

## REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

Renan Pires de Araújo<sup>1</sup>; Adrião Duarte Dória Neto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo – [eng.renanpires@gmail.com](mailto:eng.renanpires@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Computação e Automação - [adriao@dca.ufrn.br](mailto:adriao@dca.ufrn.br)

### RESUMO

Com o advento dos carros flex, os motoristas puderam escolher com qual combustível abastecer seus carros, etanol ou gasolina. Esta novidade trouxe benefícios para o consumidor principalmente no tocante ao lado financeiro, pois, mesmo sendo consumido mais rápido, dependendo do preço nas bombas, é mais vantajoso escolher o etanol que a gasolina. Assim, este trabalho tem como objetivo principal treinar uma rede neural para realizar a previsão dos preços de venda do etanol e da gasolina a fim de verificar em que meses um ou outro combustível é mais econômico. Para isto foi treinada uma rede de Elman com dados retirados da ANP, cujos resultados indicaram que de abril a outubro de 2015 foi mais rentável escolher o álcool e de novembro de 2015 a março de 2016, a gasolina.

**Palavras-chave:** previsão, rede neural, combustível.

### 1. INTRODUÇÃO

Com a crise do petróleo na década de 1970, os países procuraram introduzir em suas matrizes energéticas outras fontes de combustíveis para seus veículos ou então aperfeiçoar e ampliar o uso destes combustíveis, caso suas tecnologias já existissem. No caso do Brasil, uma das opções foi o desenvolvimento do programa Pró-Álcool, que visava a inserção do etanol na matriz energética veicular. Porém, segundo Ferreira [2009], no final dos anos 1980, percebeu-se que a oferta de etanol para abastecimento no Brasil estava sendo reduzida, forçando os donos de carros a álcool converterem seus carros a fim de serem movidos a gasolina, iniciando, de certa forma,

o conceito de carros flex – denominação dada aos carros que podem ser abastecidos tanto com gasolina quanto com etanol, culminando com o primeiro protótipo em 1994 e acesso aos consumidores em 2003.

De acordo com Brum *et al.* [2015], a gasolina é mais econômica para o abastecimento em veículos frente ao etanol devido ao seu maior rendimento energético, mesmo apresentando preço de venda maior, porém, no quesito ambiental, o abastecimento com etanol é mais recomendado, pois sua queima libera vapor d'água, enquanto que a queima da gasolina libera compostos poluentes, como o metano e o gás carbônico. Como o fator de escolha do combustível, na maioria das vezes, é o preço relativo entre a gasolina e o etanol, o uso de ferramentas

matemáticas e computacionais auxiliaria na decisão.

Uma rede neural artificial é um modelo computacional que visa simular o cérebro humano. Para tal, o conhecimento é adquirido por meio do treinamento da rede e armazenado nas sinapses na forma de vetores pesos [PASCHOALINO *et al.*, 2007]. A Figura 1 ilustra a comparação entre o neurônio biológico, presente no cérebro humano, e o neurônio artificial, presente na rede neural.

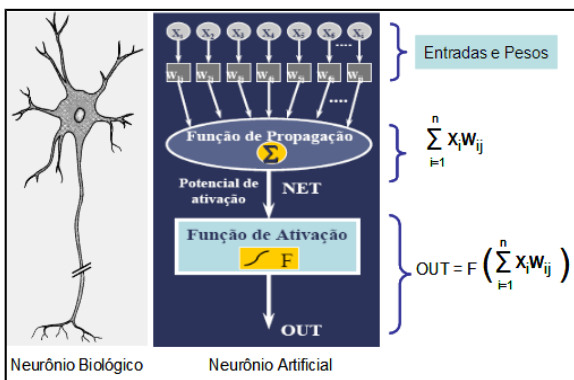


Figura 1: Similaridade entre os neurônios biológico e artificial.

[Fonte: PASCHOALINO *et al.*, 2007].

As informações de diversos neurônios da vizinhança são recebidas na camada de entrada (dendritos), ponderadas com relação ao seu peso sináptico (potencial elétrico), somados e, ao atingir certo valor limite, o sinal é propagado através da sinapse para outro neurônio, após a aplicação da função de ativação.

Duas propriedades atrativas da aplicação das redes neurais na resolução de problemas são a capacidade de generalização (pode generalizar o resultado do treinamento para outros dados de entrada similares) e a habilidade de aproximação universal de funções (a partir de um conjunto de treinamento, descobrir a função que rege os dados de entrada por meio da saída) [MENEZES JÚNIOR & BARRETO, 2011]. Estas duas habilidades são importantes na previsão de séries temporais, visto que, quando aplicado em situações reais, como cotação do dólar ou demanda energética, a função que rege o sistema não é conhecida e o próximo valor é dependente do anterior.

As redes de Elman são redes neurais recorrentes, que são sistemas dinâmicos com propriedades sensíveis a sequências temporais. Este tipo de rede apresenta na camada de entrada neurônios adicionais, chamados de unidades de contexto, que interagem exclusivamente com outros neurônios das camadas ocultas da rede [ANDRADE & SILVA, 2011]. A Figura 2 ilustra uma rede neural de Elman.

Para entender a estrutura de uma rede de Elman, considere uma sequência de entradas a serem processadas e um relógio que regula a apresentação das entradas para a rede neural. Além disso, os valores iniciais das unidades de contextos são escolhidos. A partir disso, o

processamento da rede consistiria na seguinte sequência de eventos.

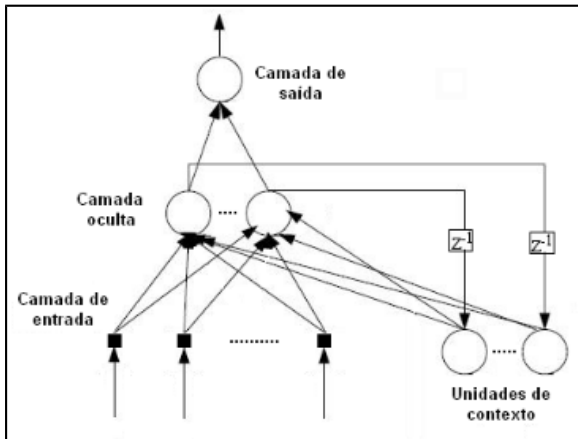


Figura 2: Modelo de rede neural de Elman.

[Fonte: ANDRADE & SILVA, 2011].

Segundo Andrade & Silva [2011], no tempo  $t$ , a camada de entrada recebe a primeira entrada da sequência, que dependendo do problema pode ser um valor escalar ou um vetor. Tanto a camada de entrada como as unidades de contexto ativam a camada oculta que, por sua vez, ativa a camada de saída, como também ativam de volta as unidades de contexto. Dependendo da tarefa, pode ou não ocorrer uma fase de aprendizado nesse ciclo de tempo. Caso ocorra o treinamento, as saídas obtidas são comparadas com as saídas desejadas e o erro propagado de volta é usado para o ajuste dos pesos sinápticos, ao passo que os pesos das conexões recorrentes apresenta valor fixo igual a 1.

No passo seguinte de tempo  $(t + 1)$ , a sequência é repetida, com o fato de que as unidades de contexto contêm, agora, valores que são exatamente os valores da camada oculta no tempo anterior  $t$ .

O objetivo deste trabalho é utilizar uma rede neural de Elman para a previsão de preços de etanol e gasolina e, através de um tomador de decisão, indicar qual o combustível mais barato para o abastecimento de um carro flex.

## 2. METODOLOGIA

As amostras de preços dos combustíveis foram obtidas dos boletins mensais da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, disponíveis no site da instituição, do período de abril de 2010 a março de 2016, totalizando 72 amostras, das quais as 60 primeiras, correspondentes ao período abril de 2010 a março de 2015, foram utilizadas para o treinamento da rede de Elman, enquanto que as 12 restantes, referentes ao período de abril de 2015 a março de 2016, foram usadas para a verificação da capacidade preditiva da rede. Esta divisão de amostras foi adotada para os dois combustíveis analisados (gasolina e etanol hidratado).

Com relação às redes, fez-se uso do *Neural Network Toolbox*, do software

MATLAB 2010. Inicialmente objetivou-se identificar as quantidades de neurônios das camadas ocultas. Para isso, foi adotado o processo de tentativa e erro, tendo como critério de escolha aquela quantidade que promovesse a melhor resposta em comparação com a curva resultante das amostras empregadas para verificação. Foi utilizada apenas uma camada oculta.

Com o intuito de verificar qual combustível, entre gasolina e etanol, um motorista deveria escolher para abastecer seu veículo de passeio a fim de economizar, foi realizado o seguinte cálculo, já amplamente divulgada e de conhecimento público: multiplicou-se o valor da gasolina por 0,7 e, caso o valor obtido fosse superior ao preço do etanol, escolhe-se o etanol; por outro lado, se fosse inferior, deve-se escolher a gasolina [BRUM *et al.*, 2015].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os preços da gasolina foram realizadas 6 tentativas, para 5, 8, 10, 11, 12 e 15 neurônios, cujas respostas estão ilustradas na Figura 3. Inicialmente foram testadas redes com 5, 10 e 15 neurônios na camada oculta, sendo observado que o melhor resultado de predição no momento foi obtido com 10 neurônios. Em seguida, foram testados valores intermediários (8 e 12 neurônios), que

resultou no melhor ajuste, ainda mais que o obtido com 10 neurônios, quando adotados 12 neurônios. A opção de usar 11 neurônios foi para verificar se a resposta alcançada seria ainda melhor que a com 10 e 12 neurônios, fato que não correspondeu com a expectativa.

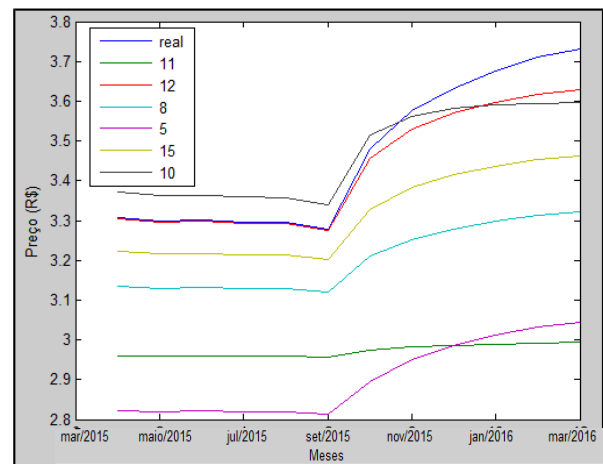


Figura 3: Comparação das curvas obtidas para a gasolina.

[Fonte: AUTOR].

Por meio da Figura 3 foi possível verificar que a predição dos preços da gasolina foi melhor realizada quando empregou-se 12 neurônios na camada oculta da rede de Elman, visto que a rede conseguiu prever o valor das 6 amostras iniciais de verificação e apresentou um erro relativo máximo de 2,7 % nas 6 amostras restantes.

Para os preços do etanol hidratado foram realizadas 6 tentativas, para 10, 11, 12, 13, 14 e 15 neurônios. A Figura 4 ilustra as curvas dos melhores resultados obtidos para a predição dos preços do etanol, sendo que o



resultado mais próximo foi alcançado com a utilização de 15 neurônios, com erro relativo máximo de 1,40 %.

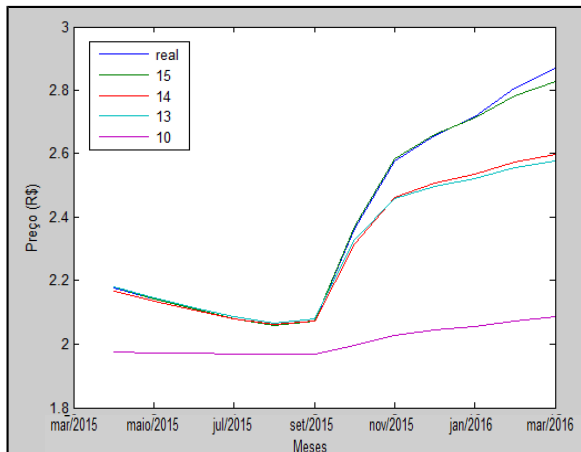


Figura 4: Comparação das curvas obtidas para o etanol.

[Fonte: AUTOR].

A Figura 5 ilustra o gráfico dos preços empregados como os padrões usados para a simulação das redes da gasolina, após a multiplicação, e do etanol.

Como pode-se ver, durante os meses de abril de 2015 até outubro do mesmo ano, foi mais rentável para os motoristas o abastecimento com etanol e nos meses seguintes, relativos aos meses de novembro de 2015 a março de 2016, o abastecimento com gasolina foi o mais rentável.

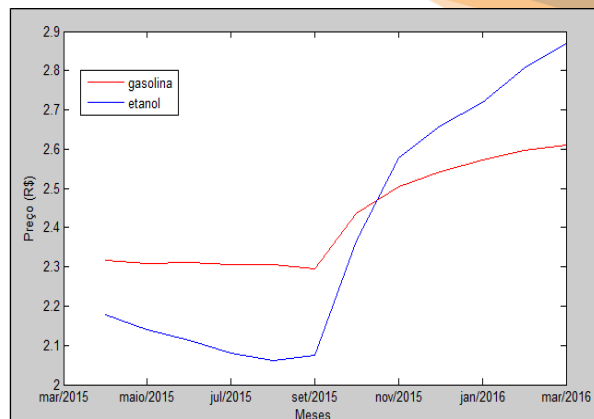


Figura 5: Comparação dos preços reais da gasolina, multiplicado por 0,7, e do etanol.

[Fonte: AUTOR].

A fim de identificar em quais momentos seria conveniente abastecer um carro com gasolina ou com etanol, foi produzido um sistema tomador de decisão com base na regra citada acima. Na Figura 6 está ilustrada a decisão resultante do tomador de decisão sobre que combustível ser comprado, sendo o valor de 0,8 relativo à compra do etanol e 0,2 relativo à compra da gasolina.

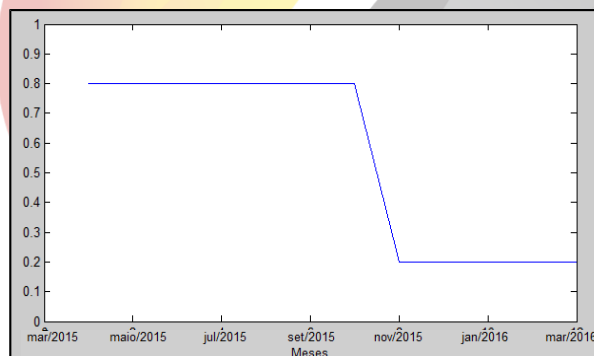


Figura 6: Resultado do tomador de decisão relativo à escolha do combustível.

[Fonte: AUTOR].

De acordo com a Figura 6, assim como identificado anteriormente, nos sete primeiros meses dos meses simulados o abastecimento com etanol foi mais viável economicamente, ao passo que nos cinco meses finais, a gasolina foi o combustível de melhor opção.

#### 4. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, foi possível observar que as redes neurais de Elman treinadas obtiveram êxito na previsão dos preços dos combustíveis avaliados, com alto nível de acerto, e que, por meio de um sistema tomador de decisão, foi possível a identificação de qual combustível foi mais rentável para abastecer o automóvel nos meses avaliados.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À CAPES, à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e ao professor doutor Adrião Duarte Dória Neto, pela possibilidade de realização deste trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. C. M.; SILVA, I. N. *Redes neurais recorrentes de Elman para previsão de demanda de energia elétrica no curtíssimo prazo*. Anais do Simpósio

Brasileiro de Automação Inteligente, X, São João Del-Rey – MG, 2011.

BRUM, S. F.; SOUZA, C. C.; FAVERO, S.; REIS NETO, J. F.; BONO, J. A. M. *Fatores que influenciam o proprietário de veículo flex fuel da região da Grande Dourados no consumo do combustível etanol*. Revista ADMpg Gestão Estratégica, Congresso Internacional de Administração, 2015.

FERREIRA, F. *Toda inovação contida no “Flex”*. Conhecimento & Inovação, Campinas – SP, v. 5, n. 3, jul./set., ISSN 1984-4395, 2009.

MENEZES JÚNIOR, J. M. P.; BARRETO, G. A. *Extensões da rede recorrente de Elman para predição não-linear de séries temporais caóticas: um estudo comparativo*. Anais da Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações, X, 2011.

PASCHOALINO, F. F.; LOUREIRO, T. Y. C.; MELO, J. C. C. B. S.; BIONDI NETO, L. *Previsão de demanda de energia elétrica no Brasil utilizando redes neurais de Elman*. Anais do Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro – RJ, 2007.