

SISTEMA INTELIGENTE PARA A MEDIÇÃO DE SEMENTES DA FAVELEIRA (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax et Hoffm.)

Mônica Tejo Cavalcanti – PPGCTA/CT/UFPB (bolsista CNPq)

José Homero Feitosa Cavalcanti – NEUROLAB/CT/UFPB

Pushkar Singh Bora – PPGCTA/CT/UFPB

Juan Carlos Letelier Carvajal – UA/CHILE – PPGCTA/CT/UFPB

Elck Almeida Carvalho – PPGCTA/UFPB

Resumo: A faveleira (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax et Hoffm.) é uma planta resistente a seca, bastante empregada na recuperação de áreas degradadas e que serve de alimento. Neste trabalho, foi proposta uma metodologia para a realização da biometria de sementes baseada em um sistema de visão inteligente utilizando a lógica Fuzzy para assemelhar o raciocínio do operador. Geralmente, essas análises são feitas através de paquímetros, o que a torna cansativa. Visando simplificar, usa-se a análise inteligente das imagens, com uma câmera de vídeo acoplada a um computador, onde a imagem capturada é definida por uma função que representa a intensidade do brilho e assim, obtemos o resultado em pixel. O processo passa pela calibração e análise. Na calibração foi obtida a fotografia do conjunto de sementes. As imagens são armazenadas na base de conhecimento e posteriormente filtradas e então analisadas. O sistema inteligente informa seu tamanho, posição, comprimento, largura e espessura. Utilizando um espelho num ângulo de 45° em relação ao plano do quadrado das sementes é possível se estimar a sua altura. Os resultados experimentais obtidos nessa análise foram bastante satisfatórios e observou-se que o sistema foi capaz de indicar mudança no tamanho e na posição relativa das sementes.

Palavras-chave: Biometria, Visão digital inteligente, Faveleira.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, muitos produtos florestais (matérias-primas) existentes na vegetação do semi-árido poderiam ser tecnologicamente explorados. Essa exploração traria benefícios diretos e indiretos para a população desta região, melhorando a qualidade de vida das pessoas que nela vivem.

No Estado da Paraíba, a vegetação da caatinga apresenta tipos fisionômicos que variam, da caatinga arbustiva esparsa à caatinga arbórea densa, com predomínio das famílias Fabaceae e Euphorbiaceae. Nessas famílias as espécies de maior frequência são: *Cnidosculus phyllacanthus* (faveleira), *Cnidosculus urens* (cansação), *Croton argiophylloides* (marmeleiro), *Croton sonderianus* (marmeleiro), *Croton campestris* (velame), *Jatropha mollissima* (pinhão brabo), *Manihot glaziovii* (maniçoba) e *Euphorbia tirucalli* (aveloz) (ANDRADE-LIMA, 1989; RODAL, 1992).

Dentre as espécies ocorrentes na Caatinga nordestina sobressai-se a faveleira (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax et Hoffm.) planta resistente a seca (DUQUE, 1980), bastante empregada na recuperação de áreas degradadas, largamente utilizada para a alimentação animal. A folha madura e a casca servem de forragem aos caprinos, ovinos, asininos e bovinos. As suas sementes podem ser utilizadas na avicultura e suinocultura (VIANA, 1981 ; VIANA & CARNEIRO, 1991).

Segundo Bezerra (1972), a faveleira é uma planta pertencente à Família *Euphorbiaceae*, dotada de espinhos que dificultam muito o manuseio, sendo esta a principal

barreira encontrada para a sua utilização como pastagem nativa. Alguns estudos relatam à existência de um “mutante”, que é a faveleira sem espinho.

As sementes são ovóides, lisas e rígidas (AGRA, 1996), cinzento-pardacentas (OLIVEIRA, 1976) e têm alguma semelhança com a mamona (DUQUE, 1951; BRAGA, 1960). No amadurecimento, o fruto se rompe, lançando as sementes a certa distância. Semente de testa dura, lisas e albúmen rico em óleo comestível.

A característica da vegetação, quanto ao desenvolvimento ou porte, pode estar relacionada com diversos fatores como o regime de chuvas, tipo e fertilidade dos solos e outros.

A caracterização biométrica e química de frutos e sementes fornece subsídios para o estudo sobre a diferenciação de espécies, classificação de grupos ecológicos, manejo da fauna silvestre, entre outras diversas áreas de estudo (CRUZ; MARTINS; DE CARVALHO, 2001).

Geralmente, as análises biométricas são feitas utilizando-se paquímetros, onde se determina espessura, largura e comprimento de sementes ou frutos e na manipulação experimental geralmente se observa o instante em que a semente mudou de forma, posição ou cor baseada na carta de cores de tecido vegetal (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, 1992; MUNSELL COLOR CHARTS, 1977).

Devido a grande quantidade de sementes a serem estudadas, as análises são feitas durante horas, o que torna cansativo. Por isso, a observação automática das sementes é muito importante durante a sua germinação ou durante a sua conservação (CAVALCANTI e CAVALCANTI, 2005).

A Lógica Fuzzy (ZADEH, 1988) é uma técnica de análise de sistemas não lineares que possui regras bem definidas e fornece um bom suporte à implementação de algoritmos inteligentes. Na análise inteligente de imagens, descrita neste trabalho, utilizou-se a Lógica Fuzzy para implementar o Sistema de Visão Inteligente de dimensionamento de sementes (SIDS) devido a sua característica de funcionamento se assemelhar ao raciocínio do operador na análise de sementes (CAVALCANTI, et al ,2005).

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. Tais imagens são captadas por sensores dos tipos câmera de vídeo, scanner, etc. A imagem capturada numa câmera digital comum pode ser convertida em três matrizes com 288 colunas e 352 linhas. O número de colunas e linhas da matriz depende do tipo de câmera utilizada. Cada matriz contém o valor da intensidade luminosa das três componentes de cores, havendo, portanto, uma matriz para o azul, uma para o verde e outra para o vermelho. É possível conseguir uma imagem em preto e branco simplesmente criando uma matriz onde cada elemento é a média aritmética dos três elementos correspondentes das matrizes primárias (SERRA, 1983; RUFINO, 2004; HOLST, 1988).

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 (denominado 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 análise será feita em imagens do tipo preto e branco.

Neste trabalho, após uma sucinta descrição de sistemas de visão artificial, serão apresentados alguns detalhes de um Sistema de Visão Inteligente de dimensionamento de sementes (SIDS) usado para facilitar as análises biométricas de sementes e frutos. O sistema é chamado inteligente por seguir os passos de medição de acordo com os padrões de medidas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O método proposto utiliza como estação de trabalho um microcomputador padrão acoplado a uma câmera de vídeo (“webcam”) de baixo custo (RIBEIRO et al 2000). Para a

estação de trabalho desenvolveu-se um sistema de visão inteligente, composto de uma base de conhecimento com regras e fatos analisados por um motor de inferência baseado na Lógica Fuzzy.

Inicialmente desenvolveu-se um ambiente de trabalho composto de uma caixa de metal convenientemente iluminada, possuindo um espaço retangular de dimensões conhecidas onde serão colocadas as sementes a serem fotografadas.

A biometria das sementes: medição do comprimento, largura e altura passa por três fases: fotografia, calibração e análise. Na fase inicial obtém-se a fotografia do conjunto de sementes, dispostas em um retângulo de dimensões conhecidas, armazena as imagens na base de conhecimento, onde elas são filtradas e então analisadas. No retângulo é colocado um conjunto de espelhos, dispostos num ângulo de 45° em relação ao plano das sementes, que é usado para observar a altura das sementes.

Durante a fase de calibração o operador prepara uma iluminação adequada, posiciona o espelho sobre o retângulo, filtra a imagem, e indica as localizações das sementes dentro do espaço retangular do ambiente de trabalho.

Na fase da análise, o sistema inteligente, usando as imagens armazenadas na base de conhecimento, calcula o comprimento, largura e espessura do conjunto de sementes. Serão apresentados resultados experimentais e serão mostrados que os resultados obtidos são bastante satisfatórios na determinação das áreas das sementes, na posição relativa das sementes e no cálculo do comprimento, largura e espessura do conjunto de sementes.

3. RESULTADOS

Na Figura 1 apresenta-se o diagrama básico do SIDS. Nele, a análise das sementes passa por duas fases, calibração e análise. A fase inicial é chamada OPERADOR FOTOGRAFA em que o operador fotografa o conjunto de sementes e armazena as imagens na BASE DE CONHECIMENTO (BC). A segunda fase é a da calibração (CALIBRADO), que deve ser feita pelo operador antes da fase da análise das imagens, em que as imagens armazenadas na BC são selecionadas e filtradas pelo SIDS trabalhando em conjunto com o operador. Na ANÁLISE DAS IMAGENS o SIDS informa o número, o seu tamanho visível e a posição das sementes na imagem.

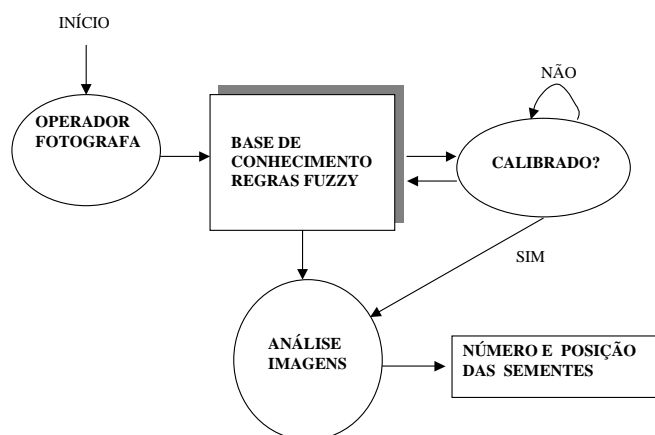


Figura 1. Diagrama geral do SIDS.

Na Figura 2 apresenta-se uma fotografia de um grupo de sementes obtidas usando o SIDS e armazenadas na sua BASE DE CONHECIMENTO. No desenvolvimento do sistema inteligente baseado na Lógica Fuzzy, o retângulo foi dividido em 20 pequenos retângulos dispostos em quatro filas com cinco pequenos retângulos. Em cada pequeno retângulo é colocada uma semente para ser medida. Usando-se uma única câmera fotográfica posicionada sobre o retângulo só é possível obter uma imagem bidimensional da semente o que possibilita

encontrar o comprimento e a largura da semente. Mas, utilizando-se um espelho colocado num ângulo de 45° em relação ao plano do quadrado das sementes é possível se estimar a altura da semente. Na Figura 2 só existe uma fila com cinco sementes apontada pela seta 1. A seta 2 aponta para o reflexo do espelho das imagem das sementes apontadas pela seta 1.



Figura 2. Conjunto de sementes.

A calibração é feita seguindo o algoritmo 1 sobre as imagens gravadas na BC do SIDS. Inicialmente, a imagem é transformada numa imagem em preto e branco e a seguir é filtrada para apresentar contrastes entre branco e preto. Usou-se o algoritmo 1 para a calibração das imagens. O operador usa o programa **nívelcinza** para encontrar o valor de nível que melhor filtra as sementes e utiliza o programa **enquadra** para especificar o círculo que está sendo analisado. Por último, a partir dos resultados obtidos na análise de diferentes imagens com sementes, as funções de pertinência das sementes são calibradas isto é, é feita a adaptação dos números de pixels usados nas interseções entre as curvas das funções de pertinência

Algoritmo 1

```
CALIBRADO
faz imagem Preto/branco
filtra e binariza, nívelcinza
escolhe os retângulos, enquadra
End
```

Na Figura 3a apresenta-se a imagem em preto e branco da imagem fotografada e apresentada na Figura 2d. Observe-se que a imagem apresenta detalhes dos círculos traçados para a ordenação das sementes. Decidiu-se usar uma variável denominada *nível* para indicar o valor do limiar durante a binarização da imagem. Iniciou-se definindo-se $nível=128$ para o valor de escolha dos pixels durante a binarização. O operador, usando o mouse, decide se deve aumentar ou diminuir o nível de cinza para a binarização da imagem, Ele usa o mouse para escolher MAIS claro, MENOS claro ou FIM da filtragem. Obteve-se na Figura 3.b o valor $nível=140$, o que tornou a imagem seletiva.

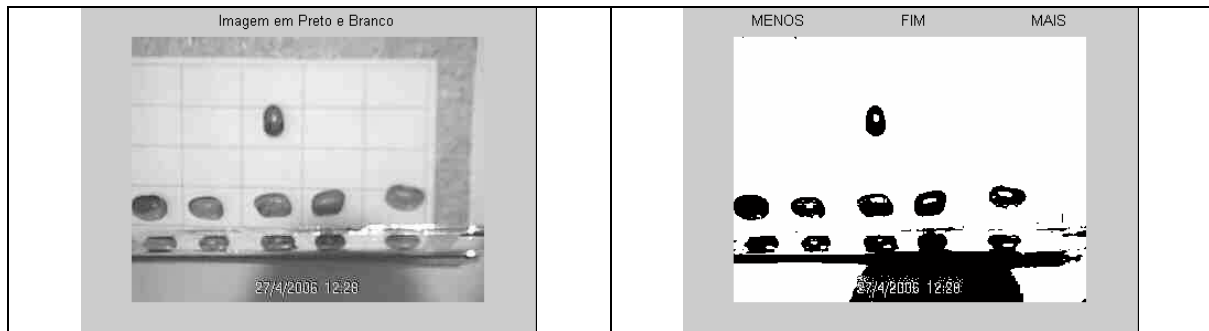


Figura 3. Determinação do nível de cinza.

Após a determinação do nível de cinza, a imagem original (com nível de cinza nível=140) é utilizada pelo operador para a identificação dos retângulos da semente e de seu reflexo no espelho.

Na Figura 4a apresenta-se a imagem das sementes em que o operador selecionou a segunda semente da fila das sementes. Na Figura 4b apresenta-se a imagem, vista superior, da semente enquadrada pelo operador (25 por 40 pixels). A matriz que representa a imagem da semente (25 por 40 pontos) foi analisada para detectar a largura e o comprimento da semente. Na Figura 4b apresenta-se a largura e o comprimento da semente representados por uma linha na cor vermelha. Obteve-se um comprimento de 30 pixels e uma largura de 18 pixels.

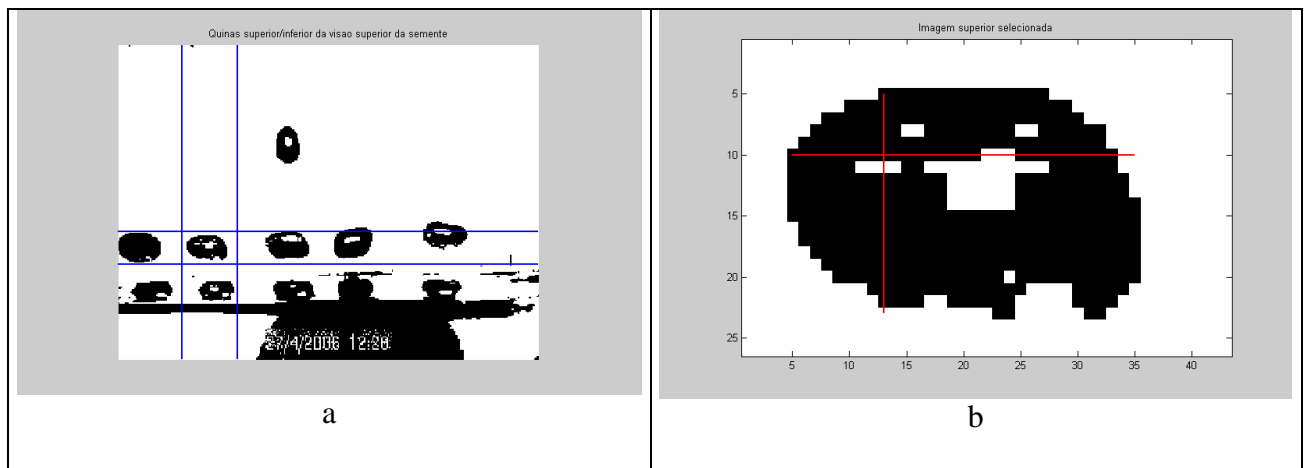


Figura 4. Imagem filtradas e selecionadas.

Na Figura 5a apresenta-se a imagem do reflexo das sementes (vista lateral) em que o operador selecionou a segunda semente da fila das sementes. Na Figura 5b apresenta-se a imagem, vista lateral, da semente enquadrada pelo operador (25 por 40 pixels). A matriz que representa a imagem da semente (25 por 40 pontos) foi analisada para detectar a largura e o comprimento da semente. Na Figura 5b apresenta-se a largura e o comprimento da semente representados por uma linha na cor vermelha. Obteve-se um comprimento de 26 pixels e uma largura de 14 pixels. A largura de 14 pixels representa um valor proporcional à altura da semente. O comprimento de 26 pixels é proporcional ao comprimento da semente obtido com a visão superior da semente.

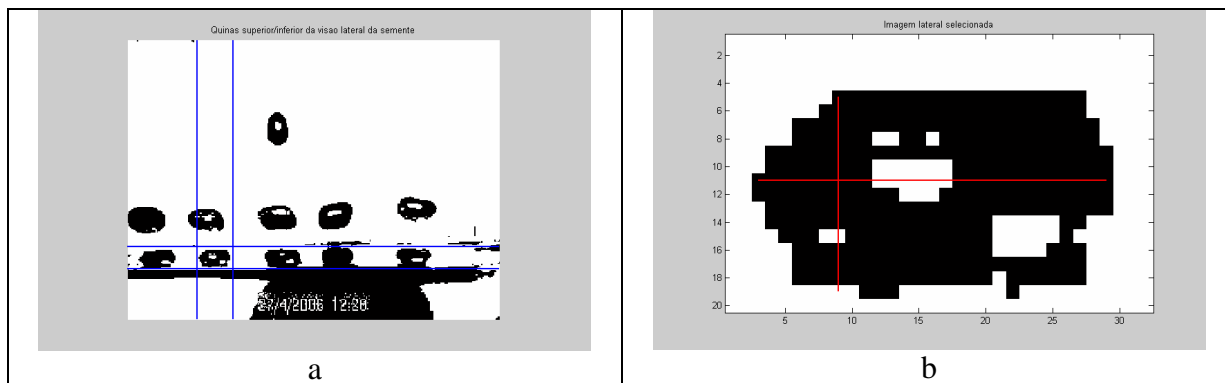


Figura 5. Imagem do reflexo da semente

Na determinação do tamanho das sementes se fez uma repetibilidade das imagens onde se usou um sistema com cinco sementes, mediu-se e numerou-se de 1 a 5. Numerou-se os retângulos das sementes, mediu-se o conjunto apresentado na Figura 6. para verificar a sua repetibilidade.

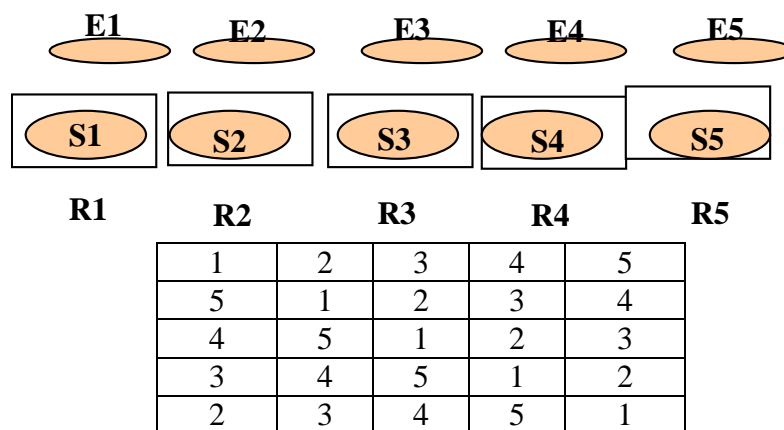
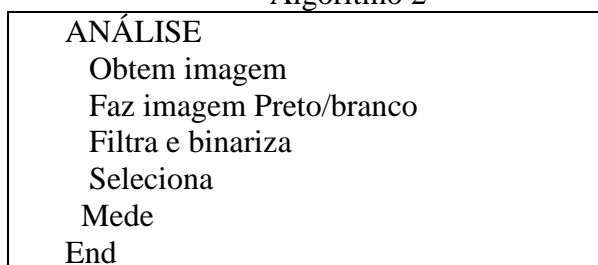


Figura 6. Determinação do tamanho das sementes

Análise das imagens:

A seguir, entra-se na fase de análise das imagens usando-se a fotografia apresentada na Figura 2b. Usou-se o algoritmo 2 para a análise das imagens..

Algoritmo 2



4. CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentaram-se resultados experimentais obtidos de um sistema inteligente utilizado na análise de sementes. Durante o acompanhamento da análise, observou-se que o sistema de visão inteligente foi capaz de indicar a mudança no tamanho (área proporcional ao número de pixels) e na posição relativa das sementes. Futuramente, pretende-

se utilizar este sistema para encontrar as sementes que mudam de tamanho (largura e comprimento) e de cor durante a análise da sua germinação ou armazenamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, M. F. “Plantas da medicina popular dos Cariris Velhos.” Paraíba, Brasil/João Pessoa: Editora União, 1996. 125p.

ANDRADE-LIMA, D. D. **Plantas das Caatingas.** Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, Gráfica A Tribuna de Santos Ltda., 1989.

BEZERRA, G. E. ”Favela – Seu aproveitamento como forrageira.” Boletim Técnico, Fortaleza, v. 30, nº 1, p. 71- 87, jan./jun. 1972.

BRAGA, R. “Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará.” 2.^a Ed. Imprensa Oficial do Ceará. 1960, v. VIII, 540 p.

CAVALCANTI, M. T.; BORA, P.K. ; MONTEIRO, E. F. e CAVALCANTI, J.H.F. “Mini Ambiente com Atmosfera Controlada”, II Simpósio sobre Conforto, Eficiência e Segurança no Trabalho, CESET 2005, DP/CT/UFPB, João Pessoa PB, 2005.

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

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

DUQUE, J. G. “Solo e água no polígono das sêcas.” 2^a ed. Fortaleza – CE: DNOCS, v. I. 220p. 1951.

DUQUE, J. G. ”O Nordeste e as lavouras xerófilas” 3^a ed., Mossoró- RN: ESAM – Fundação Guimarães Duque, , Vol. CXLIII, 337 p. 1980.

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

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA, “Regras para Análise de Sementes”, Brasília, Brasil. 1992.

OLIVEIRA, O. F. “Algumas árvores do Município de Mossoró. Caatinga” Mossoró, v. 1, n. 1, 1976, p. 7-17.

RIBEIRO, S. F., FRANÇA, J. E. M., DE BARROS M. A., CAVALCANTI J. H. F., “Um Sistema de Visão para Reconhecimento de Peças em um Tabuleiro de Xadrez”, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica-CONEM 2000, Natal RN, 7-11 agosto de 2000.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E.V. S. B.; PEREIRA, R. C. “Revisão dos levantamentos florísticos no domínio das caatingas.” In: Resumos XII Reunião Nordestina de Botânica. João Pessoa, Sociedade Botânica do Brasil, 1988. p. 27.

RUFINO, F. A. O. & CAVALCANTI, J. H. F. & MACHADO, M. M., “Intelligent Robot with Digital Vision”, VI INDUSCON, Joinville, SC, 2004.

SERRA, J., “Image Analysis and Mathematical Morphology” Academic Press, 1983

VIANA, O. J. “Estudo da disseminação, perpetuação e desenvolvimento da faveleira sem espinho, *Cnidosculus Phyllacanthus*”. In: 18ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Goiânia, p.15. 1981. *Anais...*

VIANA, O. J.; CARNEIRO, M. S. S. “Plantas forrageiras xerófilas - I Faveleira inerme, *Cnidoscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax & K. Hoffm., no Semi-árido Cearense.” *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 22, n. 1 e 2, Jun./Dez., p. 17-21, 1991.

ZADEH, L. A. “Fuzzy Logic”, *IEEE Computer Magazine*, April 1988, pp.83-93. Republicado por **J.A. ANDERSON & E. ROSENFELD**, *Neurocomputing Foundations of Researchs*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 1988. pp. 177-194.