

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia Eletrônica**

ISSN 1413-2206

**BT/PEE/9931**

---

**Investigação da Aplicação de  
Redes Neurais Artificiais à  
Solução de Problemas Inversos  
em Eletromagnetismo**

---

**Thiago Antonio Grandi de Tolosa**  
**Jorge Mieczyslaw Janiszewski**

**São Paulo – 1999**

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Thiago Antonio Grandi de Tolosa sob orientação do Prof. Dr. Jorge Mieczyslaw Janiszewski: "Investigação da Aplicação de Redes Neurais Artificiais à Solução de Problemas Inversos em Eletromagnetismo", defendida em 11/03/99, na Escola Politécnica.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica/USP.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Tolosa, Thiago Antonio Grandi de

Investigação da aplicação de redes neurais artificiais à solução de problemas inversos em eletromagnetismo / T.A.G. de Tolosa, J.M. Janiszewski. -- São Paulo : EPUSP, 1999.

14 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Eletrônica, BT/PEE/9931)

1. Eletromagnetismo - Problema inverso 2. Redes neurais (Inteligência artificial) 3. Simulação por cargas (Computadores) I. Janiszewski, Jorge Mieczyslaw II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Eletrônica III. Título IV. Série

ISSN 1413-2206

CDD 537

006.3

003.3

# **Investigação da aplicação de redes neurais artificiais à solução de problemas inversos em Eletromagnetismo**

**Thiago Antonio Grandi de Tolosa**

**Jorge Mieczyslaw Janiszewski**

**Escola Politécnica – PEE – LCS**

**Universidade de São Paulo**

## **Resumo**

Neste trabalho é realizada uma investigação da aplicação de estruturas de redes neurais artificiais à solução de problemas inversos em eletromagnetismo.

A rede multicamadas com treinamento pelo algoritmo de "backpropagation" é utilizada como ferramenta, formando uma metodologia para aplicação.

Pretende-se investigar a simulação, por cargas pontuais, de um determinado condutor que gera superfícies equipotenciais em um semi-plano. Para isto, foi desenvolvido um procedimento iterativo que utiliza redes neurais artificiais multicamadas com várias entradas e uma saída.

O estudo realizado trata de geometrias simples, visando verificar apenas a viabilidade da aplicação do método. Para aplicação em casos mais gerais é possível uma automatização do processo. Dessa maneira, várias extensões do procedimento podem ser criadas e aplicadas, por exemplo, à análise de falhas em materiais, em testes não destrutivos.

## **Abstract**

In this work it is proposed an investigation about the application of artificial neural network structures to the solution of inverse problems in electromagnetics.

A multilayer network with back propagation training algorithm is utilized as a tool in an applicative methodology.

This work aims to investigate the simulation by point charges of an electrical conductor which generates equipotential surfaces in a half plane. For this it was developed an iterative procedure that uses multilayer neural networks with many inputs and one output.

The study deals with simple geometries, in order to check the validity of the methodology. For more general practical situations an automatic procedure can be developed. In such a way, several extended procedures can be applied for detection of defects in materials in non destructive testing.

## 1. Introdução

Neste trabalho é investigada a aplicação de redes neurais artificiais à solução de problemas inversos em eletromagnetismo. Isto significa determinar estruturas de fontes através de medidas de campos eletromagnéticos por elas produzidos.

As redes neurais apresentam muitos fatores favoráveis de aplicação: depois de treinadas fornecem soluções muito rápidas para o problema enfocado, sendo de grande importância em operações que exigem respostas imediatas; têm a capacidade de generalização (criam suas próprias regras, de acordo com o conhecimento adquirido no treinamento), gerando respostas razoáveis para situações em que haja informações incompletas e que apresentem ruído; apresentam tolerância a erros (resistentes ao não funcionamento de algumas partes da rede); oferecem uma previsão do erro a ser esperado, através de testes realizados após a fase de treinamento; etc. Alguns fatores desfavoráveis podem ser caracterizados, tais como: a solução depende da precisão e do número de elementos utilizados para o treinamento da rede; a topologia e alguns parâmetros da rede são determinados aleatoriamente a priori; implementações são realizadas em computadores convencionais, aumentando muito o tempo de treinamento da rede.

Existe uma grande quantidade de arquiteturas estudadas e suficientemente caracterizadas que permitem o seu uso na solução de problemas específicos. Cada uma dessas arquiteturas apresenta uma variação de capacidades e características, domínio de aplicações, técnicas de uso, regime de treinamento, etc. As capacidades oferecidas hoje, por essas arquiteturas, são ainda limitadas e apenas certos problemas em certas áreas podem ser convenientemente resolvidos.

A investigação da aplicação das redes neurais artificiais a problemas práticos é, portanto, importante, pois permitirá avaliar seu desempenho como ferramenta na solução de problemas complexos [1, 2, 3, 4, 5, 6].

O presente trabalho considera a regra de treinamento supervisionado pelo algoritmo de "backpropagation", que utiliza a regra delta generalizada, em redes neurais artificiais multicamadas, sem realimentação. A rede utilizada é resultado de uma análise prévia, considerando a influência de vários parâmetros sobre seu desempenho. É também proposto um processo iterativo que, associado às redes neurais artificiais, permitirá a solução de problemas de interesse.

## 2. Redes neurais

O modelo de um neurônio artificial (figura 1), apresenta um conjunto de  $n$  entradas  $x_j$ , em que  $j$  indica o índice do elemento de entrada na rede [7, 8, 9]. Cada entrada  $x_j$  é multiplicada pelo peso de conexão  $w_j$  antes de atingir a parte principal do elemento de processamento. São, também, adotados: um valor de deslocamento (polarização)  $w_0$ ; um valor de limiar  $\theta$  que deve ser atingido pelo neurônio para produzir um sinal de ativação  $R$ ; uma função  $f$  que atua nessa ativação, resultando uma saída  $O$  que pode ser entrada para outros

neurônios de uma rede. Na figura 1 está, também, representado o supervisor que caracteriza o treinamento supervisionado, utilizado no trabalho.

Quando um neurônio faz parte de uma rede, ele é chamado de nó. Para distingui-lo de outros nós de uma rede com  $m$  nós, um índice  $i$  se faz necessário e a notação para os componentes acima citados será modificada para  $x_{ij}$ ,  $w_{ij}$ ,  $R_i$ ,  $O_i$ ,  $\theta_i$  e  $f_i$ .

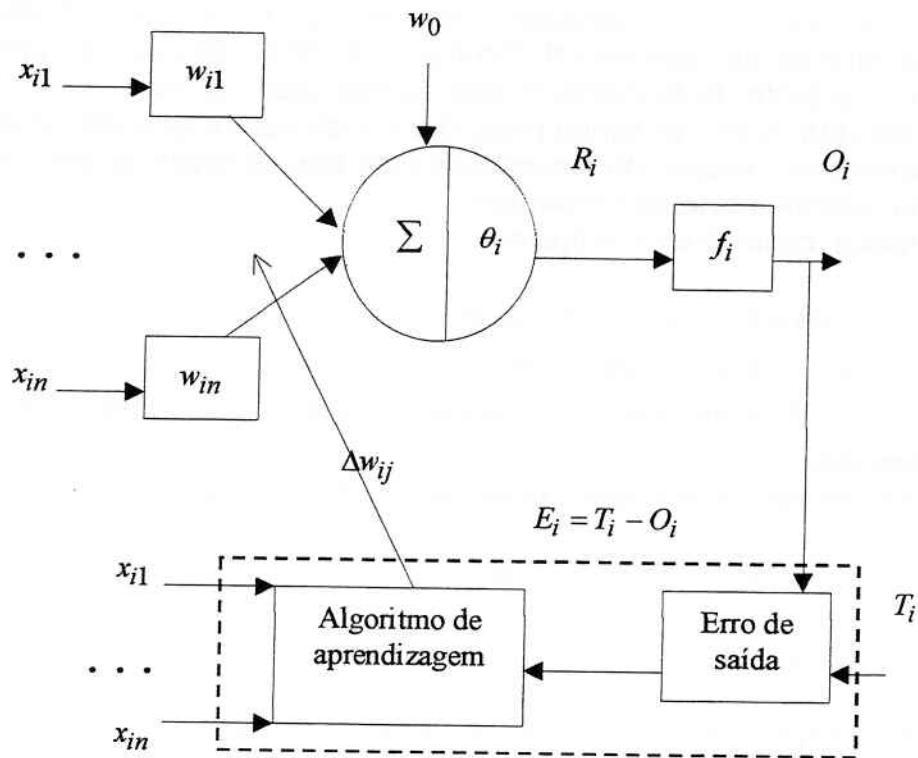


Figura 1 - Modelo de um neurônio artificial com o supervisor destacado pelo retângulo tracejado.

A função  $f_i$  é aplicada a  $R_i$  gerando a saída  $O_i$ :

$$O_i = f_i \left( \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot x_{ij} + w_0 \right) = f_i(s_{ij})$$

e a condição de ativação do neurônio é dada por:

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot x_{ij} + w_0 \geq \theta_i$$

em que o índice  $i$  representa o neurônio em questão e  $j$  representa entradas provenientes de outros neurônios.

A função  $f_i$  é não linear e limitada, sendo a saída do neurônio condicionada ao resultado do grande ou pequeno estímulo de ativação. Dentre as possíveis escolhas, as funções mais utilizadas são do tipo sigmoidal por

serem contínuas, limitadas e de simples diferenciação. Podem ser citadas ainda a rampa com saturação, a função sinal, a tangente hiperbólica, etc.

Os Perceptrons multicamadas aqui utilizados constituem uma classe de redes neurais que superou a limitação das redes de uma única camada sendo capazes de representar relações não lineares entre a entrada e a saída [10].

O algoritmo de “backpropagation” (retropropagação) ou regra delta generalizada é o método de treinamento supervisionado empregado em tal modelo. Um sinal de erro calculado é realimentado modificando os parâmetros da rede, através da rede neural. Ocorre a alteração dos pesos conforme os dados do conjunto de treinamento são apresentados à rede neural, fazendo, assim, com que o erro vá sendo reduzido. A rede neural aprende (alterando os pesos e limiares), através da propagação para trás de sinais de erro calculados na saída durante a fase de treinamento.

Assim, considerando a figura 1,

$T_i$  é o padrão desejado de saída,

$E_i = T_i - O_i$  é o erro de saída

e  $\Delta w_{ij}$  é a variação dos pesos no passo do processo iterativo de aprendizagem.

A regra de aprendizagem pode ser expressa como:

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \Delta w_{ij}$$

em que  $k$  indica o passo do processo.

A correção nos pesos das conexões é proporcional ao gradiente do erro, segundo um fator de proporcionalidade (taxa de aprendizagem) e é realizado da camada de saída para a camada de entrada. O processo é repetido até que a convergência conduza a um valor satisfatório.

A regra delta generalizada tem como objetivo reduzir o erro médio quadrático da rede e a partir disso, determinar os pesos e limiares da rede.

O processo de propagação do erro de uma camada para a precedente é sucessivamente repetido até que seja calculado para todos os neurônios da rede. O próximo passo é usar esses valores para obter os gradientes correspondentes. A adaptação dos pesos, feita pelo método numérico do passo em sentido oposto ao do gradiente é iterativa e adapta os pesos de acordo com a expressão para a camada  $c$ :

$$\Delta w_{ij}^{(c)}(k) = 2\mu(1-\eta) \cdot \delta_{ij}^{(c)}(k) \cdot x_{ij}^{(c)}(k) + \eta \Delta w_{ij}^{(c)}(k-1),$$

onde  $\delta_{ij}^{(c)} = E_{ij}^{(c)} \cdot f'(s_{ij}^{(c)})$ , com  $f'(s_{ij}^{(c)})$  representando a derivada da função  $f_i$

e

$$w_{ij}^{(c)}(k+1) = w_{ij}^{(c)}(k) + \Delta w_{ij}^{(c)}(k)$$

em que  $0 \leq \eta \leq 1$  é o *momento* e o escalar  $\mu$  é a taxa de aprendizagem da rede, que controla o grau segundo o qual o gradiente afeta os pesos.

O valor da taxa de aprendizagem influencia a velocidade de



convergência do processo, assim como a sua estabilidade. Se for relativamente grande, tende a acelerar o processo de convergência, pois força a passos maiores a cada iteração, mas por outro lado, pode produzir oscilações em torno do ponto de ótimo, não permitindo a convergência. Em alguns casos, estabelece-se que o valor sofre uma diminuição tendendo a zero no decorrer do treinamento [11]. Se o padrão inicial estiver muito longe do que ele deveria ser, as mudanças poderão ser feitas em passos largos e quando o padrão se aproxima do objetivo, as mudanças deverão se fazer de maneira mais lenta, com passos menores.

A escolha dos dados de treinamento é importante na determinação da taxa de aprendizagem apropriada. Se todas as amostras de treinamento do padrão desejado são muito próximas umas das outras, então uma grande taxa de treinamento deveria ser usada de forma que o treinamento fosse feito rapidamente. Se as amostras estão espalhadas, então a taxa de treinamento deverá ser baixa para prevenir ruídos no modelo. Usualmente a rede deve ser treinada mais de uma vez em um dado conjunto de treinamento, antes que o aprendizado seja completado.

### 3. Aplicação a problemas inversos

Para a análise proposta é considerado, inicialmente, o problema da identificação de uma carga, através do conhecimento dos potenciais em três pontos dados. Considere-se, então, a figura 2, em que  $x$  indica a posição da carga em relação a uma referência fixa  $O$ , sendo  $Q$  o valor da carga que será determinado a partir dos potenciais  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  em três posições  $r_1$ ,  $r_2$  e  $r_3$ , dadas em relação a  $O$ .

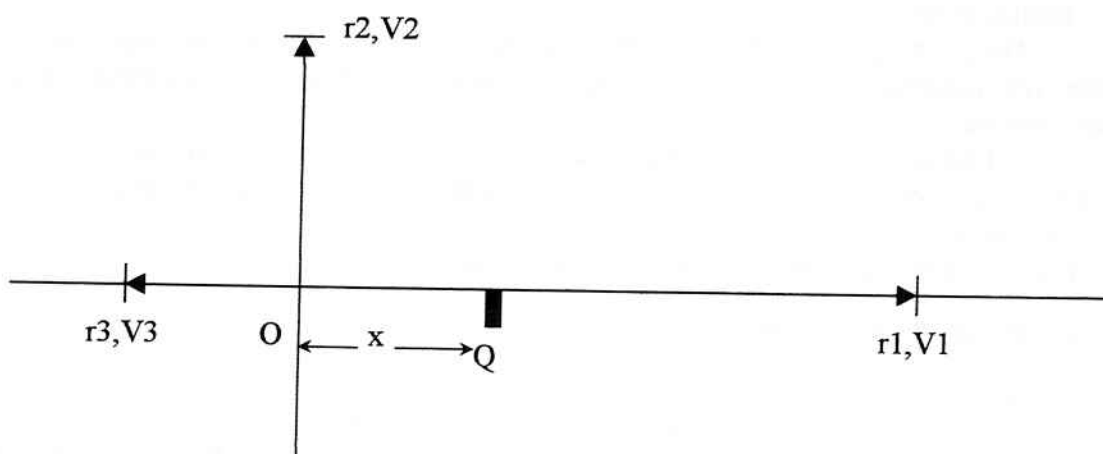


Figura 2 - Caracterização do problema inverso.

A rede neural utilizada possui seis entradas (3 pares  $r, V$ ) e uma saída (carga  $Q$ ).

Primeiramente, a rede é treinada considerando-se valores de potenciais, distâncias e cargas limitados e normalizados para trabalhar na faixa de 0 a 1.

Posteriormente, os dados requeridos são reconhecidos pela rede

definida pelos pesos e limiares determinados durante a etapa de treinamento. Foram analisadas 48 configurações de redes neurais dadas por:

- a-) Camadas intermediárias = 1, 2 e 3.
- b-) Número de neurônios em cada camada = 10 e 15.
- c-) Funções de ativação  $f_1(s) = \frac{1}{1 + e^{(-s)}}$  e  $f_2(s) = \tanh(s)$ .
- d-) Taxa de aprendizagem = 0.5 e 2.0.
- e-) Momento = 0.1 e 0.2.

A tabela de treinamento foi criada a partir da aplicação da lei de Coulomb. Para cada configuração de rede foram ensinados 225 casos, correspondendo a:

- $x = 0,3 \text{ m}$ ;
- $Q$  variando de  $0,1 \mu\text{C}$  a  $0,9 \mu\text{C}$  em passos de  $0,1 \mu\text{C}$ ;
- $r1, r2$  e  $r3$  variando de  $0,1 \text{ m}$  a  $0,9 \text{ m}$  com passo variável.

O treinamento adotado faz uma correção dos pesos da rede após a apresentação de cada um dos 225 padrões de entrada. O procedimento é, então, repetido, até a convergência, definida pelo erro médio quadrático aceito.

Após essa verificação inicial, numa segunda fase da análise foram estudadas as dez melhores configurações dentre as 48 analisadas, considerando:

- ♦ Erro médio em módulo nos testes;
- ♦ Variação qualitativa (dispersão) dos erros em relação à média absoluta calculada nos testes;
- ♦ Tempo de processamento no treinamento;
- ♦ Características da curva ErroXCiclo (convergência, erro aceito) durante o treinamento.

Nessa segunda fase, foi considerada uma nova tabela de treinamento, com 166 padrões, em que os dados a serem utilizados para reconhecimento não estavam incluídos.

Adotando-se o critério estabelecido anteriormente, escolheu-se, então, para solução do problema estudado nesse trabalho, a rede dada pela seguinte configuração:

- Uma camada intermediária com dez neurônios;

- Função de ativação  $f(s) = \frac{1}{1 + e^{(-s)}}$ ;

- Taxa de aprendizagem = 0.5 e momento = 0.1.

De posse da configuração de rede escolhida para a solução do problema, fez-se sua aplicação, investigando o processo de simulação de condutores por meio de cargas convenientemente localizadas.

Como o problema envolve a determinação de várias cargas, um processo iterativo foi desenvolvido de forma que pudesse ser utilizado na solução do problema.

O procedimento proposto tem a estrutura indicada na figura 3, considerando a determinação de duas cargas. Ele pode ser estendido para maior número de cargas.



O processo inicia com os potenciais  $V_i$  dados em seis pontos  $P_i$  definidos em relação a uma origem  $O$  e termina quando um erro percentual máximo aceitável nos potenciais é atingido.

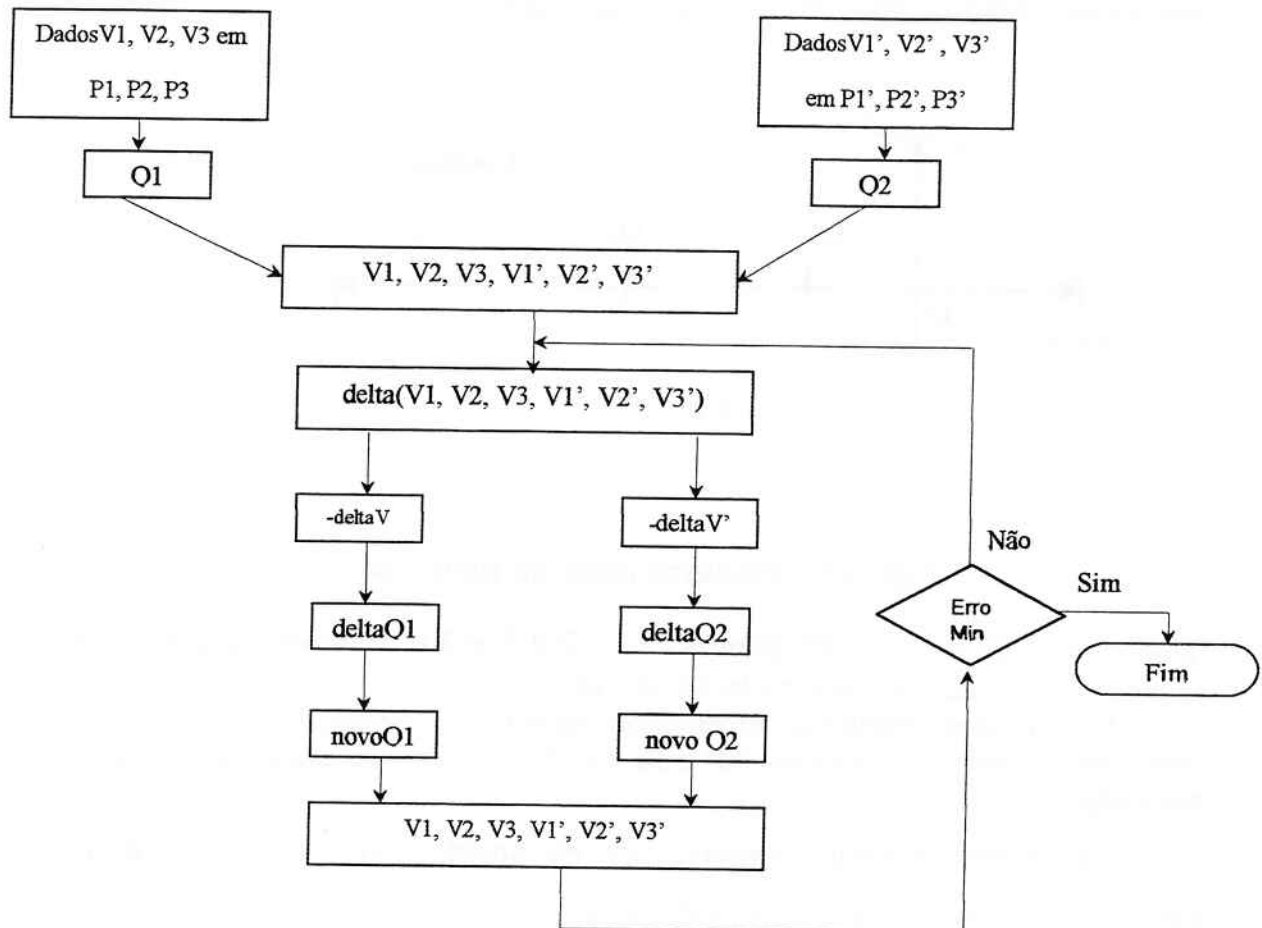


Figura 3 – Estrutura básica do procedimento utilizado.

Inicialmente, treina-se a rede neural através de uma tabela de dados utilizando a Lei de Coulomb e, a partir desse treinamento, aplica-se o procedimento.

As cargas  $Q1$  e  $Q2$  reconhecidas pela rede neural são utilizadas para o cálculo dos seis potenciais reconhecidos. A diferença entre os valores de potenciais reconhecidos ( $\delta V$ ) e dados é utilizada para um ajuste nas cargas.

Novos potenciais são calculados a partir das novas cargas determinadas e uma nova comparação entre os potenciais é realizada.

O processo se repete até se obter uma diferença aceitável.

#### 4. Simulação por cargas

O procedimento foi inicialmente aplicado ao problema da simulação de um condutor no semi plano definido pelo primeiro e segundo quadrantes, por duas cargas elétricas pontuais fixas  $Q1$  e  $Q2$  (figura 4).

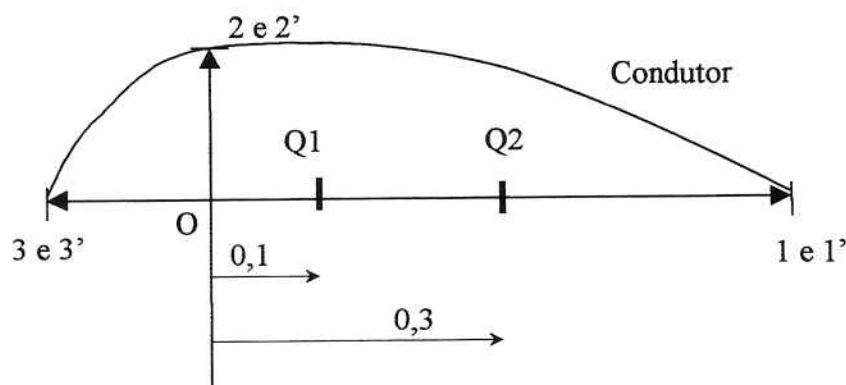


Figura 4 – Problema inicial de simulação.

$Q1 = 0,1 \mu C$  e  $Q2 = 0,2 \mu C$ . Os pontos 1 e 1'; 2 e 2' e 3 e 3', foram considerados na mesma posição para facilidade de cálculo.

Em um dos problemas analisados, foram considerados 19 casos para verificação, supondo potenciais nos seis pontos com valores calculados a partir das cargas

Os potenciais foram normalizados de acordo com  $\frac{V}{45000}$  Volts e as distâncias dos pontos em relação a O variaram de 0,1 a 0,9 m.

Após o 5º passo de iteração, os valores de cargas determinadas pela rede resultaram próximos de  $0,1 \mu C$  para  $Q1$  e  $0,2 \mu C$  para  $Q2$ . Mais precisamente, foram obtidos os resultados:

Média: média<sub>Q1</sub> =  $0,0936 \mu C$  e média<sub>Q2</sub> =  $0,2147 \mu C$

Desvio padrão:  $\sigma_{Q1} = 0,0271 \mu C$  e  $\sigma_{Q2} = 0,0467 \mu C$

Estando verificada a validade do procedimento iterativo através do reconhecimento de fontes no caso de potenciais "corretos", foram analisados novos problemas considerando desvios nas equipotenciais.

Considerando, então, desvios dados às equipotenciais, foram estudadas duas situações:

Primeira situação: pontos  $P1$ ,  $P2$  e  $P3$ , sendo  $r1$ ,  $r2$  e  $r3$  dados em relação à origem  $O$  e definidos em 4 casos analisados.

Os valores de  $r1$  e  $r2$  foram alterados para:

$$r1_{novo} = r1 + 0,1 \text{ e } r2_{novo} = r2 + 0,05,$$

sendo  $r3_{novo}$  mantido com o valor correspondente à equipotencial (figura 5).

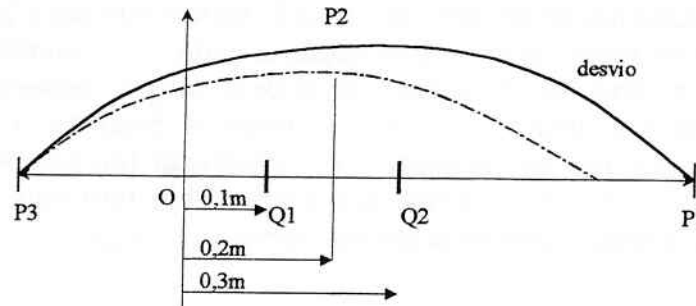


Figura 5 - Desvio na equipotencial na primeira situação. Equipotencial "correta" em tracejado (figura sem escala).

Para a carga Q1, resultou nos 4 casos, após 6 iterações:

médiaQ1 =  $0,1003 \mu\text{C}$  e  $\sigma_{Q1} = 0,0107 \mu\text{C}$

e para a carga Q2:

médiaQ2 =  $0,2225 \mu\text{C}$  e  $\sigma_{Q2} = 0,0098 \mu\text{C}$ ,

com erro percentual no potencial de P1 da ordem de 15%, de 5% em P2 e 10% em P3.

Na segunda situação analisada, vista na figura 6, o ponto P2, além de ser afastado da posição original, foi deslocado para cima.

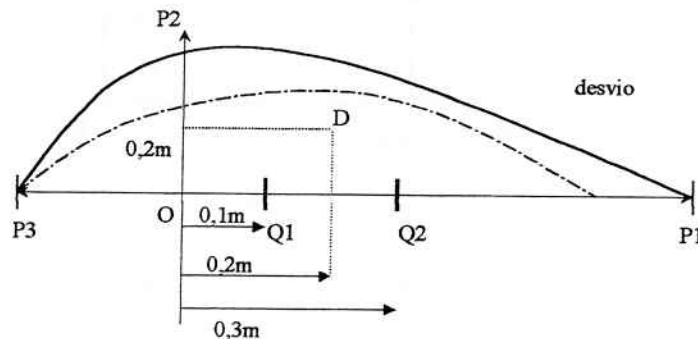


Figura 6 - Desvio na equipotencial na segunda situação. Equipotencial "correta" em tracejado (figura sem escala).

O processo forneceu, após 10 iterações, erros da ordem de 1% em P1, 15% em P2 e 18% em P3.

Observou-se discrepância maior em relação à situação anterior, no ajuste do potencial do ponto P2, como esperado.

A introdução de uma 3ª carga, localizada no ponto D no problema (visto na figura 6), permitiu melhor ajuste de V2 e V3, tendo entretanto, piorado o resultado em V1. Isto mostra que uma escolha judiciosa do posicionamento das cargas permite melhorar a simulação.

Procurando confirmar a viabilidade do procedimento, foi analisada a simulação de trecho elementar de condutor com a forma retangular e potencial normalizado 0,025, conforme a figura 7. Tal elemento poderia ser utilizado na composição de condutores com forma qualquer e, através de automatização do procedimento, poderia ser realizada uma simulação por cargas.

Foram analisados 3 casos, com ajustes por 2, 3 e 4 cargas.

Os resultados aparecem na figura 8, sendo que para 3 e 4 cargas houve necessidade de fazer nova normalização a cada certo número de passos. Por comparação do caso de 3 cargas com o de 4 cargas, observa-se que um fator importante na simulação é a relação entre a distância entre as cargas e distância das cargas em relação à equipotencial (pontos P2 e P3 com pior ajuste e pontos P1 e P4 melhor ajustados). Este fato está de acordo com o definido no processo tradicional de simulação por cargas.

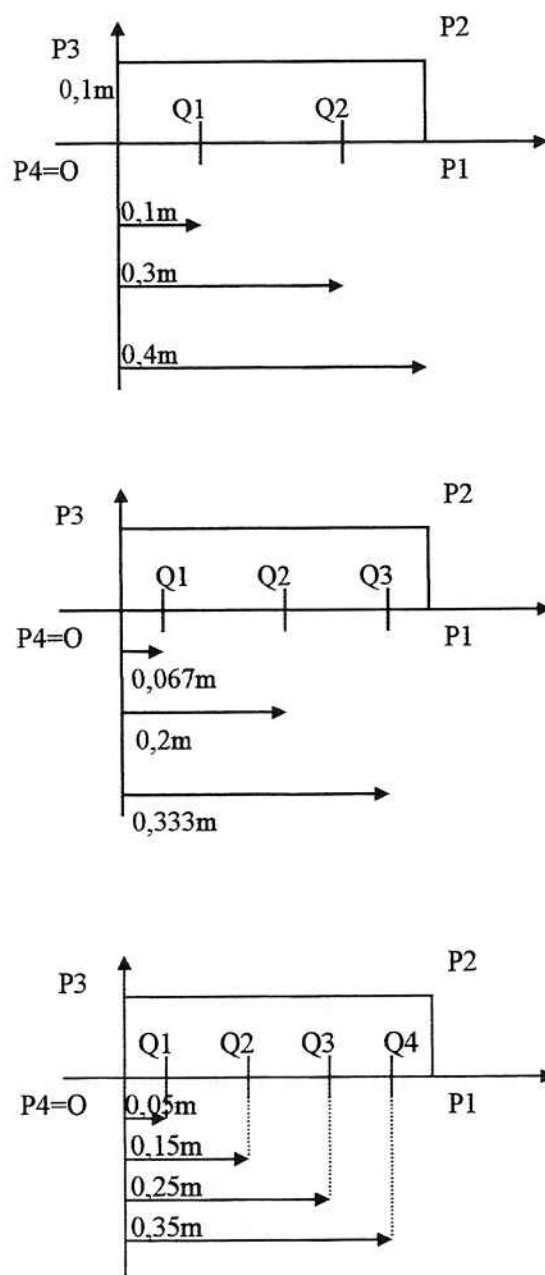


Figura 7 - Simulação de equipotencial nos pontos P1, P2, P3 e P4 (condutor) considerando 2, 3 e 4 cargas.

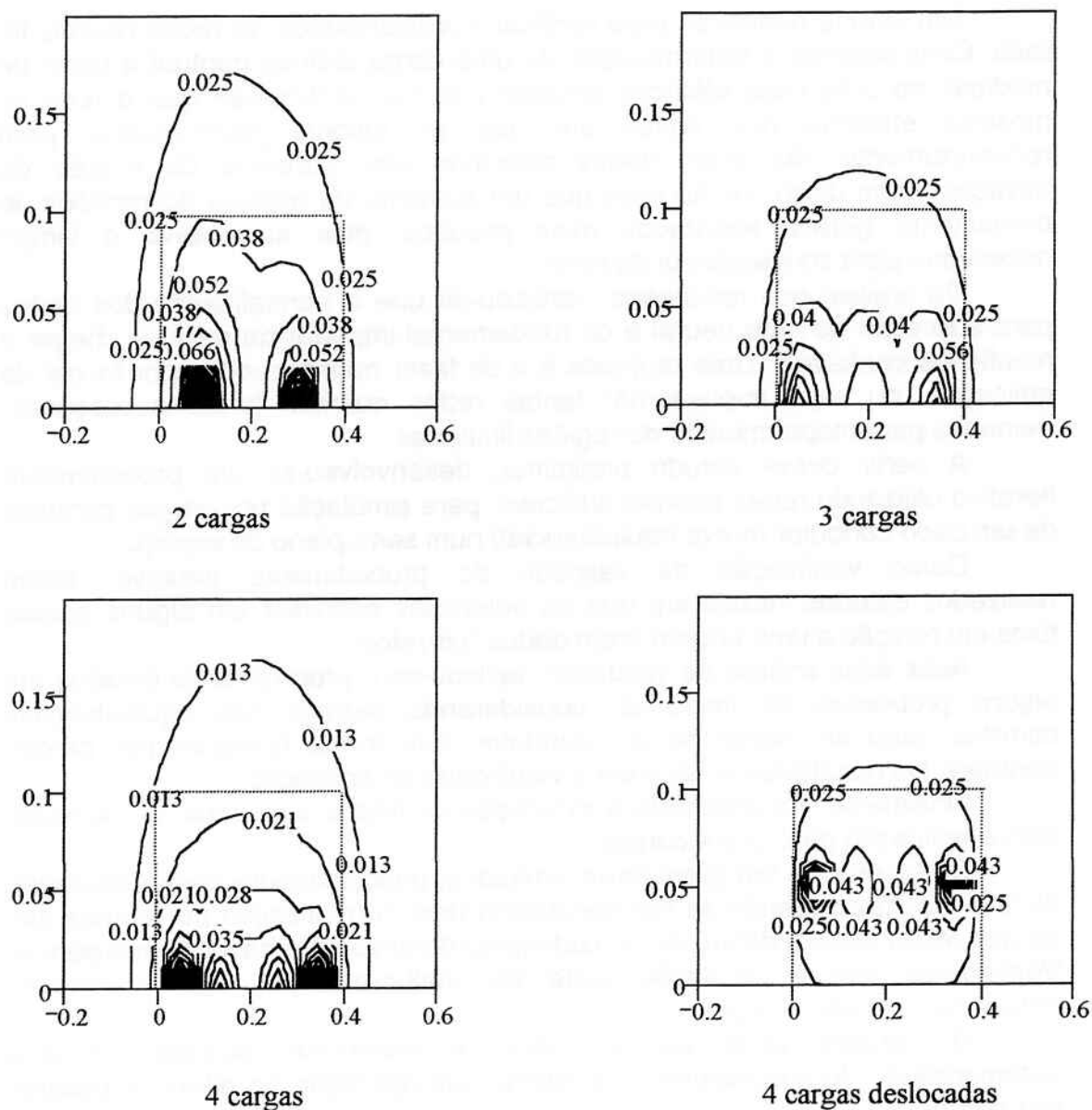


Figura 8 - Equipotenciais obtidas com as cargas identificadas pelo método. Em pontilhado o perfil do condutor.

As equipotenciais da figura 8, correspondentes ao caso "4 cargas deslocadas", foram obtidas simplesmente aproximando as cargas da parte superior do contorno. Isto para verificar que um bom posicionamento das mesmas produz melhores resultados, como é esperado quando da simulação por cargas.

## 5. Conclusão

Um estudo preliminar para verificar a aplicabilidade de redes neurais foi feito. Considerando a determinação de uma carga elétrica pontual a partir de medidas de potenciais elétricos gerados por ela, verificou-se que a rede se mostrou eficiente nos casos em que os valores normalizados para reconhecimento não eram dados próximos aos extremos da função de ativação. Além disso, verificou-se que um aumento do número de padrões de treinamento gerava resultados mais precisos, mas aumentava o tempo necessário para convergência da rede.

Da análise dos resultados, verificou-se que a normalização dos dados para aplicação da rede neural é de fundamental importância para se chegar a resultados confiáveis. Uma proposta é a de fazer normalizações por faixas de aplicação, ou seja, implementar tantas redes quantas forem necessárias, treinadas para mapeamentos de regiões limitadas.

A partir desse estudo preliminar, desenvolveu-se um procedimento iterativo utilizando redes neurais artificiais, para simulação por cargas pontuais de um dado condutor (curva equipotencial) num semi-plano do espaço.

Como verificação da validade do procedimento iterativo, foram realizados estudos iniciais em que os potenciais definidos em alguns pontos fixos em relação a uma origem eram dados "corretos".

Após essa análise de validação, aplicou-se o procedimento iterativo em alguns problemas de interesse, considerando desvios nas equipotenciais corretas, para simulação de um condutor com forma qualquer por cargas pontuais. Os resultados mostraram a viabilidade da aplicação.

Finalmente, foi analisada a simulação de trecho elementar de condutor com a aplicação de 2, 3 e 4 cargas.

Os resultados em geral foram limitados, principalmente com a utilização de 3 e 4 cargas, quando se fez necessária uma normalização por etapas das cargas reconhecidas dentro do procedimento iterativo para haver convergência. Verificou-se que a simulação pode ser melhorada por um conveniente posicionamento das cargas.

O trabalho pode ser estendido e melhorado através de uma automatização do procedimento, repetindo sua aplicação ao alterar a posição das cargas.

Uma proposta futura também seria a de treinar novas redes, à medida que o processo vai se desenvolvendo, com uma tabela de treinamento contendo valores próximos dos calculados naquele instante.

Poder-se-ia criar, então, uma metodologia para resolução de problemas inversos em eletromagnetismo, utilizando-se as redes neurais artificiais com aplicações mais gerais.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Elshafiey, I.; Udpa, L.; Udpa, S. ***Solution of Inverse Problems in Electromagnetics Using Hopfield Neural Networks***, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 31, no. 1, pp. 852-861, Jan. 1995.
- [2] Coccorese, E.; Martone, R.; Morabito, F. ***A Neural Network Approach for the Solution of Electric and Magnetic Inverse Problems***, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 30, no. 5, pp. 2829-2840, Sep. 1994.
- [3] Morabito, F.; Campolo, M. ***Location of Plural Defects in Conductive Plates Via Neural Networks***, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 31, no. 3, pp. 1765-1768, May 1995.
- [4] Hoole, H.; Ratnajeevan, S. ***Artificial Neural Networks in the solution of Inverse Electromagnetic Field Problems***, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 29, no. 2, pp. 1931-1934, March 1993.
- [5] Low, T. S.; Chao, B. ***The Use of Finite Elements and Neural Networks for the Solution of Inverse Electromagnetic Problems***, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 28, no. 5, pp. 2811-2812, Sep. 1992.
- [6] Lippmann, R. ***An Introduction to Computing with Neural Nets***, IEEE ASSP Magazine, pp. 4-22, Apr. 1987.

- [7] Kartalopoulos, S. V. ***Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic. Basic Concepts and Applications***, IEEE Press, NJ, 1996.
- [8] Rumelhart, D.; McClelland, J. ***Parallel Distributed Processing***, The MIT Press, vol. 1, 1986.
- [9] Muller, B.; Reinhardt, J. ***Neural Networks An Introduction***, Springer-Verlag, 1987.
- [10] Loesh, C.; Sari, S. T. ***Redes Neurais Artificiais. Fundamentos e Modelos***, Editora da FURB, 1996.
- [11] Blum, A. ***Neural Networks in C++***, John Wiley & Sons, 1992.
-

## BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEE/9301 - Oscilador a HEMT - 10 GHz - FÁTIMA S. CORRERA, EDMAR CAMARGO
- T/PEE/9302 - Representação Senoidal da Voz através dos Polos do Filtro Preditor - MARCELO B. JOAQUIM, NORMONDS ALENS
- BT/PEE/9303 - Blindagens por Grades Condutoras: Cálculo do Campo Próximo - LUIZ CEZAR TRINTINALIA, ANTONIO ROBERTO PANICALI
- BT/PEE/9304 - Sistema de Otimização e Controle de Produção em Minas de Pequeno e Médio Porte - TSEN CHUNG KANG, VITOR MARQUES PINTO LEITE
- BT/PEE/9401 - Determinação das Frases de Aplicação Forense para o projeto NESPER e Tese de Mestrado IME/94, com Base em Estudos Fonéticos - MARCONI DOS REIS BEZERRA, EUVALDO F. CABRAL JUNIOR
- BT/PEE/9402 - Implementação e Teste de uma Rede Neural Artificial do Tipo KSON (Kohonen Self-Organizing Network) com Entradas Bidimensionais - MARCELO YASSUNORI MATUDA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9403 - Transformada de Walsh e Haar Aplicadas no Processamento de Voz - ALEXANDRE AUGUSTO OTTATI NOGUEIRA, THIAGO ANTONIO GRANDI DE TOLOSA, EUVALDO F. CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9404 - Aplicação de Redes Neurais ao Problema de Reconhecimento de Padrões por um Sonar Ativo - ALEXANDRE RIBEIRO MORRONE, CRISTINA COELHO DE ABREU, EDUARDO KOITI KIUKAWA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9405 - Tudo que se Precisa Saber sobre a Prática da FFT - Transformada Rápida de Fourier (Inclui Software) - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9406 - A Survey on Speech Enhancement Techniques of Interest to Speaker Recognition - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9407 - Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, MÁRCIO A. MATHIAS, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9408 - Implementação e Teste de Filtros do Tipo Adaptativo e ©Notch<sup>a</sup> para a Remoção de Interferência de 60 Hz em Sinais de Eletrocardiograma - FLÁVIO ANTÔNIO MENEGOLA, JOSÉ AUGUSTO DE MATTOS, JOSÉ GOMES G. FILHO, SIDNEY SILVA VIANA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9409 - Compressão de Sinais de Voz utilizando Transformadas de Karhunen-Loève, Fourier e Hadamard - IVAN LUIS VIEIRA, LUIZ FERNANDO STEIN WETZEL, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9410 - ©Ray Tracing<sup>a</sup> Paralelo - EDUARDO TOLEDO SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9411 - Implementação de uma Ferramenta Posicionador para ©Gate-Arrays<sup>a</sup> Tipo Mar de Portas - JORGE W. PERLAZA PRADO, WILHELMUS A. M. VAN NOIJE
- BT/PEE/9412 - Tudo que se Precisa Saber Sobre a Teoria da FFT - Transformada Rápida de Fourier - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9413 - Análise do Ruído Sonoro em uma Sala de Aquisição de Amostras de Som com Microcomputador - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9414 - Cor: Aspectos Relevantes para Visualização de Dados - SÍLVIA DELGADO OLABARRIAGA
- BT/PEE/9415 - Projeto de Filtros Digitais IIR com Fase Aproximadamente Linear Utilizando Redução de Ordem - IVAN F. J. RODRIGUES, MAX GERKEN
- BT/PEE/9416 - GERAFILTRO: Sistema para Projeto Automático de Filtros Digitais ©IIR<sup>a</sup> (da especificação em alto nível ao leiaute do ©ASIC<sup>a</sup>) - RICARDO PIRES, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9417 - Redes Neurais Artificiais Aplicadas à Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9501 - Estudo Comparativo de Métodos de Cálculo da Frequência Fundamental - MARCOS COSTA HUNOLD, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9502 - Combinando Técnicas de Redes Neurais Artificiais e Informações de Excitação no Reconhecimento Automático do Locutor - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9503 - Utilização de Redes Neurais Artificiais para Detecção e Identificação de Falhas em Circuitos - MÁRCIO YUKIO TERUYA, ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9504 - Uso de Redes Neurais Artificiais no Reconhecimento de Locutores no Domínio Temporal - BENEDITO JOSÉ BARRETO FONSECA JÚNIOR, EUVALDO CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9505 - Projeto de Filtros Passivos e Ativos em Técnicas de Circuitos Integrados de Microondas - DAVID VIVEIROS JÚNIOR, DENISE CONSONNI
- BT/PEE/9506 - Uma Análise de Clustering para as Frases de Projeto NESPER - RONALDO OLIVEIRA MESSINA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9507 - Controle com Estrutura Variável e Modos Deslizantes - Um Estudo para Aplicação em Controle Carga-frequência da Geração - JOSE PAULO F. GARCIA, JOCELYN FREITAS BENNATON

- BT/PEE/9508 - Recuperação das Margens de Ganho e de Fase para Sistemas de Fase Não Mínima por Realimentação da Saída - MARCO H. TERRA, VITOR M. P. LEITE
- BT/PEE/9509 - Sistema de Inspeção Óptica de Dispositivos Bi-Dimensionais - CASIMIRO DE ALMEIDA BARRETO, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
- T/PEE/9510 - Sistema de Partículas Uma Poderosa Técnica de Animação em Computação Gráfica - RENATO CURTO RODRIGUES, JOÃO ANTÔNIO ZUFFO
- BT/PEE/9511- Efeito de Ruídos em Sinais de Voz Visualizados em Trajetórias Neurais de Kohonen - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9601 - "Um Reconhecedor de Sinais Sonoros Utilizando LVQ" - ALEXANDRE TORNICE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9602 - "Coleção Artificial Neural Networks: Uma Visão Geral dos Sistemas Neurais Artificiais de Stephen Grossberg" - CHIU HSIUNG HUANG
- BT/PEE/9603 - "Reactively-Sputtered TiN Formation Using a RF Magnetron System"- SÉRGIO PAULO AMARAL OSÓRIO, LUIZ SÉRGIO ZASNICOFF
- BT/PEE/9604 - Aspectos em Tradução de Linguagens Naturais Através de Redes Neurais Artificiais - CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9605 - Implementação de Blocos Passa-Tudo Utilizando Realimentação de Erro - SÉRGIO JOSÉ CARNEIRO LEÃO, MAX GERKEN
- BT/PEE/9606 - Coleção SANN group Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Sakoe - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9607 - Coleção SANN group Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Steinbuch - ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9608 - Desenvolvimento de uma Estrutura de Duplo Nível de Metal para a Confecção de Interconexões em Circuitos Integrados - JOSÉ AUGUSTO DE ALENCAR PEREIRA, LUIZ CARLOS MOLINA TORRES
- BT/PEE/9609 - Determinação de Parâmetros de Processo para Fotomáscara "Balzers" Utilizando Gerador de Padrões - JORGE SEKI, MEGUMI SAITO
- BT/PEE/9610 - Um Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Distribuídos - PEDRO F. ROSA, JOÃO A. ZUFFO
- BT/PEE/9611 - Interpretações Teóricas do Funcionamento Cerebelar: Uma Revisão - MARCUS FRAGA VIEIRA, ANDRÉ FÁBIO KOHN
- BT/PEE/9612 - Marcapasso Cardíaco Temporário Microcontrolado de Demanda e Baixo Consumo - FLAVIO ANTONIO MENEGOLA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9613 - Um Sistema de Planejamento de Ação Baseado em Casos para uma Célula Flexível de Manufatura - RICARDO LUÍS DE FREITAS, MÁRCIO RILLO
- BT/PEE/9614 - Aplicações do Boundary-Scan para o Teste de Módulos Multichip - ROBERTO C. COSSI JR., JOSÉ ROBERTO DE A. AMAZONAS
- BT/PEE/9615 - A 2.488 Gb/s GaAs 1:4/1:16 Demultiplexer IC with Skip Circuit for Sonet STS-12/48 Systems - TAUFIK ABRÃO, FATIMA S. CORRERA
- BT/PEE/9616 - Uma Contribuição para a Construção de Algoritmos em Projetos de Redes - ALLAN DE SOUZA, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA
- BT/PEE/9617 - Análise Crítica dos Métodos de Medição do Intervalo QT do Eletrocardiograma - SÍDNEY DA SILVA VIANA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9618 - Deposição e Caracterização de Filmes de SiO<sub>2</sub> Crescidos pela Técnica de PECVD a Baixa Temperatura - MARCO ALAYO CHÁVEZ, INÉS PEREYRA
- BT/PEE/9619 - PARSTOOL: Uma Ferramenta de Auxílio à Simulação de Sistemas Paralelos - LI KUAN CHING, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PEE/9620 - Análise de um Método de Otimização por Malha no Treinamento de Robôs - OLÍMPIO MURILO CAPELI, JOSÉ CARLOS T. B. MORAES, SADA O ISOTANI
- BT/PEE/9701 - Identification of Unstable Mechanical Systems - ROBERTO MOURA SALES, ANSELMO BITTAR, MICHAEL PORSCH, LAÉRCIO LUCCHESI
- BT/PEE/9702 - Analysis of the Subthreshold Slope Transition Region in SOI nMOSFET - VICTOR SONNENBERG, JOÃO ANTONIO MARTINO
- BT/PEE/9703 - Introduction of the SOI MOSFET Dimensions in the High-Temperature Leakage Drain Current Model - MARCELO BELLODI, JOÃO ANTONIO MARTINO, DENIS FLANDRE
- BT/PEE/9704 - Controle de Largura de Banda Dinâmica para Transmissões Multicast para Redes de Alta Velocidade - SANG SOON LEE, SERGIO TAKEO KOFUJI
- BT/PEE/9705 - Uma Modificação Proposta para o Controle Preditivo Generalizado com Filtro de Kalman - JAIME QUINTERO R., OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9706 - Aplicações de Redes Neurais em Previsões Financeiras - OLÍMPIO MURILO CAPELI, EUVALDO F. CABRAL JR.

- BT/PEE/9707 - Sistema Microcontrolado, Multicanal e Portátil para Estimulação Neuromuscular Funcional - ROGÉRIO QUIARIM ZARZA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9708 - Requisitos para o Mapeamento Tecnológico em Projetos de Microeletrônica - LUCIANO DE OLIVEIRA CORRÊA DE BRITO, JOSÉ ROBERTO DE ALMEIDA AMAZONAS
- BT/PEE/9709 - Sistemas PRMA com Dados Acoplados - JOSÉ AUGUSTO DE LIMA, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSZY
- BT/PEE/9710 - Algoritmos Genéticos (AG's) para a Otimização de Controladores Nebulosos - JULIO CESAR CEBALLOS AYA, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9711 - Um Estudo Sobre a Redução de Ruídos em Sinais Caóticos - ERNANE JOSÉ XAVIER COSTA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9712 - Geradores não Lineares de Sequência para uso em Sistemas Spread Spectrum - ANGEL ANTONIO GONZALEZ MARTINEZ, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSZY
- BT/PEE/9713 - Modelamento Físico do Sistema Heteroestrutura - Metal - CECÍLIA WETTERLE RODRIGUES, MEGUMI SAITO
- BT/PEE/9714 - Tensões Induzidas em Linhas Aéreas por Descargas Atmosféricas Indiretas - Modelagem e Aplicação ao Cálculo de Interrupções - ALEXANDRE PIANTINI, JORGE M. JANISZEWSKI
- BT/PEE/9715 - RECMAP - Uma Ferramenta para Otimização em Síntese de Alto Nível Baseada em Reconhecimento Funcional e Mapeamento de Componentes - ANDRÉ GERHARD, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9716 - Estudo da Sinterização de Contatos Al/Ti por Recozimento Térmico Rápido Visando a Aplicação em Circuitos Integrados - ANGELO EDUARDO BATTISTINI MARQUES, ROGÉRIO FURLAN
- BT/PEE/9717 - Mixed H2/H- Control of Discrete-Time Markovian Jump Linear Systems - OSWALDO L. V. COSTA, RICARDO P. MARQUES
- BT/PEE/9718 - Aluminium Etching with CCl4-N2 Plasmas - ANGELA MAKIE MAKAZAWA, PATRICK VERDONCK
- BT/PEE/9719 - O Uso de Resistes Amplificados Quimicamente e de Sililação em Litrografia por Feixe de Elétrons - ANTONIO C. SEABRA, PATRICK B. VERDONCK
- BT/PEE/9720 - Implementação de um Simulador de um Circuito Neuro-Medular que Atua no Controle da Força Motora - LUIZ JURANDIR SIMÕES DE ARAÚJO, ANDRÉ FÁBIO KOHN
- BT/PEE/9721 - Avaliação das Características Físico-Químicas e Elétricas de Filmes de SiO2 Depositados por PECVD a Partir da Reação entre O2 e TEOS - ALVARO ROMANELLI CARDOSO E CLAUS MARTIN HASENACK
- BT/PEE/9722 - Controle e Simulação Dinâmica de Colunas de Destilação: Aplicação Prática em uma Coluna com Refluxo por Gravidade
- BT/PEE/9723 - Circuitos de Portas Lógicas Primitivas Implementados a Partir de uma Classe de Lógicas Paraconsistentes Anotadas - JOÃO INÁCIO DA SILVA FILHO, JAIR MINORO ABE, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
- BT/PEE/9724 - Lattice Heating and Energy Balance Consideration on the I-V Characteristics of Submicrometer Thin-Film Fully Depleted SOI NMOS Devices - CLAUDIA BRUNETTI, NELSON L. A. BRAGA, LUIZ S. ZASNICOFF
- BT/PEE/9725 - Identificação de um Processo de Neutralização de pH via Redes Neurais - SILVIO FLABOREA, CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9726 - Uma Estratégia de Migração de Sistemas de Telefonia Móvel com Tecnologia AMPS para a Tecnologia CDMA - RONALD LUÍS CLARKSON EISNER, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSZY
- BT/PEE/9727 - Controle de pH Usando Conceitos de Invariantes de Reações e Geometria Diferencial - OSCAR A. ZANABARIA S., CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9728 - Estudo da Influência dos Parâmetros de Recozimento Térmico Rápido na Morfologia dos Filmes de TiSi2 Formados e sua Correlação com a Tensão Mecânica - SILVANA GASPAROTTO DE SOUZA, ARMANDO ANTONIO MARIA LAGANÁ, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9729 - Analysis of Silicon Surface Microirregularities by LASER Light Scattering - JOSÉ CÂNDIDO DE SOUSA FILHO, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9730 - Wavelets in Music Analysis and Synthesis: Timbres Analysis and Perspectives - REGIS ROSSI ALVES FARIA, RUGGERO ANDREA RUSCHIONI, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9731 - Estudo de Efeitos Mútuos da Distribuição de Corrente em Condutores - AUGUSTO CARLOS PAVÃO, JORGE MIECZYSLAW JANISZEWSKI
- BT/PEE/9801 - Equivalência entre a Semântica da Lógica de Transações e a Semântica de sua Implementação Prolog - PAULO E. SANTOS, FLÁVIO S. C. DA SILVA
- BT/PEE/9802 - Nash Game in Mixed H2/Hoo Control Theory a Convex Optimization Approach - HELENICE OLIVEIRA FLORENTINO, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9803 - Text-Independent Speaker Recognition Using Vector Quantization and Gaussian Mixture Models - THOMAS E. FILGUEIRAS Fº., RONALDO O. MESSINA E EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9804 - Elementos Piezoresistivos para Sensores de Pressão com Tecnologia CMOS - LUIZ ANTONIO RASIA, E. C. RODRIGUEZ



- BT/PEE/9805 - Automação do Processo de Casamento de Impedância em Sistemas de Aquecimento por Microondas - J. C. DE SOUZA, J. T. SENISE, V. C. PARRO, F. M. PAIT
- BT/PEE/9806 - Considerações para o Projeto de Células de Memória SI com Transistores HEMT - JAIME H. LASSO, EDGAR CHARRY R.
- BT/PEE/9807 - Covariance Controller with Structure Constraint and Closed Loop H Bound - ANTÔNIO CARLOS DE LIMA, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9808 - Controle Unidimensional de Objetos: Uma Aplicação Prática em Fresadora Automática - MÁRCIO A. F. MURATORE, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9809 - Redes Neurais com Retardos Temporais Aplicadas ao Reconhecimento Automático do Locutor - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9810 - Topological Computation and Voluntary Control - HENRIQUE SCHÜTZER DEL NERO, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA, ALFREDO PORTINARI MARANCA
- BT/PEE/9811 - Casamento de Impedância em Guia de Onda Retangular Utilizando como Variável Medida a Potência Refletida - J. C. DE SOUZA JR., J. T. SENISE
- BT/PEE/9812 - Applied Surface Science - RONALDO D. MANSANO, PATRICK VERDONCK, HOMERO S. MACIEL
- BT/PEE/9813 - Contribuição ao Estudo da Morfologia da Superfície e da Interface do Siliceto de Titânio Formado sobre Si (100) Empregando a Técnica de Microscopia de Força Atômica (AFM) - N. M. HASAN, A. A. M. LAGANÁ, S. G. SANTOS FILHO
- BT/PEE/9814 - Estudo Experimental da Tensão Mecânica em Filmes Finos de Cobre Obtidos por Evaporação ou Deposição Eletroquímica Espontânea - A. I. HASHIMOTO, S. G. FILHO
- BT/PEE/9815 - Controle Híbrido de Manipuladores Robóticos - WEBER ALLEGRI, JOSÉ JAIME DA CRUZ
- BT/PEE/9816 - Entropia Informacional e Cronobiologia - ANA AMÉLIA BENEDITO SILVA, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA
- BT/PEE/9817 - Estabilidade de Lyapunov e Controle de Atitude - FERNANDO SOUSA, FREITAS JÚNIOR, PAULO SÉRGIO PEREIRA DA SILVA
- BT/PEE/9818 - Projeto de um Conversor de Frequências Resistivo em Tecnologia MMIC - CLÁUDIA C. A. APARÍCIO, DENISE CONSONNI
- BT/PEE/9819 - Estudo de Sensibilidade de um Sistema de Modulação Digital via Simulação - RONALDO DI MAURO, LUIZ ANTONIO BACCALÁ
- BT/PEE/9820 - Engenharia do Conhecimento Aplicada ao Conhecimento Aplicado ao Domínio de Gerenciamento de Falhas em Redes de Comunicação: Uma Abordagem Baseada em Modelo - MARILZA ANTUNES DE LEMOS, MARCIO RILLO
- BT/PEE/9821 - Uma Biblioteca de Métodos de Resolução de Problemas de Planejamento para Fornecer Apoio à Aquisição de Conhecimento - LELIANE NUNES DE BARROS, MARCIO RILLO
- BT/PEE/9822 - Um Estudo de Técnicas de Aprendizado por Reforço Livre de Modelo - Aplicação ao Pêndulo Invertido - SÉRGIO RIBEIRO AUGUSTO, ADEMAR FERREIRA
- BT/PEE/9823 - Identificação de Sistemas Dinâmicos com Redes Neurais - FRANCISCO CARLOS PONS, CLÁUDIO GARCIA
- BT/PEE/9824 - Comparison between Single and Double Langmuir Probe Techniques for Analysis of Inductively Coupled Plasmas - RAUL M. DE CASTRO, GIUSEPPE A. CIRINO, PATRICK VERDONCK, HOMERO S. MACIEL, MARCOS MASSI, MARCELO B. PISANI, RONALDO D. MANSANO
- BT/PEE/9825 - DECMEF: Um Sistema de Decomposição Aplicada à Síntese de Máquinas de Estados Finitos - CARLOS HUMBERTO LLANOS QUINTERO, MARIUS STRUM
- BT/PEE/9826 - Controladores Preditivos Através de Desigualdade Matriciais Lineares - RENATO C. BARÃO, RICARDO P. MARQUES, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9827 - Parametrization of all H2 Optimal Output Feedback Controllers - JOÃO YOSHIYUKI ISHIHARA, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9901 - Digital Equalization Using Time Delay Neural Network (TDNN) - MARIO ANDRÉS VERGARA ESCOBAR, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9902 - Simulação e Análise Estrutural do Modelo de Deposição da Publicação ICRP 66 - JOAQUIM CARLOS SANCHES CARDOSO, JOSÉ CARLOS T. DE BARROS MOARAES
- BT/PEE/9903 - Modelamento e Ajuste por Regra Sub-Ótica de Maximização da Informação da Mútua de um Sistema Reconhecedor de Palavras Isoladas, Independente do Falante, para Ambientes Adversos, com Redundância de Informação - MÁRIO MINAMI, IVANDRO SANCHES
- BT/PEE/9904 - Modelagem Matemática e Controle Multivariável do Tanque de Contato Empregado no Processo de Lixiviação dos Minerais Niquelíferos - DANIEL GUZMÁN DEL RÍO, CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9905 - Avaliação de Transdutores para Análise Metabólica Humana - HENRIQUE TAKACHI MORIYA, JOSÉ CARLOS T. DE BARROS MOARAES
- BT/PEE/9906 - Estudo da Aplicação do Método TLM-2D à Análise de Campos Eletromagnéticos - MARCO ANTONIO MATHIAS, JORGE M. JANISZEWSKI



- BT/PEE/9907 – Comportamento Transitório de Campos Eletromagnéticos em Meios Condutivos: Simulação Computacional Eficiente por Diferenças Finitas no Domínio do Tempo – ALEXANDRE AUGUSTO OTTATI NOGUEIRA, JORGE MIECZYSLAW JANISZEWSKI
- BT/PEE/9908 –  $H_2$  and  $H_\infty$  Control for Maglev Vehicles – ANSELMO BITTAR, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9909 – Amplificador Distribuído em GaAs – 1 a 17 GHz – CRISTIANE FERREIRA DE ARAÚJO, FATIMA SALETE CORRERA
- BT/PEE/9910 – Modelo Não-Linear de MESFET para Simulação de Amplificadores de Alta Eficiência – ANTONIO SANDRO VERRI, FATIMA SALETE CORRERA
- BT/PEE/9911 – Projeto de um Sistema de Propulsão e Levitação Magnética com Dois Graus de Liberdade – ALEXANDRE BRINCALEPE, FELIPE MIGUEL PAIT
- BT/PEE/9912 – A New Technique to Obtain the MOS Gate Oxide Thickness and Electric Breakdown Field Distributions From Fowler-Nordheim Tunneling Current – WILLIAN AURÉLIO NOGUEIRA, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9913 – Polarization Effects on the Raman and Photoluminescence Spectra of Porous Silicon Layers – WALTER JAIMES SALCEDO, FRANCISCO JAVIER RAMIREZ FERNANDEZ
- BT/PEE/9914 – Aproximação Gaussiana Melhorada Aplicada na Análise de um Método de Aquisição em Dois Estágios para Sistemas DS/CDMA – IVAN ROBERTO SANTANA CASELLA, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSKY
- BT/PEE/9915 – Simulação e Análise de Soluções de Comunicação entre Sub-Redes IP sobre ATM – MARCELO ZANONI SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9916 – Uma Nova Abordagem para a Análise Computacional de Movimento – RAMONA M. STRAUBE, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9917 – Caches Remotos e Prefetching em Sistemas Multiprocessadores de Alto Desempenho – Considerações Arquiteturais – EDWARD DAVID MORENO, SERGIO TAKEO KOFUJI
- BT/PEE/9918 – Um Modelo de Referência para o Controle do Processo de Lodo Ativado – OSCAR A. ZANABRIA SOTOMAYOR, SONG WON PARK, CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9919 – Identificação Não-Linear de um Processo de Neutralização de pH Multivariável Utilizando Modelos Narmax Polinomiais com Tempo Morto – ROSIMEIRE APARECIDA JERÔNIMO, CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9920 – Avaliação do U-Net em Clusters com Rede Myrinet – PAULO A. GEROMEL, SERGIO T. KOFUJI
- BT/PEE/9921 – Implementação de Finos Diafragmas em Lâminas de Silício Monocristalino, Altamente Dopadas com Boro, Visando Fabricação de Microsensores de Pressão CMOS Utilizando Pós-Processamento – HUMBER FURLAN, EDGAR R. CHARRY
- BT/PEE/9922 – A5GHz Continuous Time Sigma-Delta Modulador Implemented in  $0.4\mu\text{m}$  InGaP/InGaAs – A. OLMOS, E. CHERRY, M. NIHEI, Y. WATANABE
- BT/PEE/9923 – Dimensionamento de Unidades Remotas de Sistemas VSAT – CLAUDIO TRÁPAGA FAGUNDES DO NASCIMENTO FILHO, FATIMA SALETE CARRERA
- BT/PEE/9924 – Implementação de um Pós-Filtro Adaptativo para a Melhora de Qualidade Perceptual de Sinais de Voz com Ruído – CELSO SETSUO KURASHIMA, IVANDRO SANCHES
- BT/PEE/9925 – Redes Neurais Artificiais Aplicadas a Estimação de Processos Biotecnológicos – PEDRO S. PEREIRALIMA, ZSOLT L. KOVÁCS
- BT/PEE/9926 – The Utilization of Low Temperature Co-Fired Ceramics (LTCC-ML) Technology for Meso-Scale SEM, a Simple Thermistor Based Flow Sensor – M. GONGORA-RUBIO, L. M. SOLÁ-LAGUNA, P. J. MOFFETT, J. J. SANTIAGO-AVILÉS
- BT/PEE/9927 – Análise do Desempenho de uma Rede ATM sob Tráfego Heterogêneo – HANS MARCELO GAMARRA DELGADO, JOSÉ ROBERTO DE ALMEIDA AMAZONAS
- BT/PEE/9928 – Ambiente de Síntese de Circuitos CMOS de Alto Desempenho – FABIO LUÍS ROMÃO, WILHELMUS A. M. VAN NOIJE
- BT/PEE/9929 – Polarization Effect on Raman Scattering and Photoluminescence Spectra in Porous Silicon Layer – WALTER JAIMES SALCEDO, FRANCISCO JAVIER RAMIREZ FERNANDEZ
- BT/PEE/9930 – Photonic Band Structure of Periodic-Like Porous Silicon – WALTER JAIMES SALCEDO, FRANCISCO JAVIER RAMIREZ FERNANDEZ





