

# Sistema Contra Roubos em Caixas Eletrônicos por meio de Reconhecimento Facial utilizando Redes Neurais Artificiais

Wildrey Barbosa Guimarães<sup>1</sup>, Flávia Gonçalves Fernandes<sup>1</sup>, Mariana Cardoso Melo<sup>1</sup>, Bruno Gabriel Gustavo Leonardo Zambolini Vicente<sup>1</sup>, Stéfano Schwenck Borges Vale Vita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Engenharia e Tecnologia – Universidade de Uberaba (UNIUBE)  
CEP: 38.408-343 – Uberlândia – MG – Brasil

wildrey@uniube.edu.br, flavia.fernandes92@gmail.com,  
mariana.melo@uniube.br, bruno.vicente@uniube.br,  
stefanoborges@gmail.com

**Abstract.** *The use of artificial intelligence to meet the growing demand of digital image processing is continuously evolving. During the last years, there has been a significant increase in the level of interest in mathematical morphology, artificial neural networks (ANN), in addition to processing, compression, and recognition images analysis systems based on knowledge. In this perspective, this paper presents the development of a system against thefts at ATMs that makes use of artificial neural networks technology. The proposed solution allows the installation of the system in all bank branches or in environments where such technology is needed, promoting the reduction of criminality.*

**Resumo.** *A utilização da inteligência artificial para suprir a crescente demanda do processamento de imagens digitais está evoluindo continuamente. Durante os últimos anos, tem havido um aumento significativo no nível de interesse em morfologia matemática, redes neurais artificiais (RNAs), além do processamento, compressão e reconhecimento de imagens em sistemas de análise baseados em conhecimento. Nesta perspectiva, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema contra roubos em caixas eletrônicos que faz uso desta tecnologia de redes neurais artificiais. A solução proposta permite a instalação do sistema em todas as agências bancárias ou em ambientes onde seja necessário tal tecnologia, promovendo a redução da criminalidade.*

## 1. Introdução

O reconhecimento facial é um dos atos que está em vigor no dia a dia, onde as pessoas precisam assegurar sua autenticidade, como na realização de transações bancárias, identificação em empresas, aeroportos, shopping centers entre outros. Os meios mais utilizados de identificação é através de senhas e uso de cartões com chips ou dispositivos magnéticos, onde o grande problema com esses meios é a facilidade de terceiros em obter as informações do usuário [Abate, 2007].

Esta atividade executada com tanta naturalidade por seres vivos, tem estimulado o interesse de pesquisadores que trabalham com a Inteligência Artificial.

O intuito das pesquisas sobre reconhecimento facial é desenvolver equipamentos que sejam capazes de realizar tal tarefa a fim de empregar essa tecnologia nas mais diversas atividades, como sistemas de vigilância, controles de acesso, entre outros. É uma área de pesquisa bem abrangente e envolve várias disciplinas como processamento de imagens, reconhecimento de padrões, visão computacional e redes neurais [Barret, 1998].

As redes neurais artificiais são um modelo computacional inspirado no cérebro humano e possuem a capacidade de aprender e generalizar através de exemplos. As redes neurais têm contribuído muito no desenvolvimento de sistemas de reconhecimento e classificação de padrões e são utilizadas em vários trabalhos voltados ao reconhecimento de expressões faciais [Azevedo, 2000].

Logo, o objetivo deste trabalho é a implementação de um sistema contra roubos em caixas eletrônicos, o qual é um software que atua na identificação facial e no acionamento de equipamentos, como o Gerador de Neblina e um sistema de alarme com monitoramento 24 horas, que ao receber um sinal de ativação, o aparelho automaticamente gera uma nuvem de vapor com aspecto de fumaça que preenche completamente o recinto protegido em menos de 30 segundos, reduzindo a visibilidade a menos de 30 cm, em todas as direções e também aciona outros dispositivos, como sistemas de alarme com monitoramento 24 horas, solicitando um atendimento emergencial.

## **2. Fundamentos do Reconhecimento Facial por meio de RNAs**

As redes neurais artificiais têm contribuído muito no desenvolvimento de sistemas de reconhecimento de imagens. Existem diversos fatores que influenciam no reconhecimento facial humano tais como variação da iluminação, pose, expressão facial, óculos, mudanças nos cabelos, barba ou bigode [Faria, 2013].

O reconhecimento facial vem recebendo uma atenção significativa, principalmente durante os últimos anos, pode-se citar ao menos dois motivos para isto, onde o primeiro é o grande número e variedades de aplicações possíveis, sejam elas comerciais, militares ou de segurança pública e o segundo é a disponibilidade de tecnologias viáveis após décadas de pesquisa [Braga, 2000].

O reconhecimento facial é considerada uma área de pesquisa promissora. Existem diversas aplicações onde a identificação humana é necessária e o reconhecimento facial possui algumas vantagens sobre as demais tecnologias biométricas, pois é natural, não-intrusiva e de fácil utilização. A detecção de face consiste na utilização de métodos computacionais que verificam a existência de uma face, em uma determinada imagem digital, de vídeo ou fotografia [Haykin, 2001].

Um sistema de reconhecimento facial geralmente consiste de quatro módulos: detecção facial, normalização, extração de características e comparação. A detecção facial identifica a área referente a uma face em uma imagem e a isola do restante da imagem [Manssour, 2014].

A arquitetura de uma rede neural fica a critério do projetista, a qual deve ser testada para satisfazer seus objetivos. As RNA's de uma única camada são limitadas para resolver a grande parte dos problemas envolvendo reconhecimento facial [Gonzalez, 2000].

Para a obtenção de uma resposta mais satisfatória utilizaremos o Perceptron de Múltiplas Camadas (MLP – Multilayer Perceptron), de acordo com a Figura 1, que é uma rede com uma camada sensorial ou camada de entrada, que possui tantos nós de entrada quantos forem os sinais de entrada, uma ou mais camadas ocultas de neurônios e uma camada de saída com um número de neurônios igual ao número de sinais de saída, onde o sinal de entrada se propaga para frente através das camadas até a camada de saída, ou seja, é uma rede alimentada para frente [Carlos Junior, 2014].

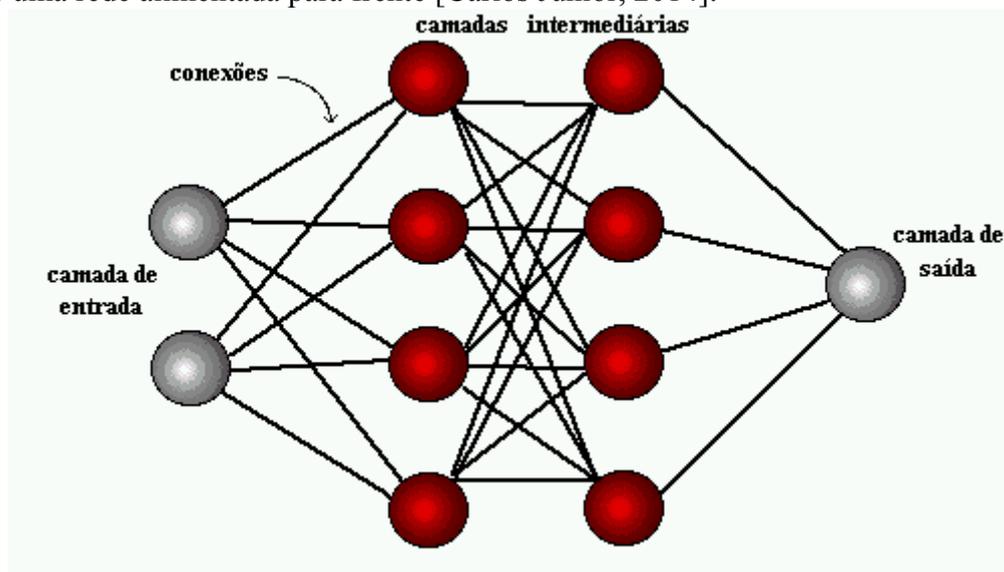


Figura 1: Estrutura da Rede Neural – MLP [Carlos Junior, 2014].

O uso de uma rede MLP com o algoritmo de retro propagação com muitos neurônios escondidos faz com que a solução seja atingida rapidamente durante o treinamento, mas o poder de generalização é sacrificado, ou seja, o desempenho em casos não vistos tende a piorar. Durante o treinamento, o sistema posiciona as funções discriminantes que classificam corretamente a maioria dos exemplos, para então lentamente classificar áreas com poucos exemplos. Por outro lado, o erro estabilizará em um alto valor se os graus de liberdade não forem suficientes [Deitel, 2011].

Um MLP com duas ou mais camadas escondidas é um aproximador universal, ou seja, realiza qualquer mapeamento entrada-saída. Isto acontece porque cada neurônio na primeira camada cria uma saliência e a segunda camada combina estas saliências em regiões disjuntas do espaço. Entretanto, um problema ainda sem solução é a determinação do número ótimo de camadas escondidas e do número de neurônios em cada camada para um dado problema [Carlos Junior, 2014].

Um classificador ótimo deve criar funções de discriminação arbitrárias que separem os agrupamentos de dados de acordo com a probabilidade a posteriori. A rede MLP pode fazer isto desde que: a) hajam neurônios suficientes para fazer o mapeamento; b) hajam dados em quantidade e qualidade; c) a aprendizagem convirja para o mínimo global; e d) as saídas estejam entre 0 e 1 com a soma das mesmas com valor unitário (neurônio softmax) [Azevedo, 2000].

Há procedimentos sistemáticos na busca pelo conjunto de pesos que produz um resultado desejado. Entretanto, esta busca deve ser controlada heurísticamente. O usuário atua na busca através da definição de quatro elementos: a) da seleção dos pesos iniciais;

b) das taxas de aprendizagem; c) do algoritmo de busca; e d) do critério de parada. Conjuntos finais de pesos diferentes surgem com mesma topologia e mesmo treinamento. Isto se deve a vários fatores, entre eles o fato de existirem muitas simetrias no mapeamento entrada-saída, a não existência de garantias que o problema tenha somente uma solução, e às condições iniciais aleatórias do conjunto de pesos. Deve-se sempre lembrar que a aprendizagem é um processo estocástico, e, portanto, deve-se treinar cada rede várias vezes com condições iniciais diferentes e usar a melhor [Haykin, 2001].

Em redes não-lineares, como praticamente sempre é o caso de uma rede MLP, a seleção do tamanho do passo é muito importante. Em princípio deseja-se que o passo seja o maior possível no início do treinamento para acelerar a convergência, mas ao longo do processo este valor deve diminuir para se obter uma maior precisão do resultado [Braga, 2000].

### 3. Metodologia

Em relação aos aspectos metodológicos e tecnológicos, foi utilizada a rede neural MLP para a implementação do sistema, onde ela é submetida ao treinamento com o algoritmo de Perceptron. A rede consiste de um conjunto de unidades sensoriais (nós de fonte) que constituem a camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas de nós computacionais e uma camada por camada. Estas redes neurais são normalmente chamadas de *perceptrons de múltiplas camadas* (MLP, multilayer perceptron) [Deitel, 2011].

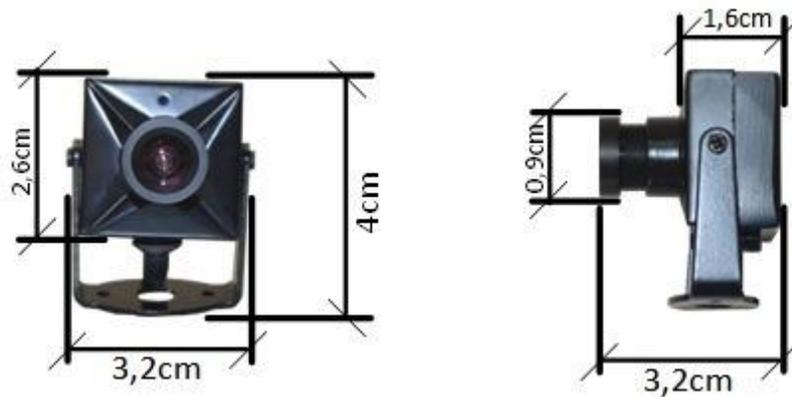
Desse modo, a rede neural artificial é treinada, onde recebe imagens do banco de dados para executar esse treinamento. As redes neurais tem como principal característica a capacidade de aprendizado através de exemplos, pois é esta característica que difere a abordagem conexionista da inteligência artificial simbólica. A aprendizagem é um processo pelo qual os parâmetros livres de uma rede neural são adequados através de um processo de estimulação pelo ambiente no qual a rede está inserida [Ludwig & Costa, 2007].

Além disso, foi utilizada linguagem de programação Java, framework Encog, que é uma estrutura avançada de aprendizado de máquina que suporta uma variedade de algoritmos avançados, bem como aulas de apoio para normalizar e processar dados. O Encog Framework está em desenvolvimento ativo desde 2008 e está disponível para Java, .Net e C / C ++.

Neste trabalho, o banco de imagens escolhido para testes foi o ORL que foi produzido pela Olivetti Research Laboratory em Cambridge, UK. Este banco é gratuito/público e possui um total de 400 imagens sendo 40 indivíduos e 10 imagens diferentes para cada indivíduo. As imagens possuem variações na expressão facial (olhos abertos/fechados, sorrindo/sem sorrir), iluminação e detalhes faciais (com ou sem óculos). As imagens foram obtidas sob um fundo escuro e homogêneo, e estão em escala de cinza com uma resolução de 92x112 pixels [AT&T, 1992].

Este banco de dados foi escolhido por ser público, conter uma quantidade considerável de imagens, possuir as variações necessárias para o experimento (iluminação, pose, expressão facial), outro motivo é o fato deste banco de dados ser bastante utilizado em trabalhos na área possibilitando uma comparação de resultados com trabalhos correlatos.

A câmera utilizada para desenvolvimento do protótipo foi uma micro câmera colorida com áudio, conforme exibido na Figura 2.

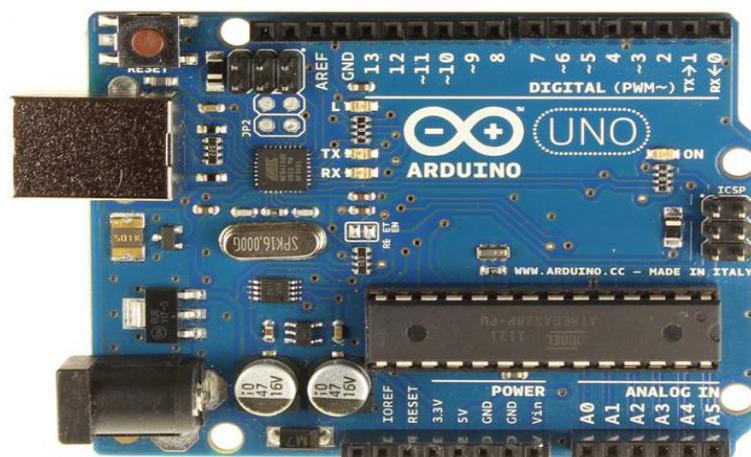


**Figura 2: Micro câmera 420 linhas com áudio.**

Suas especificações técnicas são as seguintes:

- Sensor de imagem – CMOS 1/4”;
- Sistema de vídeo – NTSC/PAL;
- Lente de 3,6 mm;
- Pixels efetivos – 628 (H) X 582 (V);
- Resolução horizontal de 420 linhas;
- Iluminação mínima de 0,2 lux;
- Alimentação de + 9Vdc ~ + 13,5Vdc;
- Consumo de 0,2W;
- Conector de vídeo RCA.

O microcontrolador aplicado é um ATmega328, que pode ser visualizado na Figura 3, o qual possui 14 pinos de entradas/saídas digitais (dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM), 6 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de hardware), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação e um botão de reset.



**Figura 3: Arduino Uno.**

### 3. Resultados e Discussões

O protótipo do sistema contra roubos em caixas eletrônicos por meio de reconhecimento facial utilizando redes neurais artificiais consiste em treinar a rede a partir de fotografias da face de indivíduos. Após treinada, a rede é submetida ao teste de reconhecimento onde recebe uma outra imagem de um dos indivíduos com o qual a rede foi treinada anteriormente.

Neste trabalho, o banco de imagens foi implementado através da aquisição de fotos de cada cliente de uma agência bancária, onde essas fotos são analisadas pelo sistema no momento em que o cliente adentra na agência para efetuar alguma operação, após o horário de expediente.

A construção do protótipo foi dividida em módulos, que integrados formam o dispositivo contra roubo em caixas eletrônicos. Cada módulo representa um conjunto de funcionalidades que são essenciais ao projeto, para cumprir com os objetivos iniciais. O fluxograma abaixo mostra todos os módulos de maneira integrada. A Figura 4 mostra o fluxograma geral da implementação do sistema.

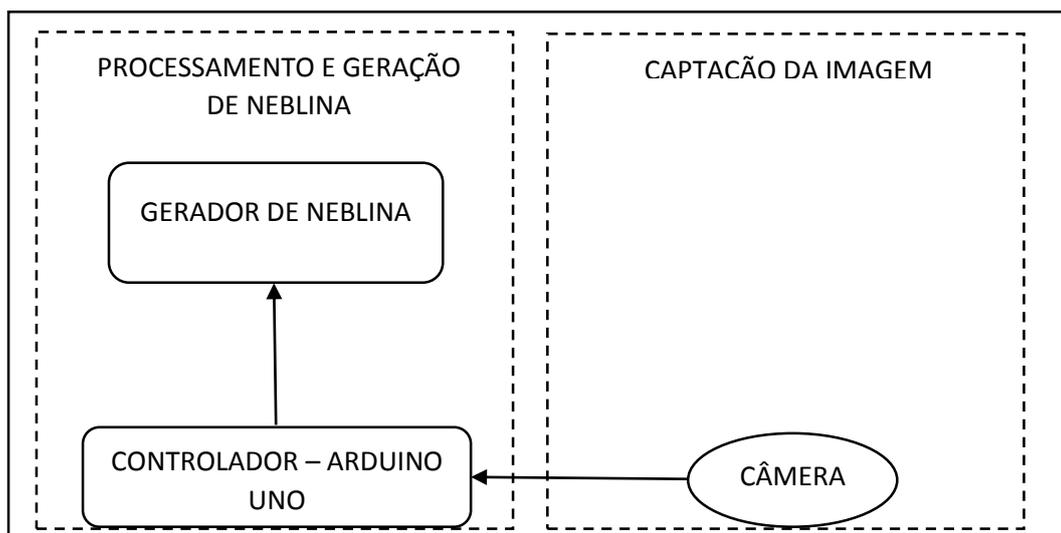


Figura 4: Fluxograma geral do protótipo.

Enquanto isso, a estrutura física do sistema foi desenvolvida utilizando o software AutoCad, onde no interior da estrutura está o controlador arduino UNO. Utilizou-se como material para a construção da estrutura placas de acrílico visando uma fácil montagem e também para ter uma visibilidade do microcontrolador para futuras manutenções. Desenvolveu-se a modelagem 3D de uma estrutura compatível com os requisitos do projeto.

O gerador de neblina, como pode ser visto na Figura 5, é uma evolução no suprimento de segurança das agências, que ao receber um sinal de ativação de um sensor próprio ou externo, o aparelho, automaticamente, gera uma nuvem de vapor com aspecto de fumaça, de acordo com a Figura 6, que preenche completamente o recinto protegido em menos de 30 segundos e reduz a visibilidade a menos de 30 cm, em todas as direções. Assim, não há como fazer qualquer deslocamento dentro do ambiente protegido, inibindo totalmente a ação de possíveis delitos.



**Figura 5: Gerador de neblina.**



**Figura 6: Momento em que o gerador de neblina é acionado.**

A construção do protótipo foi concluída, resultando em uma estrutura escalar pequena, porém com placa de controle flexível, que suporta o acionamento do gerador de neblina.

#### **4. Conclusão**

Em virtude do que foi mencionado neste trabalho, o desenvolvimento do protótipo foi concluído conforme os objetivos iniciais, de maneira que é uma ferramenta muito útil no combate à criminalidade, principalmente roubos em caixas eletrônicos, o que propicia maior segurança aos estabelecimentos que possuem este novo dispositivo implementado.

As experiências acumuladas culminaram na geração de sólidos conhecimentos relacionados a redes neurais artificiais, microcontroladores, desenvolvimento de projetos e linguagem de programação. Com isso, foi validado os conhecimentos adquiridos, aplicando-os no problema de reconhecimento facial e implementando um sistema capaz de reconhecer a face humana.

Conclui-se, por conseguinte, com base nos resultados obtidos na programação deste projeto que as metas foram alcançadas e superadas, abrindo caminho para novos cenários. Além disso, foi possível demonstrar a eficiência de uma rede do tipo MLP aplicada na resolução do problema do reconhecimento facial.

Como trabalhos futuros, pretende-se aperfeiçoar e melhorar o funcionamento sistema, principalmente no que se refere ao reconhecimento facial de imagens, a fim de que o mesmo seja utilizado com bom desempenho e eficácia em estabelecimentos

comerciais interessados nesta tecnologia, além de inserir o maior número de imagens de clientes possível no banco de dados do protótipo.

## 5. Referências

Abate, A. et al. 2D and 3D face recognition: A survey. *Pattern Recognition Letters*, Elsevier Science Inc., New York, NY, USA, v. 28, n. 14, p. 1885–1906, out. 2007. ISSN 01678655. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.patrec.2006.12.018>>.

AT&T. The Database of Faces, Cambridge University Computer Laboratory. Disponível em: <<http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>>. Acesso em 10 Maio 2011. 1992. Disponível em: <<http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>>.

Azevedo, F. M.; BRASIL, L. M.; OLIVEIRA, R. C. L. *Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas*. [S.l.]: VISUAL BOOKS, 2000. ISBN 8575020056.

Barret, W. A. A survey of face recognition algorithms and testing results. *ACM Transactions on Computer Systems*, 1998.

Braga, A.; Carvalho, A. C.; Ludermir, T. B. *Redes Neurais Artificiais: Teoria e aplicações*. [S.l.]: LTC Editora, 2000.

Carlos Junior, Luis Fernando Martins. *Reconhecimento facial utilizando redes neurais*. Centro Universitário Eurípedes de Marília. Disponível em: <[aberto.univem.edu.br/handle/11077/360](http://aberto.univem.edu.br/handle/11077/360)>. Acesso em: jan. 2014.

Deitel, P.; Deitel, H. *Como programar C*. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 818 p.

Faria, Alessandro O. *Biometria: reconhecimento facial livre*. Disponível em <<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/1813/biometria-reconhecimento-facial-livre.aspx>>. Acesso em: 18 dezembro 2013.

Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E. *Processamento de imagens digitais*. São Paulo: Editora Blucher. 2000. 509 p.

Haykin, S. *Redes neurais: princípios e prática*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900 p.

Ludwig Jr., O.; Costa, E. M. *Redes neurais: fundamentos e aplicações com programas em C*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. 2007. 125 p.

Manssour, Isabel H.; Pinho, Marcio S. *Manipulação de Imagens: programação de software básico*. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/PRGSWB/Exercicios/AulaImagens/>>. Acesso em: 02 janeiro 2014.