

# **Implementação do Modelo Neural Artificial de Hopfield para Reconhecimento de Padrões Binários**

**Edroaldo Lummertz da Rocha<sup>1</sup>, Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Ciência da Computação - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

<sup>2</sup> Professora do curso de Ciência da Computação - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) .

edroaldo@gmail.com, pri@unesc.net

***Resumo:** Este artigo demonstra uma implementação do modelo neural artificial de Hopfield aplicado ao reconhecimento de padrões binários. O objetivo é, além de apresentar uma implementação sucinta desse modelo neural, simplificar o entendimento do desenvolvimento de aplicações que utilizam redes neurais através da criação de um protótipo de software que além de possuir uma interface de fácil interação, demonstra o processo de aprendizado e generalização de uma rede neural.*

## **1. Introdução**

O paradigma conexionista caracteriza-se pelo processamento de informações, em um nível em que os padrões analisados representam um conjunto de dados, mas onde não podemos associar um significado imediato a cada um dos dados ou elementos do padrão processado [Wangenheim 2004].

As redes neurais artificiais (RNAs) são exemplos de métodos subsimbólicos, já que constroem representações internas de modelos ou padrões encontrados nos dados analisados. Os padrões de entrada possuem um significado explícito, mas a forma interna de representação do conhecimento não possui significado algum [Wangenheim 2004].

Tanto o modelo neural de Hopfield quanto o reconhecimento de padrões binários foram escolhidos devido sua facilidade de implementação.

## **2. Redes Neurais Artificiais**

As redes neurais artificiais são sistemas de processamento paralelo e distribuído, formados por unidades de processamento denominadas neurônios, dispostas em uma ou mais camadas interligadas geralmente por conexões unidirecionais. Na maioria dos modelos, a essas conexões são associadas pesos, os quais armazenam o conhecimento representado no modelo e são utilizados para calcular o valor da entrada de um determinado neurônio [Braga 2000].

O aprendizado é obtido através de um processo iterativo de atualização dos pesos sinápticos e pode ser classificado em supervisionado e não supervisionado [Haikin 2001]. É do aprendizado que advém a capacidade de generalização de uma rede neural. A generalização está associada à habilidade de uma rede neural produzir uma saída coerente para padrões de entrada não

pertencentes ao conjunto de exemplos utilizados durante a fase de treinamento [Braga 2000].

### 3. Reconhecimento de padrões

O reconhecimento de padrões, um dos usos mais comuns das redes neurais artificiais, consiste na capacidade de reconhecer um padrão, esteja ele distorcido ou não [Heaton 2006].

Dentre algumas aplicações estão o reconhecimento de faces, o reconhecimento de caracteres manuscritos e sistemas de apoio à decisão médica através da análise de imagens.

### 4. A rede neural de Hopfield

A rede neural de Hopfield é uma rede auto-associativa formada por uma única camada completamente conectada, ou seja, cada neurônio que constitui a camada está conectado a todos os outros neurônios. A cada conexão é associado um peso, denominado peso sináptico e, é nestes pesos que reside o conhecimento da rede. Os pesos das conexões são armazenados em uma matriz, denominada matriz de pesos e, é por meio dela que a rede é capaz de reconhecer padrões [Heaton 2006].

#### 4.1 Reconhecendo Padrões

Considere, por exemplo, o reconhecimento do padrão de entrada 0101. A matriz de pesos devidamente configurada para reconhecer este padrão é mostrada abaixo.

**Tabela 1. Matriz de pesos para reconhecer o padrão 0101**

	Neurônio 1	Neurônio 2	Neurônio 3	Neurônio 4
Neurônio 1	0	-1	1	-1
Neurônio 2	-1	0	-1	1
Neurônio 3	1	-1	0	-1
Neurônio 4	-1	1	-1	0

Inicialmente é aplicado, a cada neurônio, o padrão de entrada 0101. Cada neurônio será ativado com base no padrão de entrada. Por exemplo, quando ao Neurônio 1 é aplicado o padrão, sua ativação será a soma de todos os pesos que possuem 1 no padrão de entrada [Heaton 2006]. Para o Neurônio 1 constam, na matriz de pesos, os seguintes pesos: 0, -1, 1, -1. Agora, estes pesos são comparados com o padrão de entrada 0101:

**Tabela 2. Comparando os pesos com o padrão de entrada**

0	-1	1	-1
0	1	0	1

Portanto, o padrão de ativação para o Neurônio 1 é dado por  $-1 + -1 = -2$ , e o processo se repete para cada neurônio pertencente a rede. O vetor de saída resultante é igual a  $-2, 1, -2, 1$  e, para determinar a saída do neurônio, ou seja, se ele deve ou não passar seu estímulo adiante, cada um dos componentes do vetor é submetido a um método de threshold que determina se ele é maior ou menor que zero. Se for maior, a saída é igual 1, caso contrário, igual a 0. Atribuindo o binário 1 para todos os neurônios que dispararam e zero para os que não, obtemos exatamente o padrão de entrada.

## 4.2 Criando a matriz de pesos

A matriz de pesos começa inicialmente zerada. Primeiramente, a rede neural é treinada para reconhecer um padrão qualquer, por exemplo, 0101. Primeiramente, é calculada a matriz para este padrão, denominada matriz de contribuição, que é posteriormente adicionada a matriz de pesos [Heaton 2006].

A matriz de contribuição é calculada em três passos. O primeiro deles, consiste em converter o padrão de entrada para seu correspondente bipolar, ou seja, trocar 0s por -1s, obtendo o padrão no formato  $-1,1,-1,1$ , o segundo consiste em multiplicar o padrão resultante da conversão bipolar por sua inversa e o terceiro, zerar a diagonal principal, já que os neurônios não são conectados a eles próprios [Heaton 2006].

Esta matriz de contribuição é então adicionada a matriz de pesos e, para reconhecer um padrão, repete-se o processo.

## 5. Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento dessa pesquisa baseou-se nas seguintes etapas:

### 5.1 O Protótipo

Com o intuito de demonstrar a capacidade de aprendizado e generalização das redes neurais artificiais, um protótipo de software, que implementa o modelo neural de Hopfield aplicado ao reconhecimento de conjuntos de quatro dígitos binários, tal como 1001, foi construído.

A rede de Hopfield foi escolhida devido sua simplicidade de implementação e propriedades auto-associativas sendo desenvolvida utilizando a linguagem de programação Java. O software consiste em uma interface gráfica que, tem por componentes principais, uma matriz  $4 \times 4$ , um campo para entrada de padrões e um campo que informa a saída da rede.

A matriz representa os pesos das conexões entre os neurônios e, a cada padrão de treinamento apresentado, é atualizada de forma a refletir o aprendizado da rede.

O protótipo foi desenvolvido usando três classes: uma representando a interface gráfica e contendo métodos para treinar e executar a rede neural, outra representando as conexões entre os neurônios, determinando a única camada que compõe este modelo neural e a última classe trata de operações a nível de neurônio.

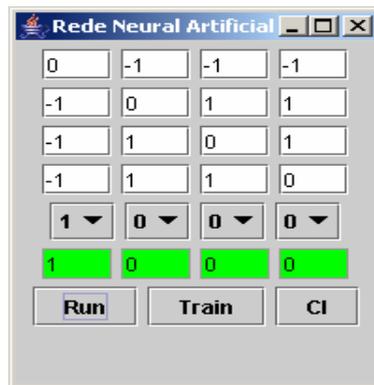


Figura 1. Protótipo do software.

Como pode ser observado na figura 1, devido às propriedades auto-associativas da rede neural de Hopfield, o resultado do reconhecimento de determinado padrão corresponde ao próprio padrão de entrada.

## 6. Conclusão

A implementação do protótipo se mostrou bastante simples. O protótipo resultante é de fácil utilização e a rede é capaz de extrair o conhecimento necessário dos padrões de entrada, de forma que ao serem posteriormente submetidos à rede, a mesma possa reconhecê-los gerando saídas coerentes com padrões semelhantes já aprendidos.

Por exemplo, fornecendo no campo de entrada o padrão 0101, treinando a rede e iniciando o processo de reconhecimento, a saída da rede será igual ao padrão de entrada, indicando que o padrão foi reconhecido com sucesso. Fornecendo um padrão, por exemplo, 0100, para o qual a rede não foi devidamente treinada, o protótipo informará que o último dígito não foi reconhecido, mas reconhecerá os demais, devido sua capacidade de generalização.

## Referências

Braga, Antônio de Pádua; Carvalho, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de; Ludermir, Teresa Bernarda (2000). **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 262 p.

Wangenheim, Aldo Von (2004). **Técnicas Subsimbólicas: Redes Neurais. Reconhecimento de Padrões**, <http://www.inf.ufsc.br/~awangenh/RP/subsimbolicas1.pdf>, Junho 2006.

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

Heaton, Jeff. **Introduction to Neural Networks with Java**, <http://www.jeffheaton.com/ai/>, Agosto de 2006