

## **UM SISTEMA ESPECIALISTA COM VISÃO DIGITAL DESENVOLVIDO PARA SELECIONAR E MEDIR SEMENTES**

*Mônica Tejo Cavalcanti*

Prof. D. Sc., Professora da UATA - CCTA - UFCG – Campus Pombal - PB  
E-mail: monicatejoc@yahoo.com.br

*José Homero Feitosa Cavalcanti*

Prof. D. Sc. NEUROLAB/CT/UFPB, Campus I, CEP 58059-900, João Pessoa, PB, Brasil

*Daniel Casimiro da Silveira*

Aluno do Mestrado de Sistemas Agroindustriais do CCTA/UFCG/Pombal – PB  
E-mail: danielcasimirodasilveira@yahoo.com.br

*Almair de Albuquerque Fernandes*

Aluno do Mestrado de Sistemas Agroindustriais do CCTA/UFCG/Pombal – PB  
E-mail:almairalbuquerque@hotmail.com

*Patricio Borges Maracajá*

Prof. D. Sc. Mestrado de Sistemas Agroindustriais da UFCG/CCTA – Pombal – PB  
E-mail: patricio@ufcg.edu.br

**RESUMO** - Neste trabalho serão apresentados detalhes do projeto e resultados experimentais preliminares obtidos a partir de um sistema especialista, que usa visão inteligente baseado na Lógica Fuzzy, aplicado na análise biométrica de sementes. As sementes são fotografadas, escolhidas automaticamente e retiradas da imagem principal usando informações básicas sobre as suas formas elipsoidais.

**PALAVRAS CHAVE:** Sistema Especialista, Lógica Fuzzy, Biometria de sementes, elipses.

## **AN EXPERT SYSTEM WITH DIGITAL VISION AND MEASUREDESIGNED TO SELECT SEEDS**

**ABSTRACT** - This paper presents design details and preliminary experimental results obtained from an Expert System, that uses intelligent vision and is based in Fuzzy Logic, applied in seed biometric analysis. The seeds are photographed, automatically chosen and removed from the principal image, using the basis information about the seed's ellipses shape.

**KEY WORDS:** Expert System, Fuzzy Logic, Biometrics seed, ellipses.

### **INTRODUÇÃO**

Na caracterização biométrica das sementes utilizam-se paquímetros para se determinarem as suas espessuras, larguras e comprimentos Cruz, et al.(2001) e Turbull, et al. (1975).. Devido a grande quantidade de sementes a serem estudadas, as análises são feitas durante horas, o que se torna cansativo para o operador. Na nossa universidade, visando maior rapidez e análises acuradas (CAVALCANTI e CAVALCANTI, 2005); (CAVALCANTI, 2006); (CAVALCANTI, et al. (2006 b); e Cavalcanti e Cavalcanti, (2006 c) propuseram uma metodologia para a realização da biometria de sementes de “faveleira” (*Cnidoculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm.) que apresenta a forma elipsoidal. A metodologia é baseada em um sistema de visão inteligente utilizando a Lógica Fuzzy, que permite

seguir os passos de medição de acordo com os padrões de medidas humanas, além de possuir regras e fornecer suporte à implementação de algoritmos inteligentes.

Será apresentada neste trabalho uma nova metodologia para a medição e detecção de sementes usando um Sistema de Visão Inteligente (SVI). O método utiliza como estação de trabalho um microcomputador acoplado a uma câmera de vídeo. A câmera é direcionada a um espaço retangular, de dimensões conhecidas, onde são colocadas as sementes a serem fotografadas, reconhecidas por suas formas elipsoidais, e medidas.

O SVI é capaz de detectar e medir sementes posicionadas aleatoriamente sobre um retângulo. As sementes não necessitam necessariamente estarem alinhadas em relação aos eixos da imagem do retângulo.

Neste trabalho, após uma sucinta descrição de sistemas de visão artificial, serão mostrados alguns detalhes do SVI, baseado na Lógica Fuzzy, desenvolvido para a

detecção e a análise biométrica de sementes de faveleira que apresentam um contorno na forma elipsoidal, Moura Fé, et. al.(1977). No final do trabalho serão analisados os resultados experimentais obtidos seguido de sugestões de trabalhos a serem realizados no futuro.

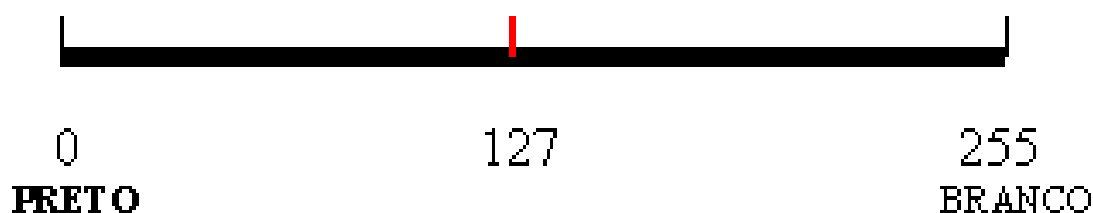
### **VISÃO ARTIFICIAL**

A Visão Artificial é a área da ciência que se dedica a desenvolver teorias e métodos voltados à extração automática de informações úteis contidas em imagens captadas por sensores. A imagem capturada numa câmera digital pode ser convertida em três matrizes com um número fixo de colunas e linhas. O número de colunas e de linhas da matriz depende do tipo de câmera utilizada. Cada ponto da matriz (conhecido como pixel) contém o valor da intensidade luminosa dos três componentes de cores, havendo uma matriz para o azul, uma para o verde e outra para o vermelho (pixel colorido). É possível conseguir uma

imagem em preto e branco criando uma matriz onde cada elemento é a média aritmética dos três elementos correspondentes das matrizes primárias (pixel cinza) Turbull, (1975); (Holst, 1998); Rufino, et al. (2004) e Rufino, et al. (2004). Intelligent Robot with Digital Vision. VI INDUSCON, Joinvile, SC. Serra, et. al. (1983).

Uma imagem pode ser definida por uma função  $f(x,y)$  sendo que seu valor representa uma intensidade de brilho naquela coordenada  $x$  e  $y$ . Na escala de cinza geralmente utiliza-se um número de oito bits (um pixel) para descrever a tonalidade (intensidade) de cinza com valores representados em um conjunto  $[0;255]$ , sendo que 0 representa a cor preta e o 255 é a cor branca.

Neste trabalho a imagem obtida da câmera é colorida e é modificada para que os seus pixels sejam pixels pretos e brancos (níveis de cinza). A seguir, após a escolha de um limite (por exemplo, limite=127 na Fig.1), os pixels cinzas são convertidos para a forma binarizada (zero ou um), a forma em que serão analisados pelo SVI. Quanto maior for o valor do limite, mais escura será a imagem filtrada.



**Fig. 1. Níveis de cinza.**

### **DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE VISÃO INTELIGENTE**

A Lógica Fuzzy Zadeh, (1988) uma técnica de análise de sistemas não lineares que possui regras bem definidas e fornece um bom suporte à implementação de algoritmos inteligentes. Na Figura 2 apresenta-se o diagrama básico do SVI. A análise das sementes passa

por duas fases: fotografia e análise. A fase inicial é chamada FOTOGRAFA em que o operador fotografa o conjunto de sementes e armazena as imagens obtidas na BASE DE CONHECIMENTO (BC). A segunda fase é a fase da análise das imagens, em que as imagens armazenadas na BC são selecionadas e filtradas pelo SVI, trabalhando em conjunto com o operador, onde o SVI informa o local e as características biométricas das sementes na imagem.

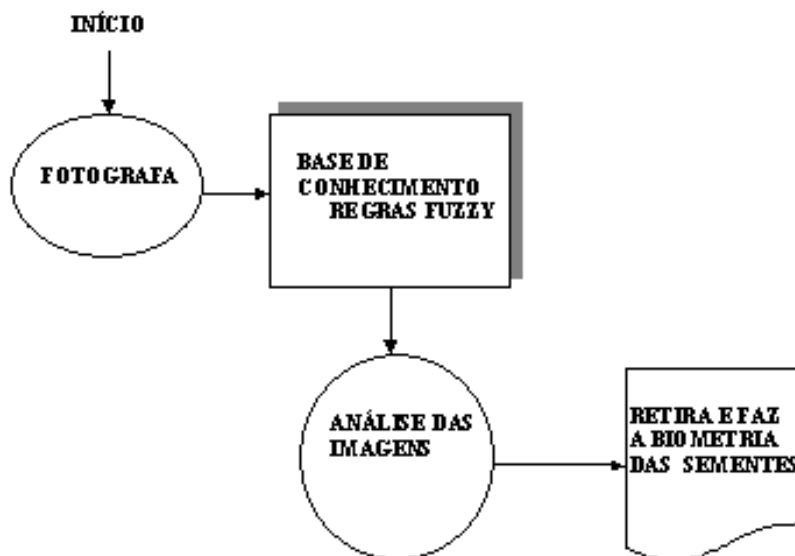
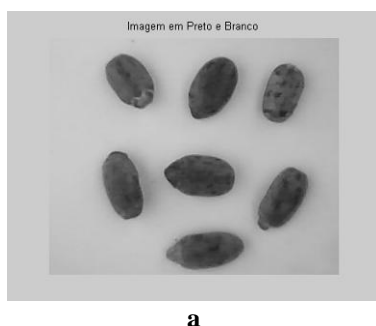


Fig. 2: Diagrama geral do SVI.

### A BASE DE CONHECIMENTO

Na descrição inicial do SVI utiliza-se uma fotografia de um grupo de sete sementes (apresentado



à esquerda da Fig.3) dispostas em três linhas. A primeira e segunda linhas com três sementes e a terceira com só uma semente. As sementes estão bem espaçadas e apresentam baixo nível de ruído (pixels pretos não pertencentes às sementes).

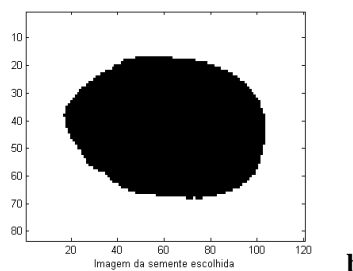


Fig.3 a) Fotografia das sementes, b)semente referência

A partir da análise da Fig.3 foi construída a BASE de CONHECIMENTO do SVI com as seguintes características:

- 1) Podem existir pixels pretos ou brancos indesejáveis na fotografia. Esses pixels são considerados ruídos. Na Fig.4, à esquerda, pode-se observar a ocorrência de ruído na quarta semente da esquerda para a direita, de cima para baixo,.
- 2) O SIV deve ser capaz de detectar e medir sementes posicionadas aleatoriamente sobre o retângulo de medições. As sementes não necessitam estar alinhadas

em relação aos eixos da imagem. Isso significa que os valores encontrados para o comprimento e a largura das sementes devem ser processados para indicarem os valores corretos.

- 3) As sementes de faveleira são consideradas de forma elipsoidal. Na análise das informações sobre a semente inicialmente, define-se  $kl = \pi/4$ . Usaram-se as equações (1) e (2), para o cálculo da excentricidade e área das sementes ( $\sqrt{\text{comp}}$  significa raiz quadrada,  $\text{larg}$  significa a largura da semente,  $\text{comp}$  significa o comprimento da semente,  $\pi = 3,14159$ ).

$$exc = \sqrt{1-(larg/comp)^2} \quad (1)$$

$$areaellipse = k1 * comp * larg \quad (2)$$

4) No cálculo dos valores aproximados da largura e do comprimento da semente considerou-se que a área da elipse (*areaellipse*) é proporcional ao número de pixels pretos (*areapixels*) da área da fotografia (ver equação (3)).

$$k3 = areapixels / areaellipse \quad (3)$$

5) Considerou-se *comp* proporcional a *larg* (ver equação (4)). Usando-se a equação (1), na forma  $(larg/comp)^2 = 1 - exc^2$  e a equação (4), define-se a variável mostrada na equação (5).

$$larg = k2 * comp \quad (4)$$

$$k2 = (1 - exc^2)^{1/2} \quad (5)$$

6) Na equação (6) apresenta-se o valor da área da semente em função da largura, da excentricidade. Na (7) apresenta-se a equação para o cálculo da largura da semente.

$$areapixel = k3 * areaellipse = k1 * k2 * k3 * larg^2 \quad (6)$$

$$larg^2 = areapixel / (k1 * k2 * k3) \quad (7)$$

Observe-se que, se for conhecida a área da elipse em número de pixels podem-se calcular as larguras e comprimentos das elipses como mostrado nas equações (7) e (4).

7) Recentemente (CAVALCANTI, et. al. 2006); apresentaram um trabalho que relata resultados obtidos da biometria de sementes de faveleira considerando a sua forma elipsoidal. Eles observaram que, num certo lote de sementes de faveleira, as sementes apresentavam em média, *comp*=14,91mm, *larg*=8,51 mm e *altura*=5,8mm. Os valores representam uma elipse com excentração *exc*=0.82 e uma área média da elipse *areaellipse*=99.65 .

Decidiu-se que a biometria de uma das sementes deve ser fornecida ao SIV para ser utilizada como referência. Observou-se que a semente central da segunda linha da Fig.3, à direita, apresenta características padrão das sementes de faveleira (CAVALCANTI, et. al. 2006); Os pixels pretos da semente escolhida foram contados e se obteve *pixelpreto*=3496. Considerou-se o número dos pixels pretos da semente proporcional a área da semente (ver a equação (8)).

$$areapixel = pixelpreto \quad (8)$$

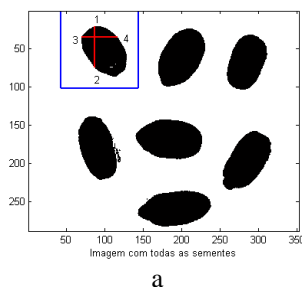
A partir da fotografia da semente referência apresentada à direita da Fig.3 obteve-se os valores de *comp\_ref*, *larg\_ref* e *areapixel* apresentados na Tabela 1. Usando-se as equações (1) e (2), calcularam-se a excentricidade e a área da elipse. Na Tabela 1, a área baseada no número de pixels da semente referência foi 3496 pixels pretos, ou *areapixel*=3496. Calculou-se uma excentricidade em torno de *exc*=0.82 e uma *areaellipse*=3416 (usando a equação (2)).

Tabela 1: Semente referência.

comp_ref	larg_ref	Exc_ref	Areaellipse	areapixels
87	50	0.8184	3416	3496

### ANÁLISE DAS SEMENTES

À esquerda da Fig.4 apresentam-se a fotografia da imagem (288 linhas por 352 colunas) obtida de um



quadrilátero com sete sementes de faveleira (fotografia apresentada na Fig.3a). Contaram-se 21870 pixels pretos na imagem. Eles representam aproximadamente a área total das sete sementes. À direita da Fig.4 apresenta-se a imagem da primeira semente escolhida pelo SVI.

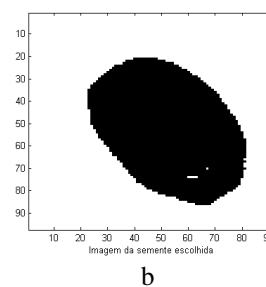


Fig.4 a) Imagem das sete sementes e b) semente escolhida

Inicialmente, para encontrar a largura da semente, foi feita uma varredura na imagem de cima para baixo, variando-se inicialmente a coluna (1:352), seguido da variação das linhas (1:288), até encontrar um pixel preto, o ponto do pixel preto é indicado pelo número 1 (mostrado à esquerda da Fig.4). A partir do ponto indicado pelo número 1 é feita uma busca pelos pixels fora da semente (pixel branco), o número da coluna é deixado fixo e se varia a linha (1:288) até encontrar um pixel branco, o ponto do pixel branco é indicado pelo número 2 (mostrado à esquerda da Fig.4).

A seguir, para encontrar o comprimento da semente, a busca de um dos pixels da semente (pixel preto) é feita variando-se inicialmente a linha, seguido da variação das colunas, até encontrar um pixel preto, o ponto do pixel preto é indicado pelo número 3 (mostrado à esquerda da Fig.4). A partir do ponto indicado pelo número 3 é feita uma busca pelos pixels fora da semente (pixel branco), o número da linha é deixado fixo e se varia a coluna até encontrar um pixel branco, o ponto do pixel branco é indicado pelo número 4 (mostrado à esquerda da Fig.4). A semente escolhida é mostrada à direita da Fig.4.

Após a determinação da largura e comprimento da semente verifica-se se esses valores encontrados representam mesmo uma semente. Observe-se que, neste estágio do SVI, o comprimento calculado para a

semente não deve ser necessariamente maior que a largura da semente.

A seguir foram implementadas algumas regras fuzzy para análise das sementes. O SVI Usa a variável lógica *image\_semente* para indicar que a imagem é de uma semente.

O SVI usa a variável inteira *num\_seed* para contar as sementes já encontradas por ele.

Na Fig.5 apresentam-se as funções de pertinência do número de sementes na imagem. Definidas como  $\mu_{Si}(\text{pixels})$ , para  $i=1:7$ . Onde  $i$  é o número de sementes. Inicialmente, usando a regra fuzzy regra 1, é determinado o número de sementes ( $ns$ ). Os seus parâmetros foram encontrados a partir das informações dos números de pixels ( $ns=7$ ) das sementes mostradas na Tabela 2 (total=21817 pixels pretos), uma média de 3100 pixels pretos por semente.

Usa-se a operação fuzzy União:  $\mu_R \cup \mu_S$ , ou  $\mu_R(x) \cup \mu_S(x) = \max(\mu_R(x), \mu_S(x)) \exists x \in X$ . Lê-se “A união da variável Fuzzy  $\mu_R$  com a variável fuzzy  $\mu_S$  será a variável  $R$  ( $R=“1”$ )” se naquele ponto  $\mu_R(x) > \mu_S(x)$ , ela será a variável  $S$  ( $S=“1”$ ) se naquele ponto  $\mu_R(x) < \mu_S(x)$ ”.

Na regra 1 determina-se o número de sementes apresentadas na imagem. No início  $Si=“0”$  para  $I=1:7$ . Após a regra 1,  $Si=“1”$ , o vencedor, e  $ns=i$  (o número de sementes na imagem).

**Regra 1: if  $Si=“1”$  then  $ns=i$**

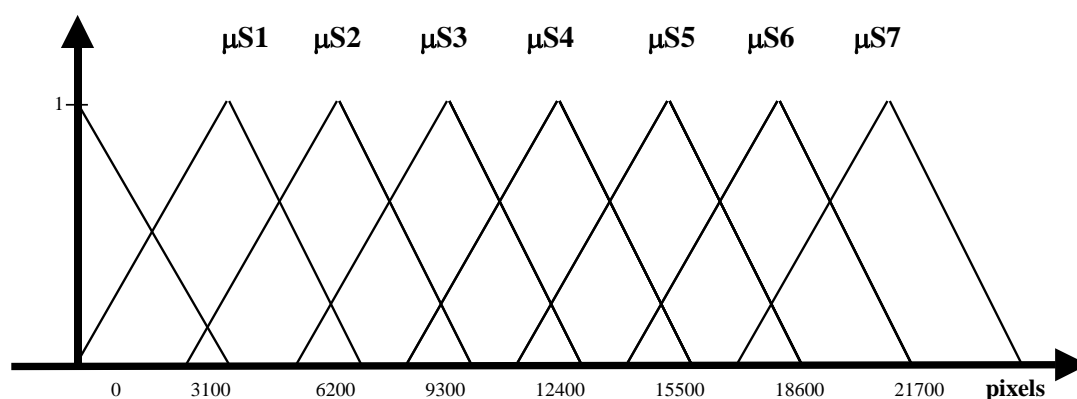


Fig.5 Funções de pertinência do número de sementes ( $ns$ )

Na Fig.6 apresentam-se as funções de pertinência  $\mu_R(\text{pixels})$  (na cor azul, representa o ruído) e  $\mu_S(\text{pixels})$  (na cor vermelha, representa a semente) da variável fuzzy *imagesemente*.

Os seus parâmetros (pontos com  $\text{pixel}=1000$  e  $\text{pixel}=3400$ ) foram encontrados a partir das informações dos números de pixels das sementes mostradas na Tabela 2.

A Regra 2 é usada para determinar se a imagem representa uma semente ou não (se não for uma semente será considerado ruído). Após a contagem dos pixels da semente são calculados os valores de  $\mu_R(\cdot)$  e de  $\mu_S(\cdot)$ . A seguir, é feita a operação fuzzy união entre as duas funções de pertinência  $\mu_R(\cdot)$  e  $\mu_S(\cdot)$  obtendo com resultado valores lógicos nas variáveis  $R$  e  $S$ .

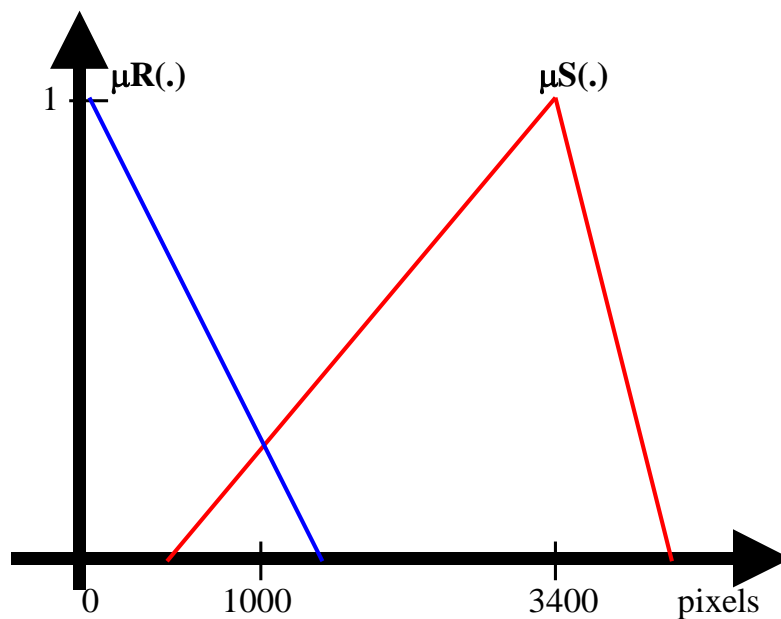


Fig.6 Funções de pertinência de *imagesemente*

A função vencedora indicará se a imagem é de uma semente ou de um ruído. A regra 2 é executada após a operação de união no conjunto fuzzy.

**Regra2:** if S="1" then image\_semente=1 and num\_seed=num\_seed+1

No SVI existem outras regras baseadas na lógica fuzzy e que não estão apresentadas neste trabalho. Por exemplo, A regra 3 é usada para determinar a posição da semente na imagem obtida. Analisou-se a relação da excentricidade com a posição da semente e se observou

**Regra 3:** if exc<0.75 then semente\_inclinada=1

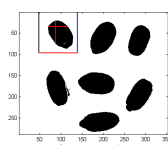
Após a análise da primeira semente, obteve-se:  
*image\_semente*="1"; *num\_seed*=1 e  
*semente\_inclinada*= "1".

Na Fig.7 apresentam-se as etapas envolvidas na detecção e análise das sete sementes. Nas Fig.7a, Fig.7b, Fig.7c Fig.7f, Fig.7g e Fig.7h apresentam-se a detecção das sementes 1, 2, 3, 5, 6 e 7.

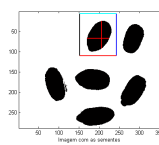
que quando a excentricidade é menor que 0.75 pode-se considerar que a semente está inclinada em relação a horizontal.

Na Fig.7d apresenta-se a detecção da semente 4. Observe-se que o SVI não conseguiu remover totalmente os pixels da semente. Na Fig.7e apresenta-se a remoção de um ruído pelo SVI. A ocorrência do ruído é indicado pela regra 2 com *image\_seed*="0".

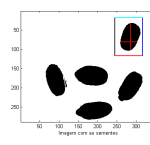
Na Tabela 2 apresentam-se os resultados obtidos da extração e medição das sete sementes apresentadas na Fig.6.



a



b



c

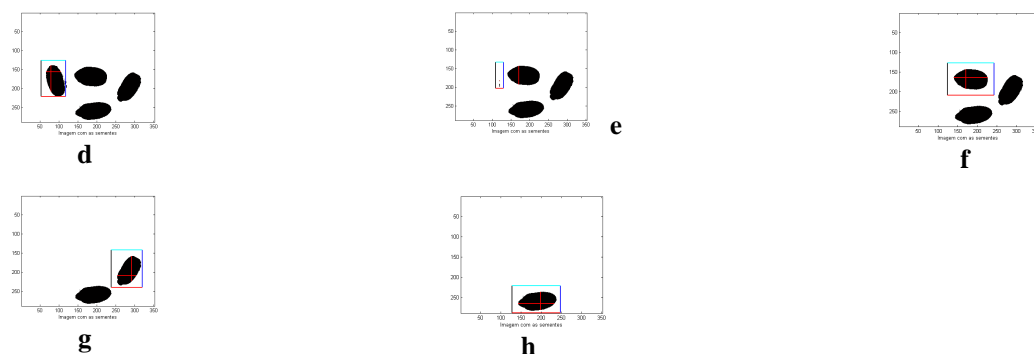


Fig.7 Determinação e biometria das sementes

Nas colunas da tabela 2 apresentam-se o numero das sementes seguidos dos seus comprimentos, larguras, excentricidade (calculada usando (1)) e áreas: área da

elipse calculada usando (2) e contadas pelo SVI (número dos pixels pretos).

Tabela 2: Valores das sementes medidos SVI.

Se-mente	Comp	Larg.	excentric	Area elipse	Area pixel
1	47	54	0.4924	1993	2743
2	55	68	0.5881	2937	3324
3	44	71	0.7848	2453	2742
4	39	69	0.8249	2113	3088
5	87	50	0.8184	3416	3496
6	50	66	0.6527	2591	3163
7	80	45	0.8268	2827	3261

Na tabela 3 apresentam-se os resultados obtidos após a biometria das sementes. Usou-se a equação (7) com  $exc=0,8184$  para todas as sementes. Observa-se uma pequena variação no comprimento e largura calculados.

Tabela 3: Valores das sementes calculados pelo SVI.

Se-mente	Comp.	Larg.	excentric.	Área elipse	Área pixel
1	77,1	44,3	0.8184	2743	2743
2	84,8	48,8	0.8184	3324	3324
3	77	44,3	0.8184	2742	2742
4	81,8	47	0.8184	3088	3088
5	87	50	0.8184	3496	3496
6	82,8	47,6	0.8184	3163	3163
7	84	48,3	0.8184	3261	3261

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste trabalho apresentou-se o desenvolvimento de um sistema especialista, denominado SVI, baseado em visão artificial, capaz de detectar e medir sementes posicionadas aleatoriamente sobre um retângulo de medições.

Na detecção das sementes pelo SVI, elas não necessitam necessariamente estarem alinhadas em relação aos eixos da imagem.

As operações de detecção e medição devem ser feitas em conjunto com o operador que, sucessivamente fotografa o conjunto de sementes, observa a classificação e medição das sementes, e aceita ou não o resultado obtido.

Observou-se que o número de regras necessárias à detecção das sementes depende da distância entre elas no plano do conjunto das sementes.

Durante a medição das sementes apresentadas na Fig.7 observou-se uma pequena variação no comprimento e largura calculados usando as equações para excentricidade ( $exc.=0,8184$ ) para todas as sementes.

Usou-se o ambiente MATLAB para o desenvolvimento do protótipo do SVI.

## CONCLUSÃO

Na análise inteligente de imagens, descrita neste trabalho, utilizou-se a Lógica Fuzzy para implementar a detecção de sementes devido a sua característica de funcionamento se assemelhar ao raciocínio do operador humano. Pois, sabe-se que o número de pixels apresentados numa imagem de uma semente depende da máquina fotográfica digital utilizada, a sensibilidade da máquina e a sua distância da imagem das sementes. As funções de pertinência escolhidas para o SVI foram as triangulares.

Na biometria das sementes foram consideradas as suas características elípticas. Essas características se mostraram suficientes para o cálculo da largura e do comprimento das sementes sendo conhecida a área da semente na imagem. Pretende-se desenvolver para o SVI uma versão na linguagem C++ e rodando em ambiente Linux.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela contribuição a essa pesquisa na forma de bolsa de estudo para Mônica Tejo Cavalcanti.

## REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, M. T.; CAVALCANTI, J. H. F., (2005). Sistema Inteligente para o Reconhecimento de Sementes, III ERIMC (Encontro Regional de Instrumentação e Metrologia Científicas), Campina Grande.

CAVALCANTI, J. H. F.; CAVALCANTI, M. T.; CARVAJAL, J. C. L.; BORA, P. S. (2006). Sistema Inteligente para Contagem de Sementes, IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM 2006, Recife, PE.

CAVALCANTI, M. T.; CAVALCANTI, J. H. F.; CARVAJAL, J. C. L. (2006 b). Sistema Inteligente para a Medição de Sementes da Faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus* (Mart.) Pax et Hoffm). IV SEMINÁRIO DA AGROINDÚSTRIA, UFPB–Campus III Bananeiras – Paraíba.

CAVALCANTI, J. H. F.; CAVALCANTI, M. T. (2006 c). Sistema Especialista Usando Visão Inteligente para Análise de Sementes. SEPRONE 2006 (I Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste), DEP do Centro de Tecnologia da UFPB - Campus I, João Pessoa PB.

CRUZ, E.D., MARTINS, F. DE O. F., DE CARVALHO, J.E.U. (2001). Biometria de Frutos e Sementes e Germinação de Jatobá-Curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae - Caesalpinoideae). Revista brasileira de Botânica, São Paulo, V.24, n.2, p.161-165.

HOLST, G. C. (1998). CCD Arrays, Cameras, and Displays. SPIE-International Society for Optical Engine; 2nd edition.

MOURA FÉ, J. A.; HOLANDA, L. F.; MARTINS, C. B.; MAIA, G. A. (1977). Estudos tecnológicos da faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus* (Mart) Pax et K. Hoffm). Ciência Agronômica, Fortaleza – CE., v. 7, n. 1 e 2, p. 33- 37.

RUFINO, F. A. O.; CAVALCANTI, J. H. F. E MACHADO, M. M. (2004). Intelligent Robot with Digital Vision. VI INDUSCON, Joinville, SC.

SERRA, J. (1983). Image Analysis and Mathematical Morphology. Academic Press.

TURBULL, J. W. (1975). Seed extraction and cleaning. In: Report on the FAO/DANIDA Training



Course On Forest Seed Collection And Handling,  
Chiang Mai. Rome: FAO, 1975. p. 135-151.

ZADEH, L.A. (1988). FUZZY LOGIC. IEEE  
Computer Magazine, April 1988, pp.83-93.  
Republicado por J.A. Anderson & E. Rosenfeld,  
Neurocomputing Foundations of Researchs, MIT  
Press, Cambridge, Massachusets, USA, 1988. pp. 177-  
194.

Recebido em 22 06 2011

Aceito 21 12 2011