hiperespectrais são necessárias câmeras especiais que operem captando imagens em diferentes comprimentos de onda. Para o procedimento adotado neste trabalho, foi utilizada a câmera Sisuchema que está atualmente localizada no laboratório de Computação Científica da Escola de Ciências Exatas e da Computação (ECEC), da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Ela é capaz de captar as amostras necessárias através do *software* Breeze, gerando as imagens hiperespectrais necessárias para o presente estudo, em poucos segundos, após as devidas

configurações e ajustes. A Figura 02 apresenta a câmera Sisuchema.



Figura 2: Câmera Sisuchema da SPECIM. Fonte: [15].

A câmera Sisuchema é ideal para trabalhos de alta resolução espacial, como aplicações geológicas, por exemplo e, dessa forma, atinge-se a finalidade a que se propõe.

Entretanto, imagens podem conter ruídos que dificultam a análise dos dados [11]. A remoção desses ruídos é fundamental para o diagnóstico e demais etapas de processamentos de imagens.

Uma imagem é constituída por uma matriz de pontos luminosos denominados *pixels* [11, 12]. Para se filtrar uma imagem aplica-se o processo denominado convolução. A Figura 03 apresenta um exemplo de convolução.

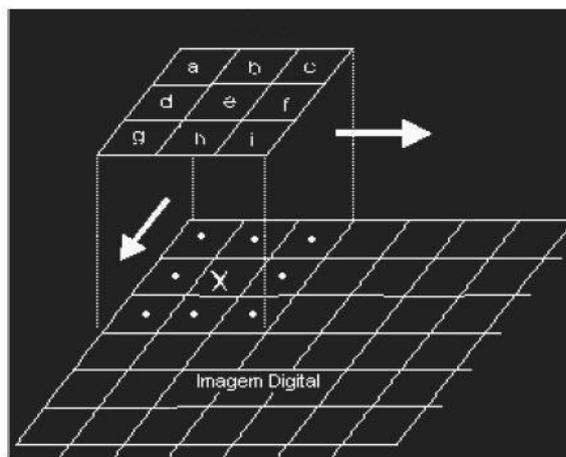


Figura 3: Convolução em Imagens. Fonte: [16].

De acordo com a Figura 03, a convolução é realizada entre a imagem ruidosa e o filtro (também chamado de elemento estruturante) [11]. Durante o processo de convolução, o filtro é deslocado linearmente sobre a imagem, multiplicando cada elemento do filtro por cada elemento da imagem. O resultado do processo da convolução é uma terceira imagem filtrada.

Imagens com altas resoluções podem fazer com que o processo de convolução gaste um tempo considerável de computação. Além disso, o processamento paralelo de cada espectro em uma imagem hiperespectral pode demandar muito tempo. Por isso, a utilização de um FPGA pode auxiliar na redução desse tempo computacional.

Um FPGA é um *hardware* reconfigurável composto por blocos programáveis. Tais blocos podem ser configurados de acordo com a aplicação desejada. A Figura 04 apresenta os componentes básicos de um FPGA.

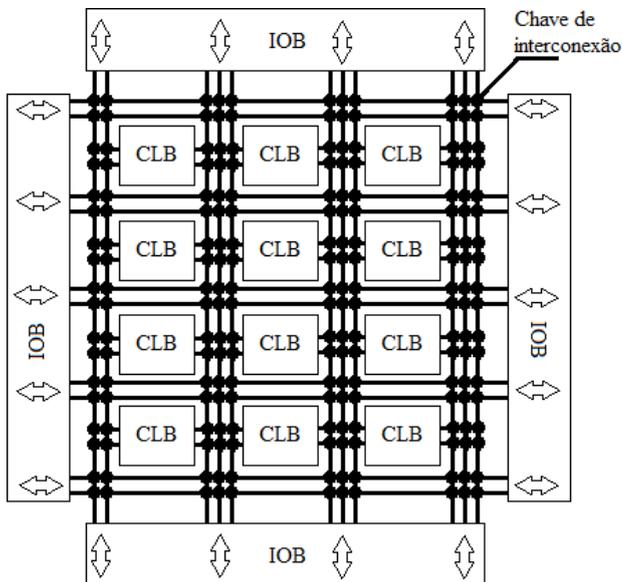


Figura 04: Disposição básica do FPGA. Fonte [9].

De acordo com a Figura 04, o FPGA é composto por CLB (*Configuration Logical Blocks*), IOB (*Input/Output Block*) e chaves de interconexão. Os IOBs são blocos lógicos formados por *flip-flops* que possuem configuração independentemente. Já os CLBs são blocos de entrada e saída da interface que proporciona a comunicação externa das conexões dos pinos do FPGA. Por fim, as chaves de interconexões são as conexões entre os CLBs e IOBs através das trilhas do esquemático utilizado.

Para se programar um FPGA aplica-se uma HDL (*Hardware Description Language*). Elas permitem o desenvolvimento de um sistema de *hardware* em nível físico e comportamental com um alto nível de abstração. Dentre as HDLs existentes no mercado, destaca-se o BSV (*Bluespec System Verilog*), devido a sua capacidade de síntese e flexibilização tanto na linguagem de programação quanto na aceitação entre os dispositivos FPGAs.

Para a realização deste trabalho foi utilizado kit de desenvolvimento DE2-115. Esse kit foi desenvolvido pela Altera e tem como vantagem diversos recursos (para fins didáticos) além do custo e documentação abundante. A Figura 05 apresenta a placa DE2-115.

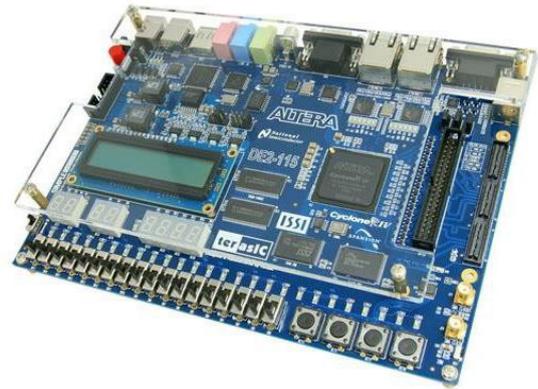


Figura 5: Placa Altera DE2-115. Fonte [17].

Conforme ilustrado na Figura 05, a placa DE2-115 apresenta diversos recursos didáticos, tais como 18 *switch-buttons*, 4 *push-buttons*, 8 *displays* de 7 segmentos, 1 tela LCD (*Liquid Cristal Display*), além de diversos barramentos de conexão.

Essa placa conta com um dispositivo Cyclone EP4CE115 com 114.480 elementos lógicos (LEs), até 3,9 Mbits de RAM e 266 multiplicadores. Além disso, ela o menor consumo de energia em comparação com os dispositivos Cyclone da geração anterior [17].

III. RESULTADOS

Para realização do processo de filtragem de imagens hiperespectrais, foi desenvolvida uma arquitetura utilizando a linguagem *Bluespec*. Tal arquitetura utiliza um banco de *flip-flops* dispostos em formato de matriz, representando o filtro utilizando na convolução. Nessa arquitetura, a imagem desloca-se sobre o filtro, sendo contrário ao padrão utilizado computacionalmente. A Figura 06 ilustra a arquitetura desenvolvida.

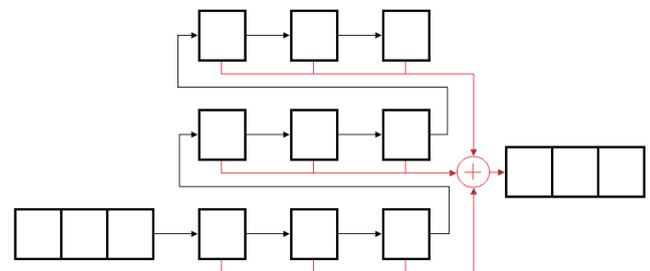


Figura 6: Arquitetura desenvolvida. Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Figura 06, os *pixels*, inicialmente, estão dispostos em uma fila que representa a imagem de entrada. A cada pulso de *clock*, os *pixels* são deslocados para direita num movimento conhecido como *shift-right*. Dessa forma, os *flip-flops* utilizados no filtro são preenchido com os *pixels* da imagem. Quando todos os *flip-flops* do filtro estão preenchidos eles são somados e, o resultado, é colocado em outra fila que representa a imagem de saída. A cada pulso de *clock* os *pixels* vão sendo deslocados para direita e a operação de filtragem vai sendo realizada.

A DE2-115 possui um *clock* de 50 MHz (Mega Hertz). Isso implica que o FPGA utilizado é capaz de realizar 50 milhões de operações por segundo. Como cada ciclo é realizada uma operação de descolamento e uma de

soma, é possível processar uma imagem com resolução de 3840x2160 *pixels* (resolução 4K) em apenas 165 ms, aproximadamente. Com isso, o uso de FPGA para processamento de imagens se torna eficiente.

Outra vantagem da arquitetura desenvolvida é o processamento dos *pixels* de forma linear. Ao contrário de um computador comum (em que o acesso aos dados em memória é feita de forma aleatória), o FPGA trabalha bem quando os dados são acessados de forma linear.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a implementação de um algoritmo de processamento de imagens para remoção de ruídos em imagens hiperespectrais utilizando o FPGA. Tal algoritmo tem como fundamento auxiliar na detecção de tumores. Para isso, foram apresentados conceitos de imagens hiperespectrais e FPGA.

Foi apresentada uma arquitetura em FPGA que simule o algoritmo de filtragem de imagens digitais. Tal arquitetura se mostra eficiente uma vez que consegue processar uma imagem de alta definição (4K) em 165 ms, aproximadamente.

Essa eficiência é importante para imagens hiperespectrais pois estas são formadas por várias imagens de alta resolução, concatenadas em forma de cubo.

Entretanto, a relevância do desenvolvimento de tecnologias que aprimorem o processamento de imagens para o subsídio aos diagnósticos dos oncologistas deve ir além dos objetivos específicos deste trabalho. E a utilização de FPGA traz grandes benefícios nessa área.

V. REFERÊNCIAS

[1] SOUZA, G. C. de A.; COSTA, I. do C. C. O SUS nos seus 20 anos: reflexões num contexto de mudanças. *Saúde soc.* [online]. 2010, vol.19, n.3, pp.509-517. ISSN 0104-1290.

[2] MERHY EE. Em busca do tempo perdido: a micropolítica do trabalho vivo em saúde, pp. 71-112. In EE Merhy & R Onocko (org.). *Agir em saúde: um desafio para o público*. Hucitec-Lugar Editorial, São Paulo-Buenos Aires, 1997.

[3] (PINTO, RAMOS, COSTA, FERREIRA, RABELO, 2012)

[4] HAN, Byung-Chul. *Sociedade do Cansaço*. Petrópolis: Vozes, 2017.

[5] NESTLE, Marion. *Uma verdade indigesta: como a indústria alimentícia manipula a ciência do que comemos*. São Paulo: Editora Elefante, 2019.

[6] MARTINEZ, Ana Cláudia. *Desenvolvimento de novas técnicas para redução de falso-positivo e definição automática de parâmetros em esquemas de*

diagnóstico auxiliado por computador em mamografia, 2007

[7] *Id. Ibidem*, p. 137.

[8] VINHAL, Gustavo Siqueira. *Implementação de um algoritmo evolutivo utilizando a representação nó-profundidade-grau no processador Nios II do FPGA*, 2013.

[9] *Id. Ibidem*, p. 45.

[10] PEDRONI, VOLNEI A. *Circuit Design and Simulation with VHDL*. 2 ed. Massachusetts Institute of Technology, 2010.

[11] GONZALEZ, RAFAEL C. e WOODS, RICHARD E., *Digital Image Processing*, 3ª ed, 2008, Addison Wesley

[12] PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William Robson. *Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações*. Thomson Learning, 2008.

[13] ZWOLINSKI, MARK. *Digital System Design with VHDL*. 2 ed. Pearson, 2004.

[14] Mercado global de sensoriamento remoto hiperespectral registra crescimento. Brasil. 2020. Fonte: digitaldaynews.com. Disponível em: <<http://pesquisa.unemat.br/gaaf/noticia/130/mercado-global-de-sensoriamento-remoto-hiperespectral-registra-crescimento>> Acesso em 21 de Março de 2020.

[15] Specim – Spectral Imaging. 2020. Fonte: SPECIM, SPECTRAL IMAGING LTD. Disponível em: <<https://www.specim.fi/products/sisuchema>> Acesso em 22 de Novembro de 2020.

[16] *Processamento Digital de Imagens - Filtragens Espaciais*. Brasil 2006. Fonte: Páginas Acadêmicas de Carlos Alberto Felgueiras - DPI / INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~carlos/Academicos/Cursos/Pdi/pdi_filtros.htm> Acesso em 02 de Outubro de 2020.

[17] Altera DE2-115 Development and Education Board. USA 2020. Fonte: © Intel Corporation. Disponível em: <<https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/solutions/partners/partner-profile/terasic-inc/board/altera-de2-115-development-and-education-board.html>> Acesso em 21 de Novembro de 2020.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1021 | Fax: (62) 3946.1397
www.pucgoias.edu.br | prograd@pucgoias.edu.br

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

Os estudantes **ENZO FRANCESCO THEODORO DE CICCO**, matrícula **2018.1.0038.0027-1**, telefone **(62) 9 8584-9147**, e-mail **enzocicco.eng@gmail.com**, e **MARCELO SIQUEIRA DO AMARAL**, matrícula **2015.1.0038.0049-0**, telefone **(62) 9 8149-3756**, e-mail **marcelo-amaral13@hotmail.com**, do Curso de **Engenharia Elétrica** na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Processamento de Imagens para Detecção de Tumores Utilizando FPGA**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros), específicos da área para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 02 de dezembro de 2020

Assinatura do autor:

Nome completo do autor:

Assinatura do autor:

Nome completo do autor:

Assinatura do professor – orientador:

Nome completo do professor – orientador:

Enzo Francesco Theodoro de Cicco

Marcelo Siqueira do Amaral

Gustavo Siqueira Vinhal