



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL EM AMBIENTE MATLAB PARA AUXÍLIO AO ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Ednei R. do Amaral – ednei.amaral@gmail.com

Francisco Augusto da C. Garcia – francisco.augusto@gmail.com

Juliana Fernandes Camapum – juliana@ene.unb.br

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Elétrica, Caixa Postal: 4386
70919-970 – Brasília - DF

Resumo: *O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um aplicativo – denominado AEPI (Auxílio ao Ensino de Processamento de Imagens) - em ambiente MATLAB, para auxiliar e melhorar o ensino da disciplina processamento digital de imagens. Foram criadas diversas funções de processamento de imagens para facilitar a visualização das operações realizadas. Neste sentido, adotou-se uma interface gráfica dividida em módulos, que agrupam funções com princípios de funcionamento semelhantes. O primeiro módulo construído foi o que trata de funções básicas, como transformações radiométricas. A interface gráfica permite ao usuário abrir uma imagem e visualizar automaticamente o resultado de transformações radiométricas e em escala de cinza aplicadas a esta imagem. Oferece ainda a possibilidade de se salvar o resultado obtido em um novo arquivo e a de visualizar o código da função utilizada. A visualização do código comentado é a base da didática do programa, pois permite ao usuário saber, em termos de operações matriciais simples, os passos necessários para a implementação de cada função.*

Palavras-chave: *Processamento de Imagens, MATLAB, Ensino, Ferramenta computacional.*

1. INTRODUÇÃO

O aumento do número de computadores nas salas de aula, principalmente no ensino de engenharia, traz inúmeros benefícios para o professor e para o aluno. As aulas podem ser disponibilizadas digitalmente, na internet ou em outros meios digitais, e os alunos, tendo acesso prévio a esse material, podem aproveitar melhor o tempo em aula, dedicando atenção exclusiva ao professor. Da mesma forma, os computadores servem para apresentar soluções já consolidadas sobre algum conceito estudado. No entanto, essa ferramenta acaba sendo pouco utilizada pela carência de programas aplicativos didáticos. Com o intuito de sanar essa necessidade no campo de processamento de imagens, a Universidade de Brasília (UnB), por meio do Grupo de Processamento Digital de Sinais (GPDS), está desenvolvendo um

programa para auxílio em sala de aula e uso doméstico, como forma de corroborar os resultados encontrados pelo aluno. Esse programa pode ser estendido também como ferramenta para ensino à distância, com telas tutoriais e campos para expor dúvidas e enviá-las para o professor. Algumas outras iniciativas nesse sentido, para outros campos de aplicação, além do processamento de imagens, já foram observadas, como em RAUNHEITTE *et al* (2005), VASCONCELOS *et al* (2005), MARIANI *et al* (2005), MACIEL *et al* (2005) e SILVA *et al* (2005).

Processamento Digital de Imagens está entre as tecnologias computacionais que crescem mais rapidamente nesta última década. Com o aumento da velocidade dos processadores, tornou-se possível a realização de várias tarefas que antes eram feitas usando técnicas analógicas. O objetivo deste curso é fornecer uma introdução à teoria e aplicações de processamento digital de imagens. Os tópicos irão incluir fundamentos de aquisição de imagens, realce de imagens, filtros, transformadas, compressão, segmentação, detecção de bordas e reconhecimento.

O curso de processamento digital de imagens é uma importante disciplina dentro da área de processamentos de sinais, fazendo uso de técnicas no domínio do espaço e da frequência, com aplicação também para sistemas embarcados. Ela é oferecida tanto para graduação como para a pós-graduação, o que não gera desconexões no fluxo das aulas apesar da formação variada dos alunos. Dada a subjetividade da visualização das técnicas de processamento de sinais, que não são intuitivas à primeira vista, é muito importante o uso de um programa aplicativo didático nas aulas, facilitando o aprendizado do aluno. Desta forma, o trabalho do professor fica mais elaborado, podendo usar imagens quaisquer para exemplificar a teoria, e principalmente mostrando um resultado palpável para as diversas técnicas abordadas.

A disciplina Processamento de Imagens, oferecida pelo Departamento de Engenharia Elétrica (ENE) da UnB, inclui em sua ementa a aplicação dos conceitos teóricos vistos em aula na forma de programas ou rotinas computacionais. O MATLAB surge assim como a principal alternativa aos alunos que não sabem programar em linguagens mais gerais, como C ou JAVA. A aplicação do MATLAB para o estudo de processamento de imagens é bastante significativa, já sendo tema de livros, como GONZALEZ *et al*, (2004), *Digital Image Processing Using MATLAB*.

A ementa da disciplina inclui os seguintes módulos: Introdução, Fundamentos, Transformadas de Imagens, Realce de Imagens no Domínio Espacial, Realce de Imagens no Domínio da Frequência, Restauração de Imagens, Morfologia e Segmentação de Imagens. Ainda não estão contempladas neste aplicativo as funções de morfologia, segmentação e restauração. No entanto, todas as técnicas fundamentais de transformações radiométricas, de aplicação para escala de cinza e RGB (Vermelho, Verde e Azul, do inglês *Red, Green, Blue*), já estão concluídas. Atualmente, está se desenvolvendo módulo baseado em transformações com o modelo HSI (Matiz, Saturação e Intensidade, do inglês *Hue, Saturation, Intensity*).

Este artigo apresenta no item 2 a metodologia do desenvolvimento da ferramenta didática com as decisões tomadas durante o projeto, como o porquê da escolha da ferramenta MATLAB. No item 3, será apresentado o programa com suas telas e funcionalidades. Por último, algumas conclusões e resultados obtidos.

2. METODOLOGIA

O programa tem como objetivo reunir diversas funções de processamento de imagens e facilitar a visualização das operações realizadas. Para tanto, adotou-se uma interface gráfica dividida em módulos. Os módulos são divididos de acordo com assuntos relacionados no estudo da área de processamento de imagens. O primeiro módulo construído foi o que trata de funções básicas, como transformações radiométricas.

Uma das primeiras escolhas tomada foi a do ambiente de programação: o MATLAB. Diversos motivos levaram a essa decisão, entre eles:

- Tratamento matricial: devido ao caráter matricial, o MATLAB facilita o trabalho com imagens digitais, bem como o entendimento das transformações realizadas. As funções oferecidas no programa utilizaram as funções matriciais mais elementares do MATLAB, evitando assim as específicas, mais elaboradas, que dificultariam o entendimento por parte de um aluno que desconhecesse a linguagem MATLAB.

- Interface com o usuário: o MATLAB oferece ferramentas de interface gráfica com o usuário (usualmente chamadas GUI, do inglês *Graphical User Interface*), como botões, campo de texto e menu. Isto possibilita ao usuário do programa acesso rápido e direto às funções do programa, aos seus resultados (as imagens modificadas) e ao código utilizado, permitindo assim ao aluno aprender com o uso do programa.

- Ampla utilização na área de processamento de sinais: Apesar de ser um software pago, o MATLAB é bastante utilizado em diversas áreas de processamento e sinais, incluindo o processamento de imagens. O uso do ambiente MATLAB no programa incentiva os usuários a aprender a trabalhar com esta importante ferramenta.

Apesar de o MATLAB fornecer funções prontas (em seu *toolbox* de processamento de imagens) para muitas das necessidades do programa, tentou-se evitar o uso delas, pois o objetivo era fornecer ao usuário uma visão mais intuitiva e didática das funções abordadas. Assim, o trabalho usou operações simples com matrizes em detrimento do uso de funções mais avançadas e específicas do MATLAB.

O programa oferece ao usuário um ambiente em que ele pode abrir uma imagem e visualizar automaticamente o resultado de transformações radiométricas e em escala de cinza aplicadas a esta imagem. Assim, a interface gráfica possui um campo para a imagem de entrada e outro campo para a imagem resultante, possibilitando ao usuário comparar o resultado obtido com a imagem original. O resultado obtido pode ser salvo em novo arquivo e o código comentado da função utilizada pode ser visualizado. O gráfico representativo da transformação realizada (relacionando a imagem de entrada com a de saída) é mostrado num outro campo, utilizado ainda para mostrar o histograma da imagem.

As funções são acessadas por botões que possuem o nome simplificado de cada função realizada. Quando a função requer a entrada de argumentos, estes são inseridos através de um campo de texto colocado próximo ao botão, juntamente com a indicação da informação necessária para o campo. Em alguns casos, foi colocada inclusive uma figura para deixar mais claro o significado dos parâmetros, como no caso da função *Contraste*. Dessa forma, possibilita-se um acesso fácil a cada função oferecida.

Com o desenvolvimento do programa, aumentando sua complexidade, tornar-se-á impraticável a colocação de um botão para cada função, mostrados todos simultaneamente na tela. Para tratar essa situação, evitando a sobrecarga na tela, as demais funções serão colocadas em outros módulos, cada um contendo funções baseadas em pontos semelhantes da teoria. O próximo módulo a ser incluído já está sendo desenvolvido e trata das transformações no modelo HSI e das relações deste com o modelo RGB.

3. DESENVOLVIMENTO

O programa está dividido em módulos, que agrupam funções com princípios de funcionamento semelhantes. O primeiro módulo construído trata de “Funções Básicas em

Processamentos de Imagens e Transformações em Escala de Cinza” e será utilizado a seguir para exemplificar as funcionalidades do programa.

3.1 Menu arquivo

Podemos abrir imagens utilizando a opção “Abrir”, no menu “Arquivo”. Os tipos de arquivos suportados são: bmp, cur, gif, hdf, ico, jpg (ou jpeg), pbm, pcx, pgm, png, pnm, ppm, ras, tif (ou tiff) e xwd, de acordo com o *toolbox* de processamentos de imagens do MATLAB.

Após a escolha do arquivo, a imagem aparecerá na área de trabalho do programa, como pode ser visto na Figura 1.

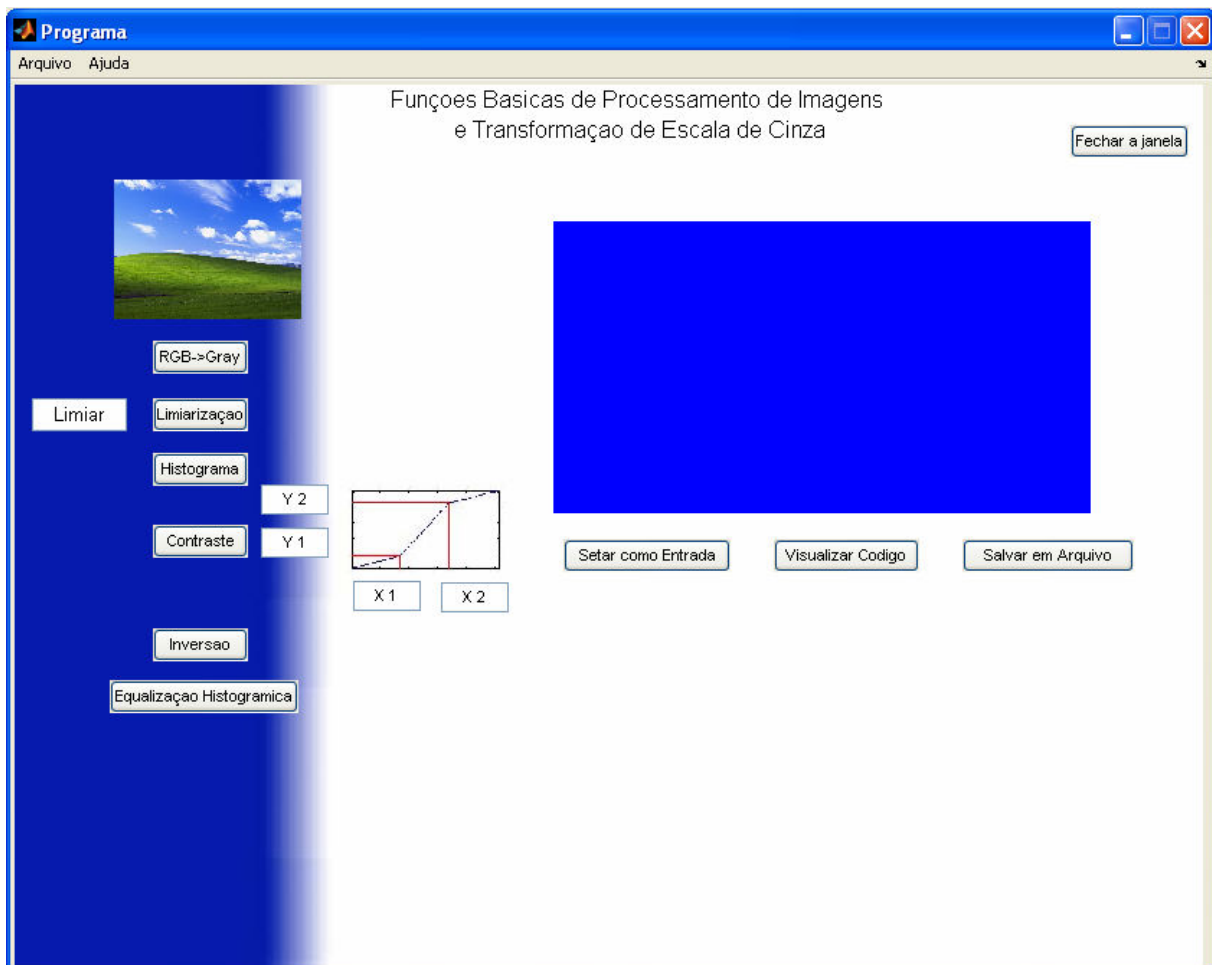


Figura 1 – Interface gráfica do programa

A opção “Salvar”, no menu “Arquivo” está disponível também no botão “Salvar em Arquivo”. Ela permite ao usuário salvar a imagem resultante de uma ou mais transformações aplicadas à imagem de entrada. A janela central permite a visualização prévia da imagem a ser salva.

Didaticamente, esta ferramenta é útil para que o usuário possa salvar um resultado parcial de um processamento por etapas, seja apenas para registro, seja para transferir este resultado para outro aplicativo.

A opção “Limpar Área de Trabalho” tem a função de retirar a imagem de entrada, a imagem de saída e o gráfico explicativo, quando houver. Retorna-se assim a tela inicial do programa.

3.2 Menu ajuda

Neste menu, encontra-se um tutorial semelhante ao publicado nesta seção do artigo, em que se explica detalhadamente cada função implementada no programa.

Há ainda a opção “Sobre”, que dá informações sobre o programa, como versão atual e sobre os autores; e também a opção “Reportar um bug”, em que o usuário pode alertar os autores sobre falhas encontradas no programa.

3.3 Botão “Setar como Entrada”

Esta funcionalidade permite ao usuário realizar mais de uma transformação para uma mesma imagem, em seqüência. Sua ação é colocar a imagem apresentada na saída de uma função como entrada para uma nova função, permitindo assim o encadeamento das transformações. Se for necessário salvar a imagem intermediária, deve-se utilizar o Botão “Salvar em Arquivo”, como descrito anteriormente.

3.4 Botão “Visualizar Código”

Esta funcionalidade é a base da característica didática do programa, pois permite ao usuário saber, em termos de operações matriciais simples, os passos necessários para a implementação de cada função. Os comandos são apresentados em código comentado, explicando a seqüência de procedimentos. Um exemplo é apresentado na Figura 2 para a função **gs**, que realiza a transformação de uma imagem colorida para escala de cinza.

Em alguns casos, funções que visam realizar a mesma tarefa de forma mais eficiente que a forma didática utilizada são apresentadas como comentários no final do código, de modo a possibilitar ao usuário um aprendizado prático quanto ao uso do MATLAB para processamento de imagens. Essas funções não foram utilizadas diretamente pelo programa, pois este visa principalmente o aprendizado de processamento de imagens, que é facilitado pelo uso de funções mais simples e menos específicas de um determinado *software*.

```

1 function f=gs( a ); % Descreve a função "gs" (de Gray Scale) que recebe
2 % como argumento uma matriz de imagem chamada "a"
3
4 % Separa a matriz "a" em 3 componentes, referentes às cores primárias:
5 % Vermelho (R, do inglês Red),
6 r=a(:,:,1);
7 % Verde (G, do inglês Green) e
8 g=a(:,:,2);
9 % Azul (B, do inglês Blue)
10 b=a(:,:,3);
11
12 % Transforma todas as componentes (RGB) em matrizes de valores "double"
13 % que permite realizar operações matemáticas, como a multiplicação,
14 % necessária para esta função.
15 r=double(r);
16 g=double(g);
17 b=double(b);
18
19 % Em seguida, utiliza-se média ponderada para o cálculo dos níveis de cinza
20 % O Resultado é passado para o tipo de dados uint8 (unsigned integer 8,
21 % inteiro de 8 bits sem sinal).
22 f=uint8( 0.299*r + 0.587*g + 0.114*b );
23
24
25 % Esta função pode ser realizada diretamente com um comando específico do
26 % MATLAB, denominado rgb2gray (lê-se "rgb to gray", o que explica sua
27 % função: transformar uma imagem de RGB para níveis de Cinza.
28 % Assim, poderia ser escrita, para obtenção do mesmo resultado, a seguinte
29 % linha de código:
30 % >> f=rgb2gray(a);

```

Figura 2 – Código comentado da função **gs** que transforma imagem colorida em escala de cinza.

3.5 Botão “RGB->Gray”: Transformação de imagem colorida para imagem em escala de cinza

Essa função permite ao usuário transformar uma imagem colorida para sua correspondente em escala de cinza, com 256 níveis de cinza. É bastante útil, pois grande parte das funções em processamento de imagens é mais facilmente entendida quando aplicada em imagens em escala de cinza. Neste caso, deve-se ainda utilizar o botão “Setar como Entrada”, permitindo trabalhar com a versão em escala de cinza de uma imagem originalmente colorida.

Para utilizá-la, deve-se, após abrir o arquivo de imagem, clicar no botão “RGB->Gray”, que indica a conversão de uma imagem no modo RGB (ou seja, colorida), para *grey scale* (ou seja, em nível de cinza). O resultado pode ser visto na Figura 3 abaixo.

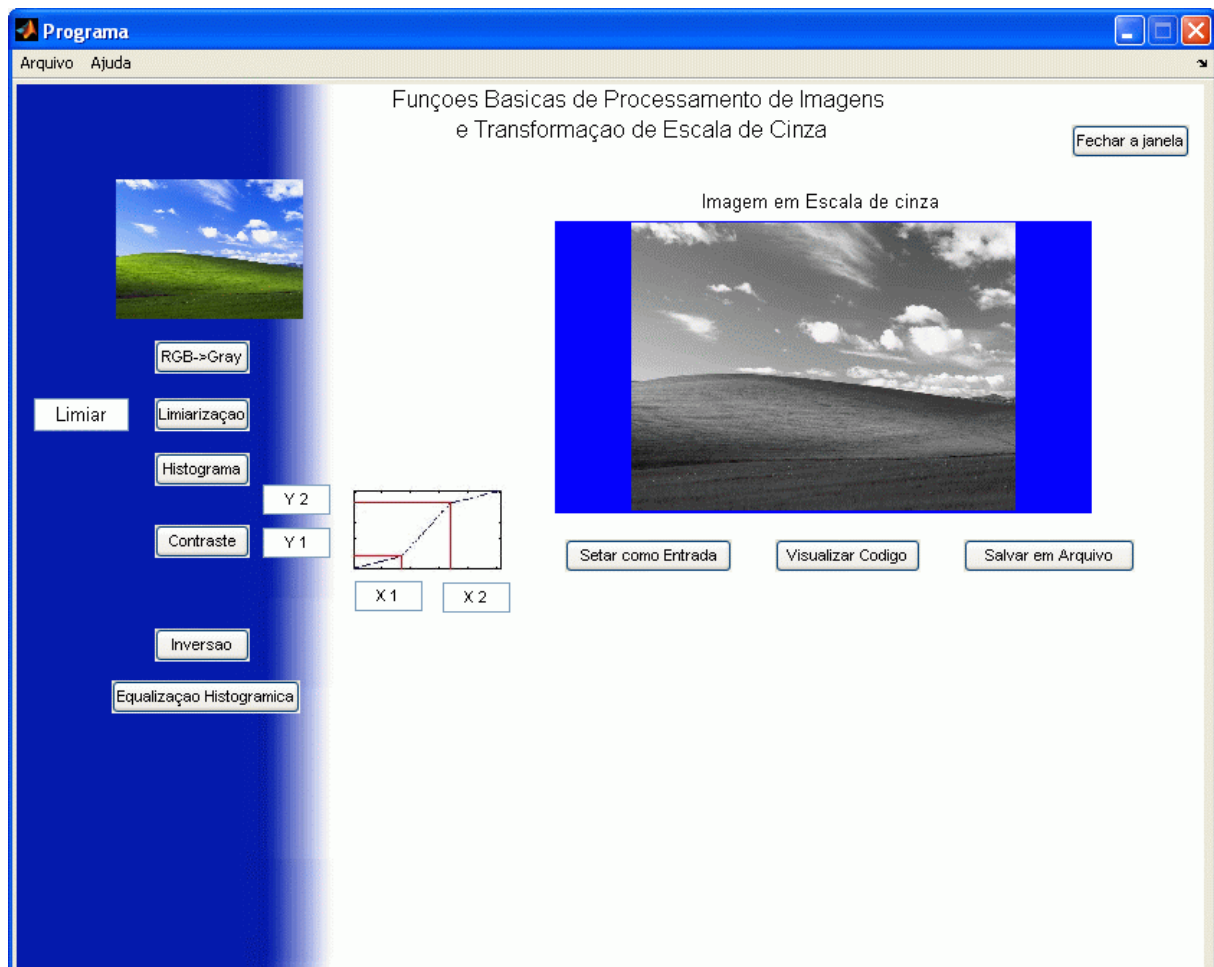


Figura 3 – Resultado da transformação da imagem colorida para escala de cinza.

3.6 Botão “Limiarização”

A limiarização é uma função aplicada somente a imagens em escala de cinza. Utiliza como parâmetro o valor de limiar digitado no campo de texto ao lado do botão (onde se lê “Limiar”, na tela inicial do programa). Para pontos com níveis de cinza acima desse valor de limiar, a saída é colocada em 255 (nível branco), enquanto para pontos de níveis abaixo ou iguais ao do limiar, a saída é dada como 0 (nível preto).

Além da imagem resultante, observada na Figura 4, que contém apenas pontos em preto ou pontos em branco, é mostrado também um gráfico representativo da transformação radiométrica utilizada. Neste gráfico, temos a função de transferência relativa à função utilizada. No exemplo da Figura 4, vê-se facilmente que os pontos com níveis de cinza abaixo do limiar (de 127) na entrada (eixo horizontal) são deixados com nível zero na saída (eixo vertical). Os demais são deixados com nível 255.

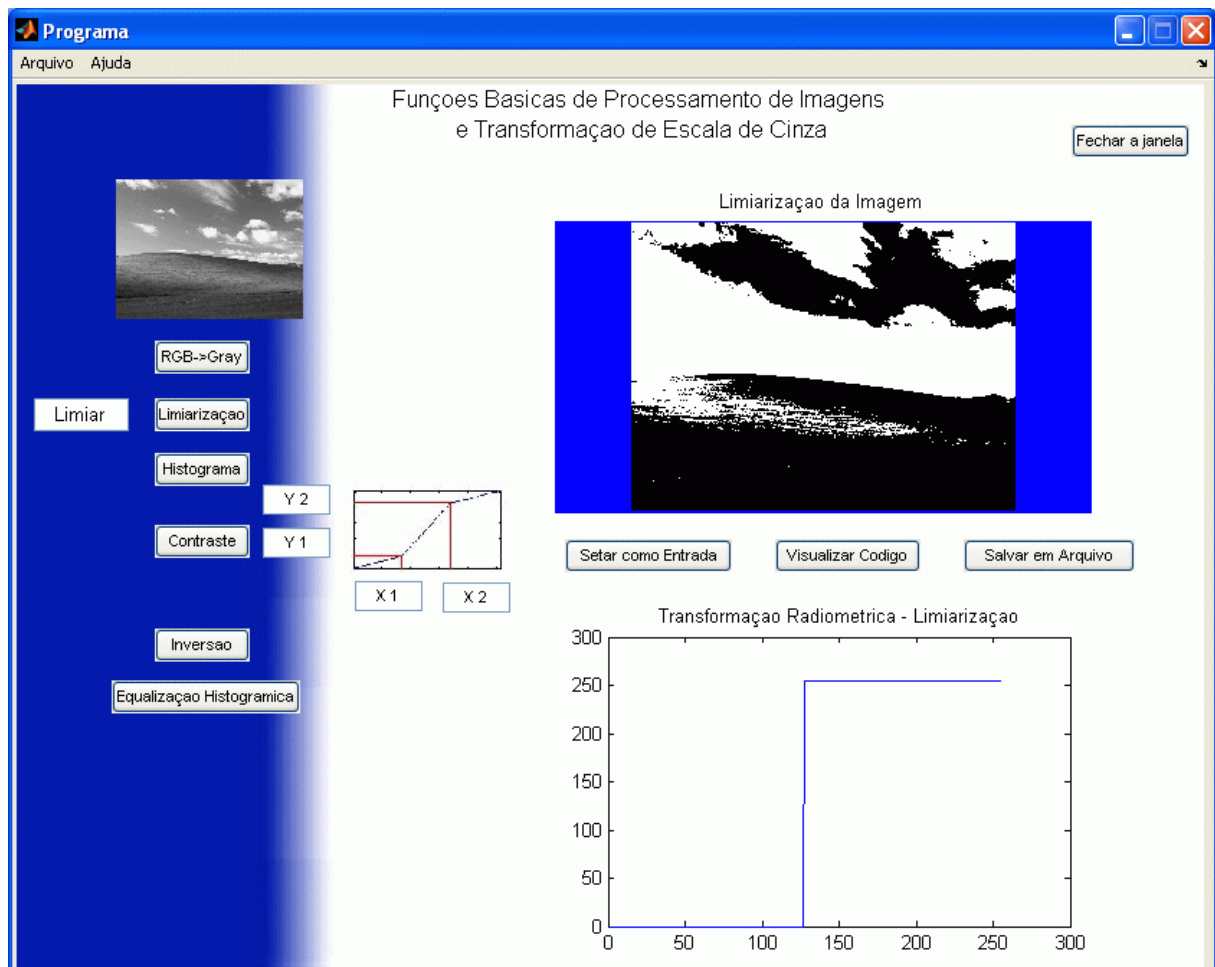


Figura 4 – Resultado da limiarização.

3.7 Botão “Contraste”

A função Contraste permite uma transformação linear por partes (até três segmentos lineares), definida pelo usuário. São quatro parâmetros recebidos, referentes aos dois pontos que definem as três retas, especificados a seguir:

- Primeira Reta: entre a origem e o primeiro ponto de coordenadas (X1,Y1);
- Segunda Reta: entre o primeiro ponto (X1,Y1) e o segundo ponto (X2,Y2);
- Terceira Reta: entre o segundo ponto (X2,Y2) e o ponto final (255,255).

O resultado da aplicação desta função a uma imagem de entrada pode ser visto na Figura 5. As três retas definem a associação entre os níveis de cinza da imagem de entrada e os níveis de cinza da imagem de saída, como pode ser visto no gráfico posicionado abaixo da imagem de saída. As posições dos campos de texto, com os nomes “X1”, “X2”, “Y1” e “Y2”, foram escolhidas de forma a facilitar a visualização de suas funções.

Podemos observar no exemplo da Figura 5 que o primeiro e o terceiro segmento de reta irão diminuir o contraste (ângulo de inclinação da reta menor do que 45°), sendo que o segundo segmento irá aumentar o contraste (ângulo maior do que 45°).

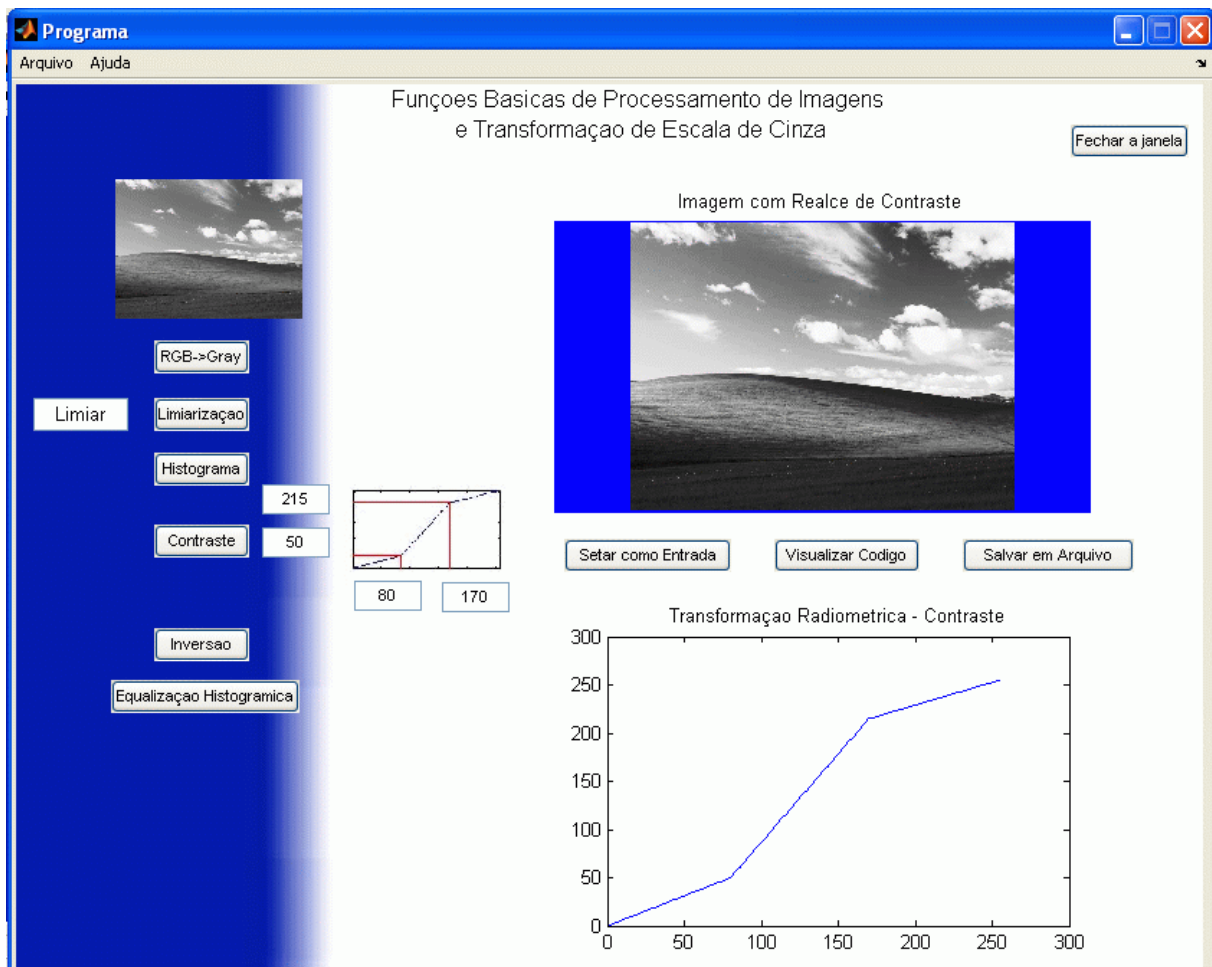


Figura 5 – Resultado da aplicação da função contraste.

3.8 Botão “Histograma”

Esta função é utilizada apenas para visualizar o histograma da imagem de entrada, sem alterá-la e sem criar uma imagem de saída. Este é apresentado no quadro reservado para gráficos. Para uma imagem colorida, é apresentado um histograma para cada cor: vermelho, verde e azul (de acordo com o padrão RGB – *Red, Green, Blue*). Para imagem em escala de cinza, apenas um histograma é apresentado. Na Figura 6 a seguir, tem-se um exemplo de histograma colorido.

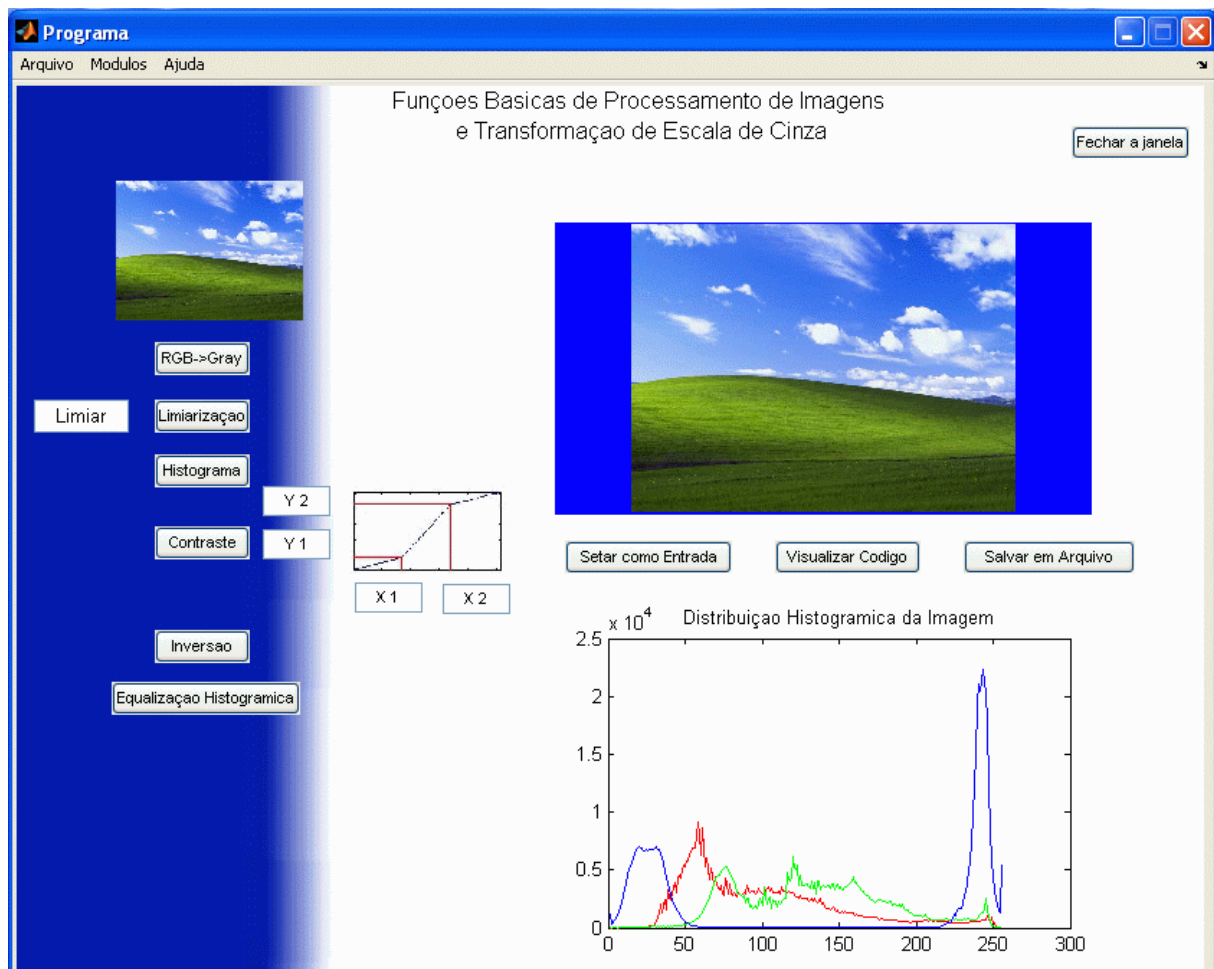


Figura 6 – Visualização dos histogramas das três bandas da imagem de entrada colorida.

3.9 Botão “Inversão”

Esta função se aplica tanto a imagens coloridas quanto a imagens em níveis de cinza. Tem a utilidade de inverter as cores da imagem. Nas imagens em escala de cinza, isto representa simplesmente colocar na saída o valor complementar da entrada (ou seja, $g(x,y) = 255-f(x,y)$, sendo $f(x,y)$ o nível de cinza da cada ponto (x,y) da imagem de entrada; e $g(x,y)$, os níveis correspondentes ao resultado da transformação). Em imagens coloridas, isto é feito independentemente para as três componentes de cores: vermelho, verde e azul, o que justifica a função de transferência ser a mesma para todas as cores, sendo mostrada apenas a azul.

A seguir, na Figura 7, tem-se o resultado da aplicação da função inversão.

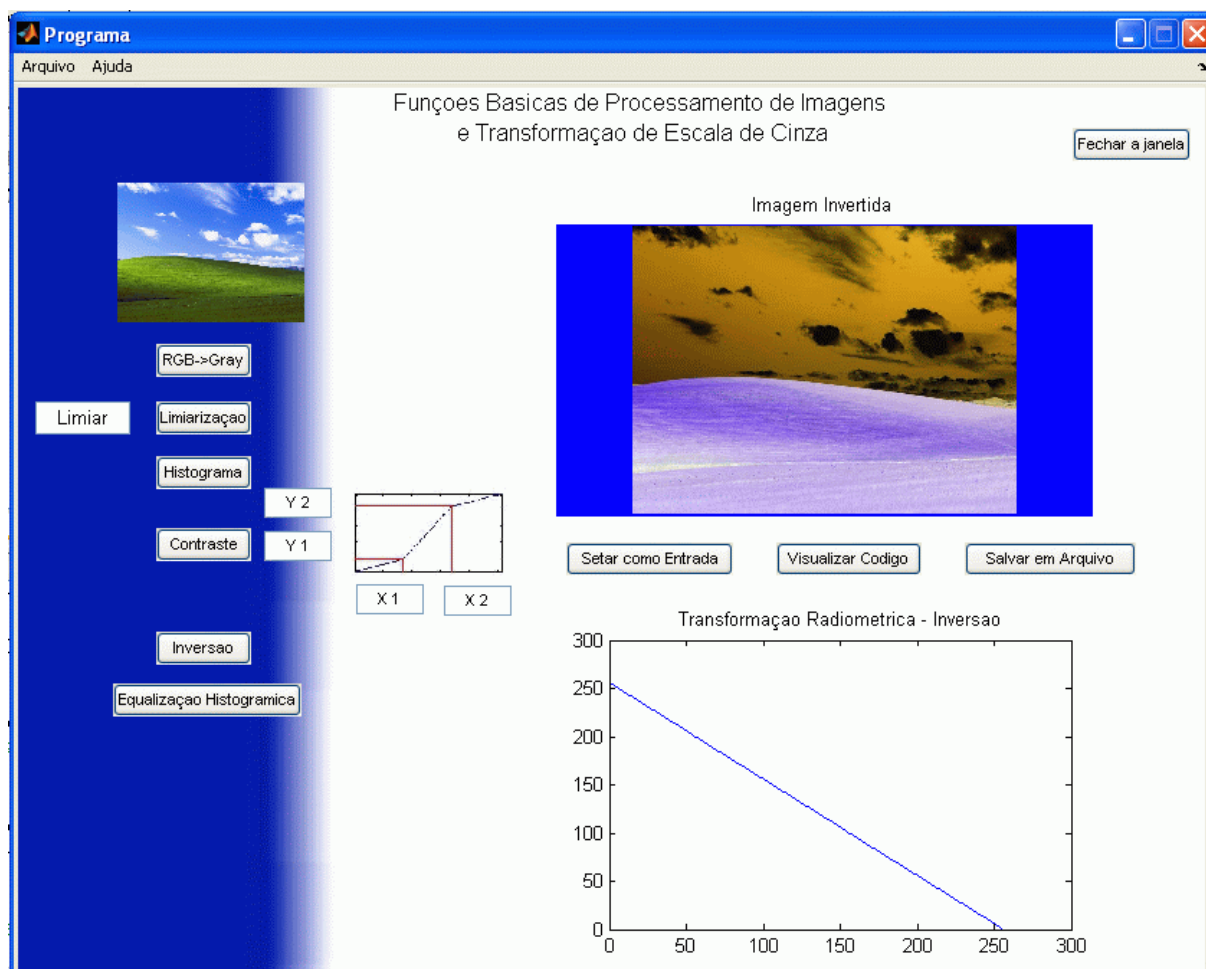


Figura 7 – Resultado da aplicação da função inversão.

3.10 Botão “Equalização Histôrica”

Esta função tem por objetivo fornecer na saída uma imagem equalizada da imagem de entrada (ou seja, com histograma uniforme caracterizado pelo mesmo número de pixels para cada nível de cinza), que pode ser colorida ou em escala de cinza.

Para imagens coloridas, o resultado não é visualmente agradável, o que mostra que são necessárias técnicas mais elaboradas para esse tratamento com esse tipo de imagem, não se podendo tratar as componentes independentemente. Didaticamente, esta função, quando aplicada em imagens coloridas, mostra que nem sempre se pode simplesmente estender as funções aplicadas ao nível de cinza para as três bandas RGB de forma independente.

O exemplo utilizado a seguir, na Figura 8, representa o uso da equalização histôrica para uma imagem em escala de cinza. A interface mostra ainda o gráfico da função de transferência obtida pelo programa para realização da equalização. Neste caso, a função apresentada depende completamente da imagem de entrada, uma vez que a equalização é obtida de forma a gerar uma distribuição de níveis de cinza uniforme. Esta função é dificilmente visualizada, para imagens com 256 níveis de cinza, sem o auxílio de um programa computacional.

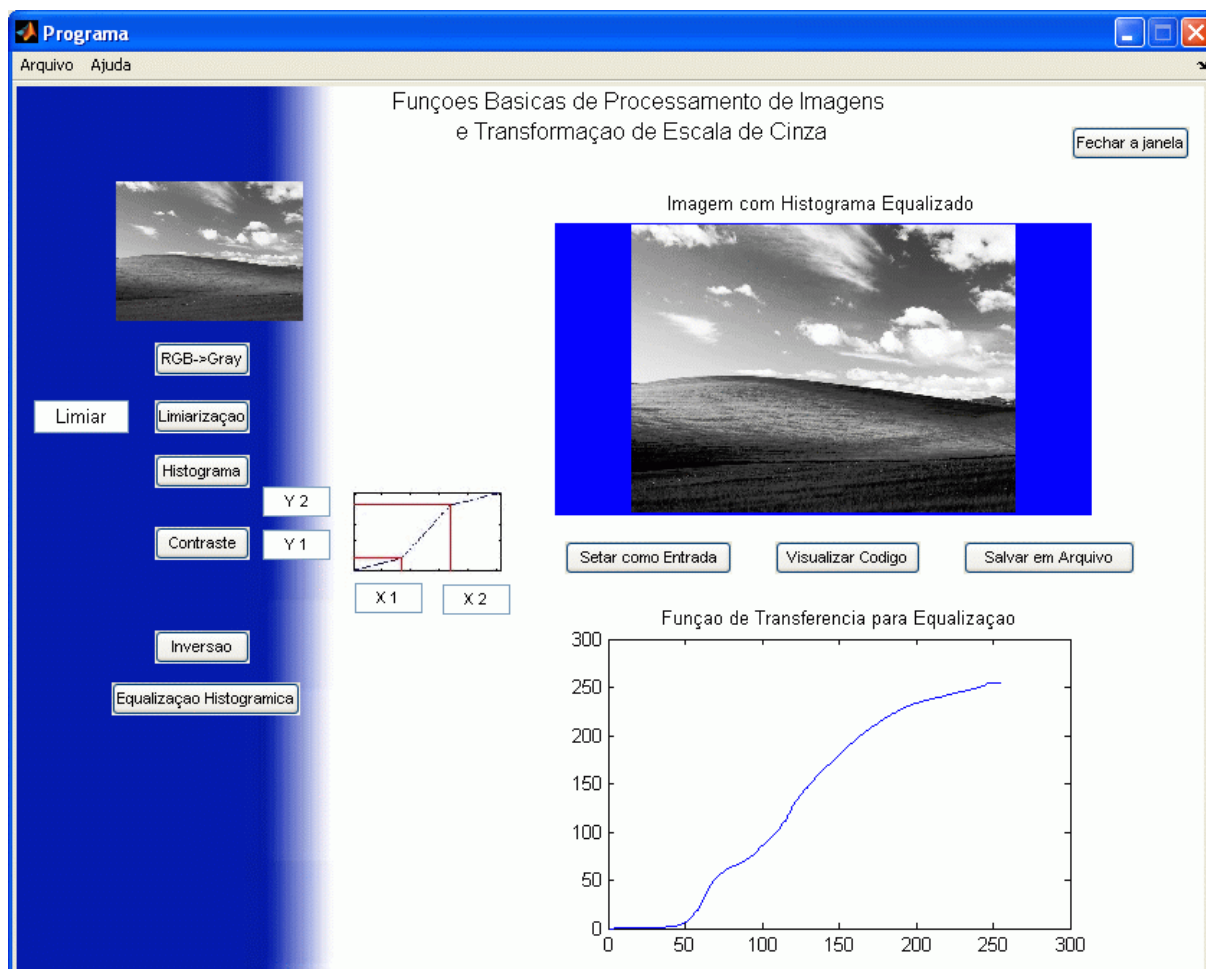


Figura 8 – Resultado da aplicação da equalização histográfica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram apresentados os resultados iniciais alcançados com o desenvolvimento de um aplicativo no ambiente MATLAB para auxílio à disciplina de processamento digital de imagens. Na situação atual, o programa já pode ser utilizado no início do curso, facilitando a apresentação do conteúdo teórico das funções básicas que já foram desenvolvidas, por meio de exemplos que podem ser executados em tempo real.

Como planos futuros, deseja-se ampliar o número de funções oferecidas, para que haja cobertura completa do plano de ensino da disciplina, incluindo assim as áreas de morfologia matemática, segmentação, reconhecimento e classificação de imagens. Como descrito na seção Metodologia, as funções acrescentadas serão apresentadas em diferentes módulos, sendo agrupadas de acordo com os conceitos teóricos envolvidos no seu entendimento, de forma a facilitar a interação com o cronograma da disciplina.

Deve-se frisar a utilidade de se ter um programa escrito em código aberto e comentado, o que possibilita aos alunos da disciplina aprender diretamente com o uso do programa. Estas características permitem ainda a aprendizagem dos conceitos básicos mesmo pela internet, onde o programa pode ser disponibilizado para o público em geral, difundindo-se assim informação muitas vezes encontrada apenas nos cursos universitários.

O principal interesse desse programa é ampliar o entendimento dos conceitos de processamento de imagens, por parte de estudantes de computação e engenharia elétrica e

demais interessados. Como objetivo final, deseja-se um software didático que englobe um vasto conteúdo na área de processamento de imagens.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Grupo de Processamento Digital de Sinais (GPDS) do departamento de Engenharia Elétrica da UnB, pelo espaço físico cedido para o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONZALEZ, R.C. e WOODS, R.E., Digital Image Processing, Addison - Wesley Pub. Company, 1992.

GONZALEZ, R. C. e WOODS, R. E., EDDINS, S. L., Digital Image Processing Using MATLAB. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

MARIANI, Viviana Cocco, PRETO, Tânia Martins, GUEDES, André Luiz Pires. Utilização do Maple, MATLAB e SCILAB nos Cursos de Engenharia. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 9, 2005, Campina Grande. **Anais**. Paraíba: UFCG-UFPE.

MACIEL, D.C.M., LUNARDI, Delx C., BIANCHI, I., LAÇAVA, J.C. da S. Utilização do Pprograma MATHEMATICA no Ensino de Antenas de Microfita. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 9, 2005, Campina Grande. **Anais**. Paraíba: UFCG-UFPE.

RAUNHEITTE, Luis T. M., YAMADA, Fujio, BEDICKS, Gunnar, SUKYS, Francisco, AKAMINE, Cristiano. Ensino de Análise Espectral Usando MATLAB. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 9, 2005, Campina Grande. **Anais**. Paraíba: UFCG-UFPE.

SILVA, José Guilherme Santos da, LIMA, Luciano Rodrigues Ornelas de, FERREIRA, Alessandra Rodrigues, SILVA, Saulo Moura da e MATTOS, Alex da Rocha, Uma Experiência Didática com Base no Emprego do MATLAB nos Cursos de Graduação da Faculdade de Engenharia da UERJ. In: World Congress on Engineering and Technology Education, 03, 2004, São Paulo, Brasil

VASCONCELOS, Maí C. R., FECHINE, Joseana M., NETO, Benedito G. A., NASCIMENTO, José L., PONTES, Mozart G. C. Um Ambiente Computacional para Auxílio ao Ensino na Área de Processamento Ddigital de Sinais de Voz. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 9, 2005, Campina Grande. **Anais**. Paraíba: UFCG-UFPE.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE APPLICATION USING MATLAB FOR TEACHING DIGITAL IMAGE PROCESSING

Abstract: *The aim of this work is the development of an application called AEPI (Teaching Aid for Digital Image Processing). It was developed in MATLAB environment and it will aid the students with the study of digital image processing. Several image processing functions has been implemented in order to allow the students to visualize the resultant image and also the intermediate images. This will help the students to understand the principles of each function. The graphical user interface was divided in modules. Each module has functions with similar principles. The first module is the basic one with radiometric transformations. The graphical interface allows the user to open an image and automatically see and save the result of radiometric transformations in grey scale. The main characteristic of the project is its didactic way of explaining the image processing functions, by allowing the visualization of the code of each function. So, the user will be able to know, at anytime, the necessary steps for the implementation of each function in terms of simple matricial operations.*

Keywords: *Image processing, MATLAB, Teaching aid, Computational tools.*