

DESENVOLVIMENTO DE UMA ETIQUETA DE QUALIDADE PARA A ÁREA EDUCACIONAL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO PROCESSO *KDD*

Anderson Roges Teixeira Góes

UFPR: Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia (PPGMNE); e
Departamento de Expressão Gráfica; CP: 19081; CEP: 81531-990; Curitiba, PR
artgoes@ufpr.br

Maria Teresinha Arns Steiner

UFPR: Programas de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia (PPGMNE) e de
Engenharia de Produção (PPGEP); e
PUCPR: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS);
CP: 19081; CEP: 81531-990; Curitiba, PR
tere@ufpr.br; maria.steiner@pucpr.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma metodologia para a classificação da qualidade, de forma comparativa, utilizando o processo *KDD*. Como estudo de caso, a metodologia é aplicada à Qualidade Educacional de escolas municipais da cidade de Araucária/PR, onde consideramos o instrumento de avaliação Prova Brasil que compõe o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) - notas das provas de língua portuguesa e matemática dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental. Na busca da classificação das escolas é utilizada a técnica de Redes Neurais Artificiais, com o algoritmo de aprendizado *back-propagation* e topologia com três neurônios para a camada de entrada, camada oculta (com número de neurônios variando de “1” a “20”) e um neurônio na camada de saída. Os resultados se apresentaram bastante promissores.

PALAVRAS-CHAVES: Processo *KDD*; Redes Neurais Artificiais; Qualidade Educacional.

ABSTRACT

This paper presents a methodology for the classification of quality, in a comparative way, using the *KDD* process. As a case study, the methodology is applied to the educational quality of public schools in the city of Araucaria/Pr, we consider assessment instrument Proof Brazil that make up the Index of Development of Basic Education (IDEB) - scores of test portuguese language and mathematics of the initial and final year of elementary school. Looking for the feeders' classification it is used the Artificial Neural Networks, with the back-propagation learning algorithm and topology with three neurons in the input layer, hidden layer (with number of neurons varying from “1” to “20”) and one neuron in the output layer. The results were much promised.

KEY WORDS: *KDD* Process; Artificial Neural Networks; Educational Quality.

Área principal (EDU - PO na Educação)

1. Introdução

Atualmente, a qualidade na prestação de serviços tem se tornado essencial para empresas/instituições dos mais diversos setores que são constantemente avaliados seja por clientes ou órgãos governamentais responsáveis. Entre essas, tem-se a escola pública que é avaliada por instrumentos desenvolvidos pelo Ministério da Educação (MEC) por meio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

A Qualidade Educacional (QEd) está diretamente relacionada ao conhecimento que se espera que os alunos detenham em seu período escolar, pois ela e outros direitos estão previstos na Constituição Federal de 1988, Artigo 206 (BRASIL, 1998): liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar o pensamento, a arte e o saber; gratuidade do ensino público em estabelecimentos oficiais; gestão democrática do ensino público, na forma da lei; e garantia de padrão de qualidade.

Com a finalidade de apoiar esta área na busca de indicar a qualidade de escolas, este artigo apresenta estudo de caso onde é aplicada uma metodologia para criação de Etiqueta de Qualidade (EQ), de forma comparativa, utilizando o *Knowledge Discovery in Databases* (KDD ou Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados), pesquisa fruto de uma tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Federal do Paraná.

Tal etiqueta denomina-se de “forma comparativa” porque indica em um grupo/região a qualidade os elementos (neste caso, escolas) em uma escala de seis faixas (A, B, C, D, E e F), onde os elementos com classificação “A” são os melhores e os com classificação “F” são os piores, utilizando como técnica de classificação as Redes Neurais Artificiais (RNA).

Assim, este trabalho se destaca pelo fato de apresentar uma metodologia para criação de etiqueta de qualidade, de forma comparativa, explorando bancos de dados, o que parece não haver na literatura.

Este artigo está organizado em cinco seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção é apresentada a revisão de literatura. A metodologia para criação da etiqueta de qualidade é apresentada na terceira seção. A quarta seção apresenta o estudo de caso, sua aplicação e seus resultados. Por fim, a quinta seção realiza as conclusões e indica sugestões de continuidade e aplicação da metodologia.

2. Revisão de Literatura

Segundo Paladini (1995) na pré-história o homem já buscava qualidade embora não fosse claro seu significado e desde então ela é percebida nas diversas áreas do conhecimento.

Sua definição pode ter muitos significados e depende de onde seu uso é empregado, pois para cada conceito existem vários níveis de abstração, sendo assim, não tem um único sentido. No entanto, partindo da etimologia da palavra “qualidade”, sua origem vem do latim *qualitas* e significa “de que natureza”. Já seu significado na língua portuguesa é “algo que o distingue de outras coisas similares”.

“1. Propriedade, atributo ou condição das coisas ou das pessoas que as distingue das outras e lhes determina a natureza. 2. Superioridade, excelência de alguém ou algo. 3. Dote, virtude. 4. Condição social, civil, jurídica, etc.; casta, laia.” (FERREIRA, 2001, p. 571)

Por possuir vários sentidos e significados, cinco abordagens são propostas por Garvin (1992), e estas englobam todos os sentidos de qualidade: transcendental; baseada em produto; baseada na produção; baseada no usuário; e baseada no valor.

Na abordagem transcendental a qualidade é considerada como inata, ou seja, não se pode medir ou definir com precisão, é algo que existe ou não existe e é reconhecida pela experiência. Um exemplo deste tipo de qualidade é a atribuída a relógios da marca Rolex, onde apenas em ouvir o nome desta marca todos sabem que são produtos de alta qualidade.

Na abordagem baseada em produto a qualidade é mensurada pela quantidade de característica que este possui, ou seja, quanto mais atributos, maior será sua qualidade. Um exemplo aparece na escolha do carro novo, pois ao comparar dois carros com mesmas

características, diferenciando apenas pelo fato de um ter ar condicionado e outro não, o que possui tal item terá maior qualidade.

Na abordagem baseada na produção a qualidade é atribuída às características do produto que estão em conformidade com as especificações, ou seja, livre de erros. Exemplo: Na produção de camisetas bordadas com logo de empresa, todas as logos estão na posição correta? Quanto mais camisetas com a logo na posição correta, maior será a qualidade da produção.

Na abordagem baseada no usuário a qualidade é indicada verificando se o produto ou serviço fornecido está adequado ao que se propõe. Nesta abordagem ela é subjetiva, pois a avaliação dos usuários em relação às especificações são os padrões próprios à qualidade. Exemplo: O ensino nas escolas está atendendo as necessidades dos alunos e da sociedade?

Por fim, na abordagem baseada no valor a qualidade é entendida como a relação entre o preço e seu uso/custo, ou seja, o preço que o usuário/consumidor está disposto a pagar pelos serviços/produto. Um exemplo pode ser vivenciado na programação de uma viagem: considerando uma mesma localização, o usuário pode se hospedar em hotel com mais ou menos estrelas em sua classificação.

Assim, como já descrito anteriormente, as definições de Garvin (1992) mostram que não existe uma única “verdade” sobre *Qualidade*, até pelo fato que uma ou mais abordagens deste autor podem existir no mesmo cenário. No entanto, percebe-se que este autor consegue abranger todas as definições.

Em relação à qualidade em serviços, esta ocorre apenas com o contato do usuário e do fornecedor do serviço (escola x aluno), e é aceitável quando ambas as expectativas são satisfeitas. No entanto, na metodologia proposta neste artigo não se avalia a opinião dos usuários e dos fornecedores, mas são explorados bancos de dados que contém informações, muitas vezes sem uso.

Na literatura há muitos dos trabalhos relacionados à *Qualidade*, estes estão presentes nas mais diversas áreas e alguns são expostos a seguir.

Em sua grande maioria as pesquisas estão relacionadas à qualidade do solo onde analisam indicadores de qualidade física, química e microbiológicas, quase sempre em relação ao manejo de diversos cultivos como, por exemplo, laranjeiras (Fidalski, Tormena e Scapim, 2007), bananeiras (Fialho et al., 2006) e eucalipto (Chaer e Tótola, 2007), utilizando de técnicas estatísticas, mais especificamente da análise multivariada.

A qualidade também é objeto de estudo na área de saúde como no trabalho desenvolvido Bittar (2001), enfatizado no planejamento, organização, coordenação e controle das atividades desenvolvidas, e em Kurcgant, Tronchin e Melleiro (2006), onde apresentam indicadores de qualidade para a avaliação de serviços de enfermagem, construídos mediante “uma expressão matemática, onde o numerador representa o total de eventos predefinidos e o denominador a população de risco selecionada, observando-se a confiabilidade, a validade, a objetividade, a sensibilidade, a especificidade e o valor preditivo dos dados”.

Na área de ciências da informação a qualidade pode ser evidenciada pelos trabalhos de Naumann e Rolker (2000) e Vergueiro e Carvalho (2001). O primeiro explora a qualidade da informação na internet propondo três critérios de avaliação, já Vergueiro e Carvalho (2001) discorrem da qualidade de bibliotecas públicas brasileiras, para isto elaboram uma lista com 16 indicadores e com estes discutem os diferentes pontos de vista sobre qualidade no serviço de informação dos usuários e administradores.

Na área de educação poucos trabalhos apresentam métodos que expressam a qualidade, pois a maioria discursam sobre o posicionamento da sociedade para se ter qualidade na educação (Oliveira e Araujo, 2005), ou sobre procedimentos para definir indicadores nesta área (Ribeiro, Ribeiro e Gusmão, 2005), ou ainda, sobre análise da qualidade de sites educacionais (Carvalho, 2006; Graells, 1999). No entanto, dois trabalhos merecem destaque, pois abordam o problema da qualidade utilizando o método estatístico ServQUAL (Mahapatra, 2007; Figueiredo et al., 2006)

O ServQUAL é um método quem indica a qualidade através de vários itens em serviços, onde através das informações quantitativa, procura expressar a análise qualitativa. Para isto,

utiliza duas declarações afirmativas, sendo uma referente à expectativa e a outra a percepção da qualidade do serviço. Os entrevistados avaliam cada um dos itens do instrumento com opções do tipo “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, onde estas compõem uma escala de 5 ou 7 pontos. Na sequência são utilizados de elementos da estatística, como médias e desvio padrão, para analisar as respostas e verificar se os serviços satisfazem as expectativas e percepções do cliente.

Em seu trabalho, Mahapatra (2007) desenvolve instrumento de medição da qualidade na área educacional (instituições de ensino técnico) baseado no ServQUAL. Para isto, utiliza quatro topologias de RNA, tendo como algoritmo de aprendizagem o *backpropagation*, com a finalidade de prever a qualidade na educação para as diferentes partes interessadas (alunos, ex-alunos, pais, recrutadores, faculdades, pessoal de apoio, governo, sociedade e administradores). Na sequência o instrumento é validado pela análise fatorial, seguido pelo método varimax. No entanto, assim como nos demais trabalhos já descritos, o autor não apresenta a qualidade em uma escala de classificação e tampouco explora banco de dados para a obtenção.

Entre todos os trabalhos encontrados na pesquisa realizada na literatura foi possível identificar dois artigos que tratam da classificação da QEE e propõe a criação de uma etiqueta. Um destes trabalhos é de autoria de Casteren *et al.* (2005) e o outro é de Cobben e Casteren (2006), ambos da área de energia elétrica. E foi da leitura destes, mais especificamente no trabalho de Casteren *et al.* (2005), que surgiu a inspiração para a proposta da criação de etiqueta de qualidade, uma vez que estes trabalhos não exploram bancos de dados e não apresentam técnicas e resultados conclusivos.

3. Metodologia para criação de Etiqueta de Qualidade, de forma comparativa, no contexto KDD

Como já comentado, este trabalho utiliza o processo *KDD* para compor a metodologia para a criação da etiqueta educacional com relação ao desempenho escolar. Este processo possui cinco fases, e para situar o leitor estas aparecem com caracteres em negrito no decorrer do texto desta seção.

A primeira etapa da metodologia consiste na **seleção dos dados**. Para isto, é necessário entender o problema, definir objetivos e só então selecionar a base de dados, sendo importante o trabalho junto a um profissional da área em que o problema está inserido.

Obtida a base de dados, a próxima etapa da metodologia consiste em realizar a **limpeza ou pré-processamento dos dados**, ou seja, os atributos do banco de dados devem ser analisados verificando se há possibilidade de descartar algum deles que contenha informações idênticas, verificar se há a necessidade de acrescentar novos atributos utilizando outros já existentes ou se há dados incompletos e que possam ser descartados. Este passo é fundamental, pois são estas as informações a serem consideradas na metodologia de criação de EQ, de forma comparativa.

Realizado esta etapa deve-se quantificar os elementos que serão utilizados para verificar a qualidade. Exemplo: se o objetivo é verificar a qualidade de escolas de certa região, pode-se ser considerada a média de notas dos alunos destas escolas, por disciplina.

Nesta metodologia é sugerido que esta quantificação seja traduzida em quadros como o quadro 01 a seguir, onde a quantificação de notas obtidas em avaliações em uma escola e são geradas quatro classes de classificação (C_1 , C_2 , C_3 e C_4).

Quadro 01 – Classificação considerando notas em avaliações

Nível de Ensino	Área do conhecimento	
	X	Y
Z	C_1	C_2
W	C_3	C_4

Construído um quadro para cada elemento que se quer saber a qualidade, a próxima etapa da metodologia consiste em normalizar os dados (uma forma de **transformação dos dados**) com a finalidade de obter melhor desempenho das técnicas de *DM*. Com estes dados normalizados são

definidas as faixas de classificação da etiqueta (figura 01) e é possível criar os limites superior e inferior para de cada faixa de classificação da etiqueta.

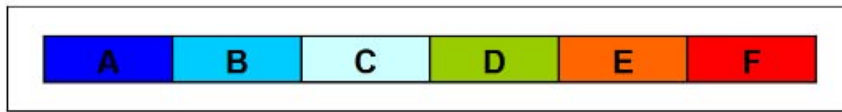


Figura 1 – Representação da etiqueta de classificação da qualidade

Supondo um problema que possua n classes C_i de classificação, $i = 1, \dots, n$, é preciso determinar o intervalo de cada C_i para cada faixa da etiqueta (figura 02). No entanto, é evidente que o limite superior de uma faixa de classificação da etiqueta é o limite inferior da faixa subsequente.

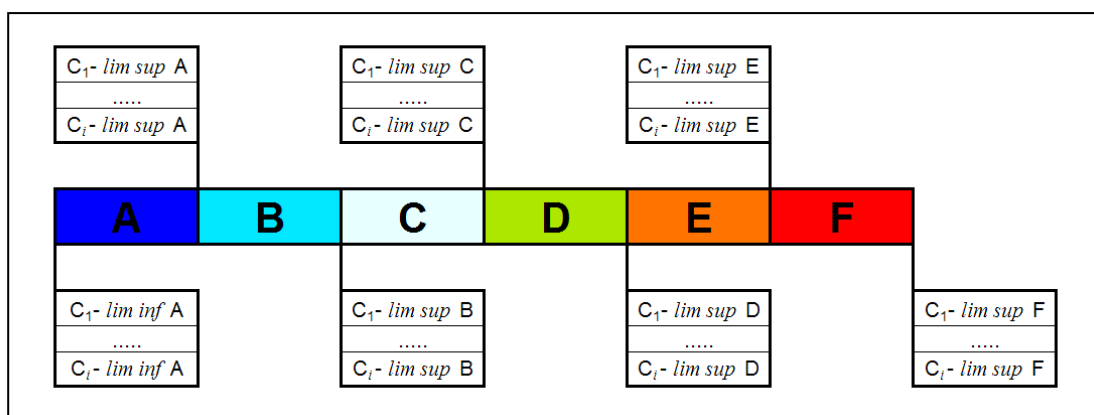


Figura 02 – Representação da etiqueta de classificação da qualidade com definições de limites

Nesta metodologia é considerado que o limite superior da faixa de classificação “C” é a média dos valores de cada classe C_i , o limite inferior da faixa de classificação “A”, dados já normalizados, é $C_i=0$, para todo i , e o limite superior da faixa de classificação “F” é $C_i = 1$, para todo i .

As demais faixas de classificação podem ser obtidas determinando que os intervalos $[lim\ inf\ A, lim\ sup\ A]$, $[lim\ sup\ A, lim\ sup\ B]$ e $[lim\ sup\ B, lim\ sup\ C]$ tenham o mesmo comprimento, o mesmo ocorrendo na determinação de $lim\ sup\ D$ e $lim\ sup\ E$, onde os intervalos $[lim\ sup\ C, lim\ sup\ D]$, $[lim\ sup\ D, lim\ sup\ E]$ e $[lim\ sup\ E, lim\ sup\ F]$ devem possuir o mesmo comprimento.

Posto isto, basta verificar em qual faixa de classificação da etiqueta os elementos, representados pelos quadros (conforme o modelo elaborado: quadro 01), se enquadram. Mas esta tarefa não é tão simples, uma vez que há vários C_i e ocorre, quase sempre, que nem todos os C_i estejam em intervalos de mesma faixa. Por exemplo, se todos os C_i , com $i=1, \dots, n$ e $i \neq k$, com $k \leq n$, pertencem ao intervalo $[lim\ sup\ A, lim\ sup\ B]$ e C_k pertence ao intervalo $[lim\ sup\ E, lim\ sup\ F]$, qual a classificação deste elemento?

Desta forma, com a finalidade de obter a classificação destes elementos que não se enquadram em nenhuma faixa da etiqueta diretamente, é aplicadas a técnica de **Data Mining**, neste caso RNA, e após sua aplicação é realizada a **análise do resultado**.

4. Criação da Etiqueta de Qualidade Educacional com relação ao desempenho escolar

Conforme já descrito a qualidade nos serviços prestados pelas diversas empresas é um fator crucial na atualidade. Com isso, a Escola não fica desatenta a este fator, muito menos o Governo, em suas esferas federal, estadual e municipal.

Na atualidade há grande número de indicadores educacionais tanto nacionais como internacionais, sendo que no Brasil o índice que possui maior divulgação pelo governo federal, e também pela mídia, é o Índice de Desenvolvimento e Educação (IDEB).

Este índice, criado em 2007, é calculado levando em consideração os resultados do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), taxas de aprovação/reprovação e evasão escolar, tanto em escolas pública quanto escolas particulares. Com isso espera-se que uma escola com alto índice no IDEB transpareça que seus alunos aprendem os conteúdos, não possuem reprovações e ainda frequentam a sala de aula.

O IDEB possui um índice para cada segmento da Educação Básica, ou seja, há um indicador para os anos iniciais do Ensino Fundamental, outro para os anos finais do Ensino Fundamental e outro para o Ensino Médio. Isto fragmenta a análise da escola e por consequência não verifica a qualidade total da instituição quando esta oferta mais que um destes segmentos.

A cada dois anos, um novo índice é divulgado e todos podem ter acesso ao índice no *site* do Ministério da Educação. Neste sistema de avaliação um dos instrumentos é a Prova Brasil, aplicada somente a alunos do 5º ano (anos iniciais) e 9º ano (anos finais) do Ensino Fundamental das escolas pública que possuem no mínimo 20 alunos matriculados nestes anos. E como o IDEB leva em consideração os atributos já descritos, ocorre com frequência que escolas que possuem melhores notas na Prova Brasil têm índices inferiores do IDEB, em relação a outras escolas.

Neste trabalho não se pretende questionar os fatores que levaram a criação do IDEB com estas considerações, mas sim a aplicação da metodologia para criação de etiqueta de qualidade, neste estudo de caso na área educacional, de escolas que ofertem o Ensino Fundamental (1º ao 9º ano) de uma mesma região, de forma comparativa, utilizando apenas as notas da Prova Brasil nas duas áreas do conhecimento que esta avalia: Língua Portuguesa (notas com escala de 0 a 350) e Matemática (notas com escala de 0 a 425).

Para este estudo de caso foi selecionado o município de Araucária, região metropolitana de Curitiba/PR, que em 2009, ano de aplicação da Prova Brasil, possuía 17 escolas municipais de Ensino Fundamental (anos iniciais e anos finais – 1º ao 9º ano), e após a coleta dos dados no *site* de INEP, foram selecionados os dados apenas da Prova Brasil. (Tabela 01)

Tabela 01 – Notas da Prova Brasil

Escola	Anos Iniciais		Anos Finais	
	L. Portuguesa	Matemática	L. Portuguesa	Matemática
E1	199,05	219,16	250,40	258,33
E2	176,19	204,38	246,03	243,44
E3	195,01	206,72	238,16	243,29
E4	192,45	215,27	247,60	249,31
E5	190,40	218,36	251,58	258,46
E6	194,40	214,96	239,08	244,28
E7	197,18	218,81	227,29	235,91
E8	183,41	202,93	219,90	229,18
E9	185,14	212,60	255,67	257,05
E10	194,20	214,98	237,33	252,94
E11	183,44	206,16	238,11	240,13
E12	174,40	199,76	240,94	242,30
E13	180,53	205,80	247,05	250,21
E14	183,24	229,39	252,05	267,19
E15	174,47	189,87	262,62	259,40
E16	201,41	238,69	260,56	262,36
E17	198,51	217,58	279,54	284,39

Fonte: INEP, 2011

Analisando a tabela 01 acima, não é possível verificar a escola que mais se destaca, uma vez que, por exemplo, a escola E17 possui as melhores notas nos anos finais, mas não é a melhor escola nos anos iniciais, pois a que possui as melhores notas nestes anos é a escola E16.

Da mesma forma, não é possível indicar a pior escola, pois as notas mais baixas nos anos iniciais são das escolas E15 e E12, mas nos anos finais as notas mais baixas são da escola E8.

Para a criação da etiqueta de qualidade educacional com relação ao desempenho escolar, de forma comparativa, os dados foram organizados em quadros individuais com quatro classes de classificação: C_1 – notas de língua portuguesa nos anos iniciais; C_2 – notas de matemática nos anos iniciais; C_3 – notas de língua portuguesa nos anos finais; e C_4 – notas de matemática nos anos finais. Com os valores $174,40 \leq C_1 \leq 201,41$; $189,87 \leq C_2 \leq 238,69$; $219,90 \leq C_3 \leq 279,54$; e $229,18 \leq C_4 \leq 284,39$.

Como exemplo, o quadro 02 a seguir apresenta os dados da escola E1, onde $C_1 = 199,05$, $C_2 = 219,16$, $C_3 = 250,40$ e $C_4 = 258,33$.

Quadro 02 – Notas da Prova Brasil da escola E1

Nível de Ensino	Área do conhecimento	
	L. Portuguesa	Matemática
Anos Iniciais	199,05	219,16
Anos Finais	250,40	258,33

Com base na tabela 01 foram elaborados quadros como o quadro 02 para cada escola. Já o quadro 03 abaixo apresenta o valor médio para cada classe de classificação.

Quadro 03 – Média das notas da Prova Brasil da região escolhida

Nível de Ensino	Área do conhecimento	
	L. Portuguesa	Matemática
Anos Iniciais	188,44	212,67
Anos Finais	246,70	251,66

Definido os valores médios obtidos em cada avaliação foi estabelecido o valor das seis faixas da etiqueta, sendo a “Faixa A” a de melhor qualidade e a “Faixa F” a pior, onde os valores das etiquetas variam conforme os limites de cada C_i , $i=1...4$, apresentados na figura 03.

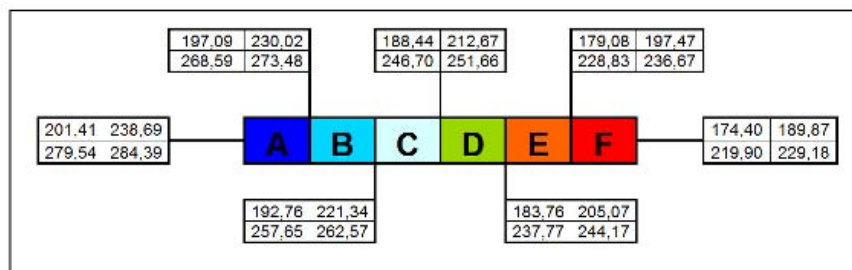


Figura 03 – Etiqueta de classificação da qualidade educacional com relação ao desempenho escolar, de forma comparativa

O limite superior de cada faixa de classificação foi definido da seguinte forma: o $\lim sup A$ e o $\lim sup B$ foram determinados tal que, para cada C_i , tem-se $(\lim inf A - \lim sup A) = (\lim sup A - \lim sup B) = (\lim sup B - \lim sup C)$. O mesmo ocorre com as faixas D, E e F: $(\lim sup C - \lim sup D) = (\lim sup D - \lim sup E) = (\lim sup E - \lim sup F)$.

Assim, criada a etiqueta acima fica evidente que deve ser verificada em qual faixa cada escola (tabela 01) se enquadra. No entanto, das 17 escolas analisadas, apenas uma delas se enquadra diretamente em alguma faixa da etiqueta de qualidade educacional com relação ao desempenho escolar. Esta escola é a E5 classificada como “Faixa C”, pois, como mostra a figura 04, possui $188,44 \leq C_1=190,40 \leq 192,76$; $212,67 \leq C_2=218,36 \leq 221,34$; $246,70 \leq C_3=251,58 \leq 257,65$; e $251,66 \leq C_4=258,46 \leq 262,57$.

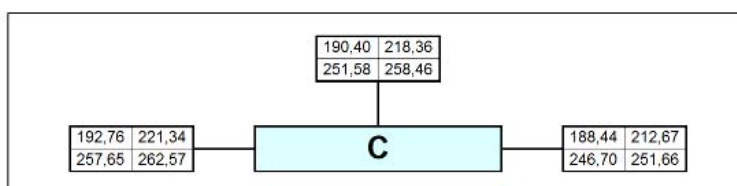


Figura 04 – Escola E5 classificada diretamente na etiqueta de qualidade educacional com relação ao desempenho escolar

As demais escolas não podem ser classificadas diretamente, uma vez que, por exemplo, para a escola E4, os valores C_1 , C_2 e C_3 pertencem à “Faixa C” da etiqueta, mas C_4 pertence a “Faixa B”. Desta forma, faz-se necessária a aplicação de técnicas de *DM*, e para isto foi realizada uma transformação dos dados (mudança de escala dos dados) – apresentada na tabela 02.

Tabela 02 – Notas da Prova Brasil após transformação dos dados

Escola	Anos Iniciais		Anos Finais	
	L. Portuguesa	Matemática	L. Portuguesa	Matemática
E1	0,09	0,40	0,49	0,47
E2	0,93	0,70	0,56	0,74
E3	0,24	0,65	0,69	0,74
E4	0,09	0,40	0,49	0,47
E5	0,93	0,70	0,56	0,74
E6	0,24	0,65	0,69	0,74
E7	0,09	0,40	0,49	0,47
E8	0,93	0,70	0,56	0,74
E9	0,24	0,65	0,69	0,74
E10	0,09	0,40	0,49	0,47
E11	0,93	0,70	0,56	0,74
E12	0,24	0,65	0,69	0,74
E13	0,09	0,40	0,49	0,47
E14	0,93	0,70	0,56	0,74
E15	0,24	0,65	0,69	0,74
E16	0,09	0,40	0,49	0,47
E17	0,93	0,70	0,56	0,74

Normalizados os dados, estes estão prontos para que seja aplicada a técnica de *DM*: Redes Neurais Artificiais.

Para cada faixa de classificação, foram gerados 45 exemplos aleatoriamente para compor o conjunto de dados. Assim, como são seis faixas de classificação (de A a F) tem-se 270 registros, dos quais 180 são utilizados para o treinamento (ou seja, 2/3) e 90 para testes (ou seja, 1/3).

Nesta aplicação das RNA, foi utilizado o algoritmo de aprendizado *backpropagation* (ou retro-propagação do erro) implementado em Visual Basic 6.0. Sua topologia é composta de quatro neurônios na camada de entrada (atributos C_1 , C_2 , C_3 e C_4 – notas nas provas), camada oculta e um neurônio na camada de saída. Diversos testes foram realizados todos variando apenas a quantidade neurônios na camada escondida entre “1” e “20”. Já os pesos iniciais, estes foram determinados aleatoriamente, no intervalo [-1, 1].

A função de ativação utilizada foi a sigmoideal-logística, sendo que para cada uma das simulações de aplicação (aqui denominadas de 1º *Holdout*, 2º *Holdout* e 3º *Holdout*) a rede foi treinada cinco vezes variando o conjunto de pesos inicial. Assim, tem-se um total de 1505 testes (3 etapas x 5 simulações x 20 quantidades de neurônios x 5 faixas de classificação + 5 testes considerando todos os dados, um para cada faixa de classificação). O critério de parada do treinamento é atingido quando uma das três condições a seguir é satisfeita: 1000 iterações; erro

médio quadrático menor ou igual a 10^{-4} ; ou número de registros classificados incorretamente, igual a zero.

Em todas as etapas de aplicação as RNA aprenderam todos os exemplos corretamente. Quanto ao conjunto de teste, o 1º e 2º *holdout* aprenderam todos os exemplos, mas no 3º *holdout* houve quatro exemplos classificados incorretamente gerando assim, aproximadamente, 96,67% de acerto. De maneira geral, as etapas de aplicação mostraram o grande potencial da técnica na generalização, uma vez que a média entre as três etapas é, aproximadamente, 98,89% de acertos.

Na sequência da aplicação foram apresentados às RNA os dados referentes a cada escola e esta classificação, em cada etapa de aplicação, é apresentada no quadro 04.

Também foi realizada a simulação utilizando todos os exemplos, ou seja, não houve a separação destes em subconjuntos. Nesta simulação todos os exemplos foram aprendidos corretamente. Quando os dados das escolas foram apresentados a RNA obteve-se as classificações expostas no quadro 04, a seguir.

Quadro 04 – Resultado da classificação das escolas com a aplicação das RNA

Escola	1º Holdout	2º Holdout	3º Holdout	Classificação Média dos Holdout's	Todos os exemplos no treinamento
E1	C	C	B	C	C
E2	E	E	E	E	E
E3	D	D	D	D	D
E4	C	C	C	C	C
E5	C	C	C	C	C
E6	C	C	D	C	C
E7	D	D	D	D	C
E8	E	E	E	E	E
E9	C	C	C	C	C
E10	C	C	C	C	C
E11	E	E	D	E	E
E12	F	F	E	F	F
E13	D	D	D	D	D
E14	E	C	C	C	C
E15	F	D	E	F	D
E16	B	B	B	B	B
E17	A	A	A	A	A

Ao analisar o quadro 04 verifica-se que as classificações das duas últimas colunas são iguais, exceto para escola E7 e E15. Cabe ressaltar também a escola E5, a única que já se sabia sua classificação, tem sua classificação correta em todas as colunas deste quadro. Assim, a figura 05 apresenta a classificação de cada escola na etiqueta de qualidade educacional com relação ao desempenho escolar, conforme a última coluna do quadro 04.

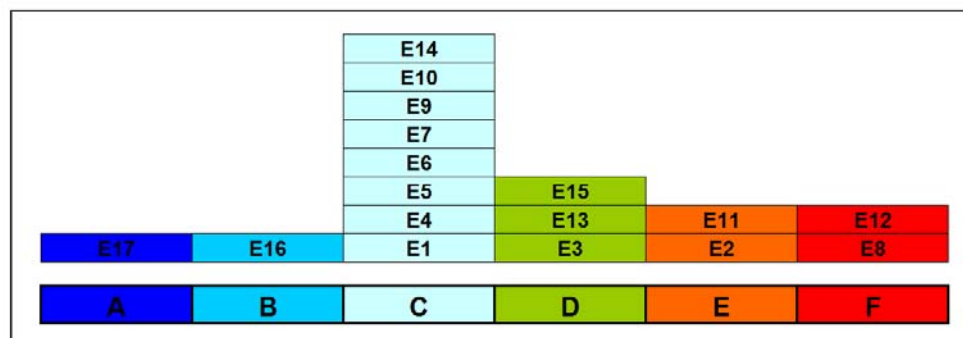


Figura 05 – Classificação das escolas analisadas

A figura 05 mostra que das 17 escolas apenas uma teve classificação “A”, uma com classificação B, a maioria (oito) com classificação C, três com classificação “D”, duas com classificação “E” e duas com classificação “F”.

5. Conclusões

A criação da etiqueta de qualidade da forma como proposta neste artigo revela conhecimentos não verificados quando se analisa apenas o índice IDEB. Um exemplo é o fato da escola E12 possui maior IDEB que a escola E2, mas considerando apenas as Notas da Prova Brasil, a classificação é oposta: a escola E2 possui classificação “E” e a escola E12 tem qualidade “F”. O mesmo ocorre com as escolas E17 e E14. Assim, esta nova forma de abordar a qualidade educacional, mostra, por meio da Prova Brasil, como está o aprendizado do aluno no Ensino Fundamental (1º ao 9º ano) na escola, em comparação com as demais.

Esta etiqueta pode ser criada, também a partir de notas obtidas em outras avaliações, ou mesmo uma mantenedora pode criar seu instrumento de avaliação e gerar a etiqueta de qualidade. Assim, os pais podem verificar as melhores escolas, e as mantenedoras podem aplicar medidas para melhorar as com classificações mais baixas.

Apesar do problema aqui apresentado estar relacionado à área educacional, já temos aplicado tal metodologia na área elétrica e estamos visualizando sua aplicação em outras áreas, como por exemplo, saúde. Comprovando a versatilidade de tal metodologia.

Quanto à técnica apresenta - RNA - esta se mostrou eficiente na busca de classificar as escolas que não tiveram classificação direta na etiqueta de qualidade e ainda classificou corretamente a que já se sabia a classificação da qualidade.

Outras técnicas como, *Support Vector Machine*, Algoritmos Genéticos e heurísticas que consideram distância euclidiana e de mahalanobis, estão em testes para este caso, bem como, nas outras áreas citadas anteriormente, uma vez que este artigo apresentou apenas uma das técnicas e um dos estudos de caso que compõe esta pesquisa, fruto de tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Federal do Paraná.

Por fim, devido a versatilidade da metodologia esta tem muito ainda que ser explorada com diferentes técnicas e áreas.

Referências

Bittar, O. J. N. V. (2001) Indicadores de qualidade e quantidade em saúde. *Revista Administração em Saúde*, v.. 3, n. 12 – Jul-Set.

Brasil. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília-DF, Senado.

Carvalho, A. A. A. (2006) Indicadores de Qualidade de Sites Educativos. *Cadernos do Sistema de Avaliação, Certificação e Apoio à Utilização de Software para a Educação e a Formação*, n. 2, Ministério da Educação, p. 55-78.

Casteren, J. F. L. Van.; Enslin, L. H. R.; Hulshorst, W. T. J.; Kilng, W.L.; Hamoen, M. D.; Cobben, J. F. G. (2005) A customer oriented approach to the classification of voltage dips. *In: The 18th International Conference and exhibition on Electricity Distribution – CIRED*.

Chaer, G. M.; Tótola, M. R. (2007) Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 31, p. 1381-1396.

Cobben, J. F. G.; Casteren, J. F. L. (2006) Classification Methodologies for Power Quality. *Electrical Power Quality & Utilization Magazine*. V. 2.

Fayyad, U.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smyth, P. (1996) From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. *The American Association for Artificial Intelligence Magazine*, pp. 37-54.

- Fayyad, U.; Piatetsky-Shapiro, G.; Smyth, P.; Uthurusamy, R.** (1996) Advances in Knowledge Discovery & Data Mining. *American Association for Artificial Intelligence*, 1 ed. Menlo Park, Califórnia.
- Ferreira, A. B. H.** (1986) Novo Dicionário da Língua Portuguesa. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- Fialho, J. S.; Gomes, V. F. F.; Oliveira, T. S.; Silva Junior, J. M. T.** (2006) Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. *Revista Ciência Agronômica*, v.37, n.3, p.250-257.
- Fidalski, J.; Tormena, C. A.; Scapim, C. A.** (2007) Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um latossolo vermelho cultivado com citros. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 31, p. 9.-19.
- Figueiredo Neto, L. F.; Sauer, L.; Borges, G. R. C.; Belizario, J. B.** (2006) Método servqual: um estudo de satisfação em uma escola de idiomas. In: *XIII Simpósio de Engenharia de Produção*, Bauru-SP.
- Garvin, D. A.** (1992) Gerenciando a qualidade. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Graells, P. M.** (1999) Criterios para la clasificación y evaluación de espacios web de interés educativo. *Revista Educar*, Barcelona – Espanha. v. 25, p.95-11.
- Kurcgant, P.; Tronchin, D. M. R.; Melleiro, M. M.** (2006) A construção de indicadores de qualidade para a avaliação de recursos humanos nos serviços de enfermagem: pressupostos teóricos. *Revista Acta Paulista de Enfermagem*, v. 19, n. 1, p.88-91.
- Mahapatra, S. S.** (2007) A neural network approach for assessing quality in technical education: an empirical study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, v. 2, n. 3, p. 287-306, 2007.
- Naumann, F., Rolker, C.** (2000) Assessment Methods for Information Quality Criteria. *International Conference on Information Quality*, Cambridge, USA.
- Oliveira, R. P.; Araujo, G. C.** (2005) Qualidade do ensino: uma nova dimensão da luta pelo direito à educação. *Revista Brasileira de Educação*, n. 28.
- Paladini, E.P.** (1995) Gestão da Qualidade no Processo: A qualidade na produção de bens e serviços. São Paulo – SP, Ed. Atlas.
- Ribeiro, V. M.; Ribeiro, V. M.; Gusmão, J. B.** (2005) Indicadores de qualidade para a mobilização da escola. *Revista Cadernos de Pesquisa*, v. 35, n. 124, p. 227-251.
- Vergueiro, W.; Carvalho, T.** (2001) Definição de indicadores de qualidade: a visão dos administradores e clientes de bibliotecas universitárias. *Revista Perspectiva em ciência da informação*, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 27-40, jan./jun.