



## Plataforma Didática para Reconhecimento de Letras Digitalizadas Baseada na Rede de Hopfield

Patricia Santana de Sousa\*, Romis Attux, Rafael Ferrari

### Resumo

Neste projeto, concebeu-se uma plataforma para digitalização de caracteres destinada a avaliar a capacidade de correção de erros de uma rede neural de Hopfield. A plataforma foi composta de um escâner baseado no microcontrolador Arduíno e no módulo de reconhecimento, no qual a rede foi implementada com as regras de Hebb e da projeção (a segunda obteve melhores resultados). Considera-se que a plataforma desenvolvida pode ser útil para apresentar de maneira didática e atraente o paradigma conexionista adotado.

### Palavras-chave:

Redes Neurais, Ensino de Engenharia, Reconhecimento de Padrões

### Introdução

A rede de Hopfield é uma rede neural artificial que associa memórias a pontos de equilíbrios estáveis de um sistema dinâmico não-linear. Sua função principal é restaurar um padrão binário armazenado em resposta a uma apresentação de uma versão incompleta ou ruidosa desse padrão<sup>1</sup>.

Para estar apta a reconhecer padrões, uma rede neural precisa passar por um processo de treinamento, no qual uma matriz composta por valores de pesos sinápticos é definida. Neste trabalho, foram abordadas duas metodologias de treinamento, uma utilizando a regra de Hebb e outra usando a regra da projeção<sup>1</sup>.

Tendo em vista a aplicação da rede e também seu estudo em um contexto educacional, foi projetado e construído um escâner de baixo custo capaz de digitalizar letras. Cabe frisar que a construção do escâner foi uma etapa que muito agregou à formação da aluna. Criou-se então um conjunto de 12 letras que deveriam formar os padrões armazenados na memória da rede, e se trabalhou no sentido de que as entradas apresentadas à rede possuísem ruídos e distorções aleatórias associadas à leitura analógica dos dados. O objetivo final era encontrar a maior taxa possível de reconhecimento de padrões.

### Resultados e Discussão

O hardware foi construído para que se obtivesse um exemplo de aplicação da rede de Hopfield como corretora de erros de digitalização de caracteres. Para adquirir os padrões distorcidos, foi projetado e construído um escâner capaz de digitalizar uma imagem de 4x4 cm com 100 pixels. Para fazer a varredura da imagem, dois motores de passo reaproveitados de drives de DVD foram usados, um percorrendo a imagem horizontalmente e o outro verticalmente. Um LED emissor de luz infravermelha e um diodo fotorreceptor foram usados para identificar a escala de cinza de cada pixel. O sinal captado foi enviado para uma entrada conversora analógica-digital do microcontrolador Arduíno, onde era processado. A figura 1 ilustra a montagem.

A rede foi treinada com as regras de Hebb e da projeção, tendo sido a última mais eficiente. Com essa

regra, dentre as doze letras escaneadas, apenas uma não foi reconhecida. A figura 2 ilustra a letra 'A' após ter sido escaneada, a mesma letra com pixels binários para ser apresentada a rede, e o retorno da rede.

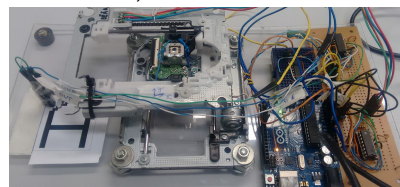


Figura 1. Montagem do escâner.

Antes da montagem do hardware, um algoritmo em software foi feito para tentar simular as distorções aleatórias que o escâner criaria nos padrões das letras. Após comparar os resultados das distorções do hardware com as do algoritmo, concluiu-se que os resultados ficaram muito parecidos, comprovando a eficiência do algoritmo e a aplicabilidade da plataforma no ensino de redes neurais. A taxa de convergência em ambos os casos foi a mesma.

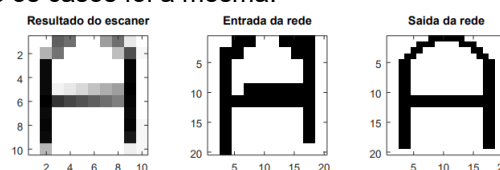


Figura 2. Resultado da digitalização da letra A (tons de cinza), com pixels binários e retorno da rede.

### Conclusão

Para entradas com distorções espúrias associadas à leitura analógica, e com baixa resolução, a rede de Hopfield apresentou alta taxa de convergência, isto é, um bom índice de reconhecimento dos padrões apresentados. O algoritmo de treinamento da rede que se mostrou mais eficiente dentre os testados foi o da regra da projeção.

Além disso, a plataforma como um todo se mostrou adequada a uma apresentação realista (e até mesmo lúdica) do funcionamento da rede, possuindo potencial para utilização no ensino de redes neurais.

<sup>1</sup> Von Zuben, F. J., Attux, R., Notas de Aula do Curso de Redes Neurais (IA353), FEEC/UNICAMP, 2007.