

REDES NEURAIIS FEEDFORWARD NA AVALIAÇÃO DA VITALIDADE DE RECÉM-NASCIDOS COM SIMULAÇÃO DE PADRÕES GESTACIONAIS

NÚBIA K. O. ALMEIDA, FRANCISCO C. S. A. PINTO

Departamento de Estatística, Universidade Federal Fluminense
Rua Mário Santos Braga s/n, Instituto de Matemática – 7º andar – Campus Valonguinho – Centro –
Niterói – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 24020-140
E-mails: getnkoa@vm.uff.br, fcsap@vm.uff.br

Abstract - The evaluation of a newborn baby's vitality is made through the Apgar test. A low grade (≤ 6 points) in the evaluation at the 5th minute after birth is considered an indicative of future neurological problems for the baby. This work presents a prediction mechanism of the Apgar value (low or high), using the Artificial Neural Network techniques and information about pregnant woman and her pregnancies available in the database DATASUS of the Health Department. Chi-square and t-Student tests were used to select the neural network input variables. The classifier neural network, with a $10 \times 8 \times 1$ structure, after a supervised training using 1596 records, obtained, with the test set, 75,1% of correct qualification of the Apgar result category (low or high grade), with 11,7% of false negative type error.

Keywords - feedforward neural network, Chi-square test, t-Student test and Pearson correlation coefficient

Resumo - A avaliação da vitalidade de um recém-nascido é realizada através do exame Apgar. A ocorrência de uma nota baixa (≤ 6 pontos) na avaliação ao 5º minuto após o nascimento é considerada um indicativo de futuros problemas neurológicos para o bebê. Este trabalho apresenta um mecanismo de previsão da categoria do valor do Apgar (baixo ou alto), utilizando a técnica de Redes Neurais Artificiais, tomando como base informações referentes à gestante e a sua gestação, disponíveis no banco de dados do DATASUS - Ministério da Saúde. Para a seleção das variáveis de entrada da rede neural foram utilizados os testes Qui-Quadrado e t-Student. A rede neural de estrutura $10 \times 8 \times 1$, do tipo classificador, obteve no conjunto de teste, após o treinamento supervisionado com 1.596 registros, o percentual de acerto de classificação da categoria do resultado do Apgar (nota baixa ou nota alta) de 75,1%, com o percentual de erro do tipo falso negativo de 11,7%.

Palavras-chave - redes neurais feedforward, teste Qui-Quadrado, teste t-Student e coeficiente de correlação de Pearson

1 Introdução

Na década de 50, a médica inglesa Virgínia Apgar, criou um exame de avaliação da vitalidade de recém-nascidos ⁽¹⁾. O exame que recebeu o nome de Apgar, em homenagem a sua criadora, tornou-se obrigatório aos 1 minuto e 5 minutos após o nascimento do bebê. A comunidade médica entende que o resultado do exame ao 1º minuto representa o diagnóstico presente do bebê, enquanto o resultado do exame ao 5º minuto seria interpretado como sendo um prognóstico da saúde neurológica do recém-nascido ⁽²⁾. Uma nota menor ou igual a 6 pontos, encarada como baixa, seria então considerada um indicativo de futuros problemas neurológicos para o bebê, exigindo assim um acompanhamento neuro-psico-motor mais rigoroso ⁽²⁾. O resultado do Apgar ao 5º minuto será o foco de interesse deste trabalho. Atualmente não existe nenhuma forma de previsão do resultado do exame, o que seria bem interessante, pois com um método de previsão satisfatório, o médico que acompanha a gestação da mãe poderia dar orientações ao longo de todo período de gravidez que pudessem de alguma forma reverter o valor da previsão nos casos em que esta foi classificada como baixa.

O exame Apgar é baseado em cinco itens ⁽¹⁾ para avaliação da vitalidade do bebê, que são: frequência cardíaca, respiração, tônus muscular, cor e irritabilidade reflexa. Cada um destes itens recebe a nota 0, 1 ou 2, de acordo com certas classificações do comportamento do bebê, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Itens de avaliação do Apgar

Itens	Pontos		
	0	1	2
Frequência Cardíaca	Ausente	< 100 bpm	≥ 100 bpm
Respiração	Ausente	Fraca, Irregular	Forte/Choro
Tônus Muscular	Flácido	Flexão de pernas e braços	Movimento ativo/Boa flexão
Cor	Cianótico/Pálido	Cianose das extremidades	Rosado
Irritabilidade Reflexa	Ausente	Algum movimento	Espirro/Choro

Como cada item recebe uma nota de 0 a 2, o bebê ganha na avaliação uma nota de vitalidade de 0 a 10.

A proposta deste trabalho é classificar, através de Redes Neurais Artificiais, o resultado do Apgar ao 5º minuto em baixo ou alto, baseado nas informações da mãe e da gestação. Assim o objetivo geral será avaliar o desempenho da técnica de Redes Neurais Artificiais no problema de classificação do resultado do Apgar aos 5 minutos, em recém-nascidos. Os objetivos específicos serão: a) Verificar o percentual de acerto de classificação da rede neural proposta; b) Apresentar formas alternativas da seleção de variáveis para participar da rede, utilizando testes estatísticos e c) Apresentar a área médica uma ferramenta, a rede neural, que viabilize a previsão do Apgar para a tomada de decisões cabíveis, baseada na simulação de diversos padrões de gestações.

2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram obtidas algumas informações sobre cerca de 65.000 registros de nascimentos vivos ocorridos no ano de 2004 no estado do Rio de Janeiro, disponíveis no banco de dados SINASC do DATASUS – Ministério da Saúde⁽³⁾. As variáveis referentes à mãe e sua gestação, que constam da estrutura do SINASC, consideradas como candidatas a participar da rede neural a ser proposta foram: a) qualitativas: estado civil, escolaridade, tempo de gestação, tipo de gravidez, tipo de parto, número de consultas pré-natal e sexo do bebê; b) quantitativas: idade, quantidade de filhos vivos, quantidade de filhos mortos e resultado do Apgar ao 5º minuto. A tabela 2 apresenta cada uma das variáveis qualitativas consideradas no banco de dados, com suas respectivas categorias originais e as utilizadas neste trabalho. A mudança sugerida nas categorias foi decorrente do fato que algumas delas tinham percentuais de ocorrência no banco de dados inferior a 1% e não haveria dano algum se fossem aglutinadas com outras categorias.

Tabela 2: Variáveis qualitativas e suas categorias

Variável	Categorias	
	Original (DATASUS)	Trabalho
Estado civil	solteira, casada, viúva, separada, outra	solteira, casada, outros
Escolaridade (anos)	1 a 3, 4 a 7, 8 a 11, ≥ 12	1 a 3, 4 a 7, 8 a 11, ≥ 12
Tempo de gestação (semanas)	< 22, 22 a 27, 28 a 31, 32 a 36, 37 a 41, ≥ 42	< 22, 22 a 27, 28 a 31, 32 a 36, 37 a 41, ≥ 42
Tipo de gravidez	única, dupla, tripla ou mais	única, outros
Tipo de parto	vaginal e cesáreo	vaginal e cesáreo
Número de consultas pré-natal	0, 1 a 3, 4 a 6, ≥ 7	0, 1 a 3, 4 a 6, ≥ 7
Sexo do bebê	masculino, feminino	masculino, feminino
Apgar ao 5º minuto	(quantitativa) 0 a 10	(qualitativa) ≤ 6, > 6

Da população considerada no estudo apenas 2% eram referentes a nascimentos cujo valor do Apgar ao 5º minuto era menor ou igual a 6 pontos. Assim, de modo a obter um conjunto representativo de observações que viabilizasse o treinamento da rede para as duas subpopulações existentes (Apgar baixo e Apgar alto), optou-se por trabalhar inicialmente com uma amostra de 5.000 registros, dentre os quais todos aqueles de Apgar baixo aos 5 minutos encontrados na população. Uma outra característica da amostra é que incorporava somente registros de nascimentos ocorridos em hospital. Após a construção desta amostra do banco SINASC, os procedimentos discriminados a seguir foram realizados.

2.1 Escalonamento das Variáveis

Nesta etapa, segundo a metodologia de Redes Neurais Artificiais, sugere-se que as variáveis passem por um processo de mudança de escala. Na tabela 3 são apresentadas as novas escalas de cada uma das variáveis.

Tabela 3: Escalas das variáveis

Tipo de variável	Variável	Escala
Binária	tipo de parto, tipo de gravidez, sexo do bebê e Apgar	+1 ou -1
Catagórica Nominal	estado civil	maximamente esparsa
Catagórica Ordinal	escolaridade, tempo de gestação e nº de consultas pré-natal	(-1; -0,5; 0; 0,5; 1) (-1; -0,5; -0,1; 0,1; 0,5; 1) (-1; -0,5; 0,5; 1)
	idade, qtde. de filhos vivos e qtde. de filhos mortos	padronização para média 0 e desvio-padrão 0,5

2.2 Análise de Informação Perdida e de Outliers

Foram desconsiderados da amostra inicial vários registros de nascimento com muitas informações incompletas. Foram considerados como outliers aqueles registros de nascimento cujas variáveis quantitativas tinham valores que excediam, em valor absoluto, a 3 desvios-padrão da variável considerada. Dessa forma, foram excluídos do trabalho registros cuja idade da mãe era menor que 15 anos ou maior que 40 anos, número de filhos vivos superior a 7 e número de filhos mortos superior a 3.

Após esta etapa, a amostra dos dados passou a ter 2.658 registros de nascimentos.

2.3 Seleção de Variáveis de Entrada

É comum que o critério adotado para uma variável ser considerada adequada para entrada de uma rede neural,

seja o de correlação linear significativa com a(s) variável(is) de saída ⁽⁴⁾. Como no problema proposto neste trabalho, a variável de saída da rede neural será do tipo binária (Apgar baixo ou Apgar alto), foram aplicados os testes Qui-Quadrado e t-Student para avaliar a significância de uma variável, respectivamente, qualitativa e quantitativa ⁽⁵⁾, para a saída da rede neural. Com bases nestes testes, ao nível de significância de 10%, observou-se que apenas as variáveis qualitativas escolaridade da mãe e sexo do bebê poderiam ser descartadas como entradas da rede neural.

Também foram observadas, através do coeficiente de correlação de Pearson, existência de correlações lineares significativas, ao nível de significância de 10%, entre as variáveis quantitativas idade da mãe, quantidade de filhos vivos e quantidade de filhos mortos, indicando assim que um processo de descorrelação entre elas deveria ser efetuado ⁽⁴⁾.

Uma vez avaliado os resultados dos testes estatísticos e realizados os procedimentos adequados, decidiu-se que as variáveis de entrada da rede neural seriam as listadas a seguir: estado civil, tempo de gestação, tipo de parto, número de consultas pré-natal, idade da mãe (descorrelacionada da quantidade de filhos vivos e de filhos mortos), quantidade de filhos vivos (descorrelacionada da quantidade de filhos mortos) e a quantidade de filhos mortos. Alertamos que algumas das variáveis como, por exemplo, tipo de parto, só serão de fato conhecidas no momento em que a gestante estiver parindo. A rede neural poderá obter então a previsão de saída, baseada na simulação dos dois tipos de parto.

2.4 Rede Neural Feedforward

A rede neural proposta neste trabalho é do tipo classificador, formada por oito variáveis de entrada, que na prática se configuram dez, uma vez que a variável estado civil possui três categorias e para ela foi utilizada a notação maximamente esparsa. A saída da rede neural será a variável Apgar. Além disso, a estrutura da rede neural será formada de uma camada intermediária com oito neurônios e uma camada de saída com apenas um neurônio, todos com função de ativação tangente hiperbólica ⁽⁴⁾. Usualmente é utilizada a notação **10x8x1** para descrever a estrutura da rede neural que acabamos de apresentar.

O conjunto de dados foi dividido em aproximadamente 60% (1.596 registros) para o treinamento da rede, 20% (531 registros) para a validação do treinamento e os outros 20% (531 registros) para o teste final do desempenho da rede neural proposta.

O método de treinamento da rede neural foi *backpropagation*, com as atualizações dos pesos sinápticos obtidos via gradiente descendente ⁽⁴⁾. Optou-se, após algumas considerações e tentativas, por uma taxa de aprendizagem de 0,05. Todo o treinamento e avaliação da rede neural foram efetuados no software Matlab 7,0.

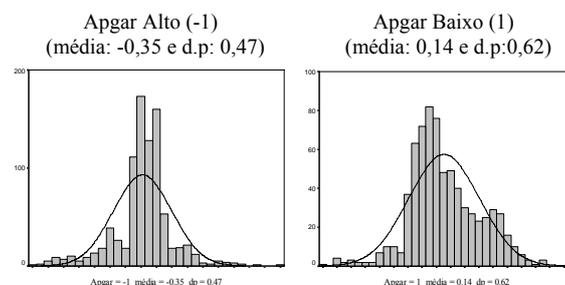
3 Resultados

Na tabela 4 são apresentados os resultados do desempenho da rede neural proposta. Também são apresentados na figura 1 os gráficos dos valores da excitação do neurônio da última camada para as classes de Apgar alto e de Apgar baixo.

Tabela 4: Desempenho da rede neural 10x8x1

Item avaliado	Conjunto de Dados		
	Treinamento MSE=0,804	Validação	Teste
Acerto	72,0%	78,2%	75,1%
Falso Positivo	6,8%	13,6%	13,2%
Falso Negativo	21,2%	8,3%	11,7%

Figura 1: Histogramas da excitação do neurônio da camada de saída



4 Discussão

Observamos na tabela 4, que apesar o erro quadrático médio (MSE) estar elevado, a rede neural proposta não deve ser desqualificada. O critério de um valor MSE baixo muitas vezes não é obtido numa rede do tipo classificador, pois o que se torna muito relevante nestes casos não é somente a magnitude dos erros em si, mas também os sinais das saídas geradas pela rede. O comportamento obtido no conjunto de treinamento ratifica esta consideração, uma vez que foi alcançado 72,0% de acerto de classificação. Em relação aos conjuntos de teste também observamos na tabela 4 que a rede neural proposta forneceu 75,1% de acerto de classificação e apenas 11,7% de erro falso negativo, o que no caso seria o tipo de erro mais grave, uma vez que significa classificar (prever) o resultado do Apgar ao 5º minuto como alto quando na verdade ele é baixo. Isso teria como consequência deixar de prestar assistência e orientações especiais a uma gestante que necessitaria de mais cuidados. Dessa forma, avaliamos que o desempenho da rede pode ser considerado satisfatório, mediante a complexidade da classificação no problema proposto.

Podemos também inferir que, se fosse viável a utilização da rede neural apresentada neste trabalho por médicos obstetras, a qualidade da assistência e

orientações a gestante seria sensivelmente melhorada. O médico poderia ao longo da gestação orientar a paciente grávida a, por exemplo, não optar à priori por parto vaginal, uma vez que ele avaliasse pela rede neural que esta opção (simulada) poderia incorrer em mais riscos do bebê vir a ter Apgar baixo.

A rede neural apresentada deve ser aprimorada, investigando mais fortemente a relevância de cada uma das variáveis qualitativas de entrada para que não haja redundância de informações na rede, bem como o procedimento de poda de sinapses também deva ser considerado.

Estudos sobre a utilização da técnica de Redes Neurais Artificiais como um aproximador do resultado do Apgar ao 5º minuto também deveriam ser considerados, apesar deste enfoque demandar um árduo trabalho de manipulação de banco de dados.

Agradecimentos

Pelo suporte e orientações fornecidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho, gostaríamos de agradecer aos professores Luiz P. Calôba do Programa de Engenharia de Elétrica, COPPE - UFRJ e Renan M. Varnier R. Almeida do Programa de Engenharia Biomédica, COPPE - UFRJ.

Referências

1. ABC da Saúde – www.abcdasaude.com.br/artigophp?254 - 08/08/2006
2. Estação do Bebê – www.ebb.com.br/mostrar_gestante.php?ref=3 – 08/08/2006
3. DATASUS – www.datasus.gov.br - 08/08/2006
4. Haykin, Simon – Redes Neurais – Princípios e Prática – 2ª edição – Bookman, 2001
5. Barbetta, P A; Reis, M M; Borna, A C – Estatística Para Cursos de Engenharia e Informática – Ed. Atlas, 2004