

APLICAÇÃO DE REDES NEURAIIS NO BRASIL: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Murilo Alves Santos - UFU/FAGEN
Mestrando em Gestão Financeira e Controladoria
mualvesan@yahoo.com.br

Daniel Henrique Silva de Souza - UFU/FAGEN
Mestrando em Gestão Financeira e Controladoria
dhenrique.souza@gmail.com

Antonio Sergio Torres Penedo - UFU/ FAGEN
Doutor em Engenharia de Produção
Docente do PPGA da Faculdade de Gestão e Negócios
astpenedo@yahoo.com.br

Elvis Silveira-Martins
Doutor em Administração e Turismo
elvis.professor@gmail.com

Resumo

As Redes Neurais Artificiais (RNA) simulam o cérebro humano ao coletar evidências empíricas e também ao preservar e permitir o uso do conhecimento experimental. Esta habilidade fez com que a aplicação da técnica atingisse um número cada vez maior de campos de estudo. Em meio às vantagens e desvantagens da adoção das RNA, este artigo se propõe a além de apresentar aspectos básicos das RNA e das implicações do seu uso, realizar um levantamento bibliométrico dos últimos dez anos, contemplando o termo “redes neurais” nos artigos científicos publicados na CAPES e SPELL. Os resultados foram classificados de acordo com a área de pesquisa e, especificamente quanto aos estudos de finanças, aprofundou-se em objetivo, amostra e resultados. Após o tratamento dos dados, foram encontradas 126 publicações, com aumento de 50% na quantidade de pesquisas publicadas entre o início e o final da década. Encontrou-se a seguinte ordem de relevância nas áreas de pesquisa: aplicações gerais; engenharia e manufatura; contabilidade e finanças; saúde e medicina e; marketing. Quanto aos estudos de finanças, em sua maioria os resultados foram melhores com o uso de RNA, sendo as maiores aplicações desta técnica em previsão de falências e estratégias para negociação em bolsas de valores.

Palavras-chave: Redes Neurais. Finanças Empresariais. Bibliometria.

1 INTRODUÇÃO

As redes neurais artificiais (RNA) são definidas como processadores maciçamente paralelos que simulam o cérebro humano na intenção de

coletar evidências empíricas e também à medida que preservam e permitem o uso do conhecimento experimental. Em seu funcionamento, existem sinapses (ou ligações inter-neurais) que são usadas para fins de

aprendizagem e armazenamento do conhecimento. (HAYKIN, 1999).

Sobre o uso das RNA como técnica de análise de dados, Wong, Bodnovich e Selvi (1997) destacam o contexto histórico em sua revisão de literatura. Os autores apontam que, após cerca de duas décadas de estagnação, foi a partir da década de 80 que o uso das RNA progrediu consideravelmente, proporcionando aumento da pesquisa e extensão quanto à variedade de aplicações científicas, com destaque até mesmo para o âmbito empresarial. Ressalta-se o crescimento de publicações a partir de 1990. As pesquisas destes autores não localizaram artigos anteriores a 1988.

A habilidade que a técnica tem de tentar modelar as capacidades do cérebro humano faz com que sua aplicação atinja um número cada vez maior de campos de estudo. Paliwal e Kumar (2009) apontam que, desde o final dos anos 90, as RNA vêm sendo utilizadas como alternativa aos modelos estatísticos tradicionais. Especificamente nas pesquisas na área de finanças, cita-se o foco dado a problemas de previsão de falências, avaliação de crédito, previsão de insolvência, detecção de fraude e avaliação da propriedade.

Outro uso recorrente das RNA em pesquisas científicas é um esforço comparativo delas com outras técnicas estatísticas, principalmente em nível de eficiência e acurácia nos resultados. Exemplos recentes desta proposta são as pesquisas de Pendharkar (2005); Landajo, Andres e Lorca (2007); Lee e Jung (2000) e; Limsombunchai, Gan e Lee (2005), nos quais tem-se: um desempenho melhor das RNA ante às demais técnicas no primeiro estudo; um desempenho inferior das RNA ante a outras técnicas (segundo trabalho), e um resultado diversos nas duas últimas pesquisas, variando por tipo de clientes, ou por erros estatísticos.

Nessa linha, Huang *et al.* (2004), apontam que a principal diferença entre os métodos estatísticos tradicionais e as RNA é que aqueles geralmente exigem estruturas de modelos diferentes por parte dos pesquisadores, como por exemplo a linearidade quando em casos de regressões múltiplas. Por outro lado, as redes

neurais permitem a aprendizagem da estrutura particular do modelo a partir dos próprios dados. Cabe destacar, porém que as estruturas dos modelos utilizados em métodos estatísticos tradicionais são relativamente mais simples e fáceis de interpretar, ao passo que nos modelos por redes neurais, geralmente a explicação é mais complexa.

Diante do contexto da notória evolução no uso das RNA nas produções científicas em diversos campos do conhecimento, ao qual se somam as vantagens que o uso desta técnica tem conferido às pesquisas, principalmente quanto aos resultados, tem-se o cenário no qual a presente pesquisa se desenvolve. Seu objetivo é realizar um estudo bibliométrico do tema redes neurais artificiais, a fim de se levantar qual o volume de publicações houve nos últimos dez anos; quais as áreas de classificação das pesquisas de acordo com a pesquisa de Paliwal e Kumar (2009) e; quanto aos estudos de finanças que se valeram das RNA enquanto método de procedimento propõe-se ainda um aprofundamento a respeito de suas características: objetivo, amostra, técnicas, resultados, etc. A escolha por esta área de pesquisa para análise aprofundada se dá em virtude de, nos artigos de finanças haver, com maior frequência, modelos estatísticos desenvolvidos através do uso de outras técnicas, as quais podem ser comparáveis às RNA.

Em sua estrutura, além desta seção introdutória, o artigo trata dos referenciais teóricos de bibliometria – seção dois – e de redes neurais – seção três; da metodologia da pesquisa na quarta seção; e dos resultados na quinta. A sexta seção traz as considerações finais da pesquisa.

2 BIBLIOMETRIA

De acordo com Silva, Filho e Pinto (2009), a bibliometria é empregada como ferramenta para medir a produção científica. A definição apresentada por estes autores parte do conceito clássico de Pritchard que, em 1969, a descrevia como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos a livros, artigos e outras mídias de

comunicação. Estes autores reforçam ainda que, quando se aplica bibliometria com grau metodológico elevado, a mesma se torna uma ferramenta importante na análise da produção científica e na quantificação da evolução do conhecimento.

Para o desenvolvimento correto da bibliometria, os autores clássicos desenvolveram três leis principais denominadas por Chen, Chong e Tong (1994) como Lotka, Zipf e Bradford. A definição de Vanti (2002) é a seguinte:

– Lotka: também chamada de Lei do Quadrado Inverso, consiste em medir a produtividade dos autores;

– Zipf: ou Lei do Mínimo Esforço. Mede a frequência de ocorrência das palavras nos textos, ordenando-as posteriormente em uma lista, conforme a disciplina ou assunto a que se referem e;

– Bradford: também conhecida por Lei da Dispersão, permite a medição da produtividade dos periódicos, determinando as áreas de dispersão sobre um assunto em um mesmo conjunto de periódicos.

Ante ao objetivo proposto para este trabalho, o mesmo será desenvolvido avaliando-se a produtividade dos periódicos nos quais os artigos foram publicados – Bradford.

3 REDES NEURAIS

3.1 Conceitos

As RNAs procuram representar o modo como o cérebro humano processa dados sensoriais de entrada (Mc NELIS, 2005). De acordo com Haykin (2001), uma rede neural é um processador distribuído de forma maciçamente paralela, composta por unidades de processamento simples, com a propensão natural a armazenar conhecimento experimental e, além disso, torná-lo disponível ao uso. Referidas na literatura como neurocomputadores, redes conexionistas, processadores paralelamente distribuídos, entre outros termos, elas se assemelham ao cérebro humano na medida em que, através do processo de aprendizagem,

adquirem conhecimento a partir do ambiente e, por possuir pesos sinápticos (ou forças de conexão entre os neurônios que a compõem) que lhe permitem armazenar este conhecimento, desenvolvem esta capacidade.

A unidade de processamento de informação fundamental para a operação da rede neural é o neurônio. Quando estes neurônios são organizados em camadas, diz-se da rede uma rede em camadas. Em sua forma mais simples, a rede em camadas dispõe de uma camada de entrada de nós (neurônios) que se projetam sobre uma camada de saída, mas não o inverso.

Além desta formação básica, a rede pode ter camadas ocultas em sua composição. Estas camadas, de acordo com Pao (2008) têm a habilidade de capturar a relação não linear entre as variáveis estudadas. Malik e Nasereddin (2006) citam que a camada oculta está entre a de entrada e de saída, e sua finalidade é identificar atributos especiais dos dados.

O desenvolvimento da rede neural requer a especificação de sua arquitetura, a qual é definida pelo número de neurônios das camadas de entrada e de saída, o número de camadas escondidas, bem como a quantidade de neurônios nela(s) e o valor ótimo dos pesos de interligação que melhor descrevam a relação entre entrada e saída. A rede é iniciada com peso inicial aleatório e, conforme o processo denominado aprendizagem (ou formação) da rede, os mesmos são ajustados repetidamente para minimizar a diferença entre a saída produzida e a saída desejada. Um procedimento comum quando do treinamento da rede, é a divisão dos dados em um conjunto de treinamento; um conjunto de validação cruzada e um conjunto de teste. O conjunto de treinamento é usado para estimar os pesos e como a rede está aprendendo; o seu desempenho é monitorado sobre o conjunto de validação cruzada e, por fim, o conjunto de teste é utilizado para avaliar o desempenho da rede em dados desconhecidos (MALIK; NASEREDDIN, 2006).

Este é o contexto de diferenciação desta técnica ante, por exemplo, aos métodos lineares e polinomiais. Mc Nelis (2005) destaca que as

redes neurais relacionam um conjunto de variáveis de entrada para um conjunto ou mais de variáveis de saída. A diferença entre esta e as demais técnicas é que a rede neural faz uso de uma ou mais camadas escondidas, nas quais as variáveis de entrada são transformadas. Essa camada oculta representa uma maneira muito eficiente para modelar processos estatísticos não-lineares.

3.2 Tipos de Redes Neurais

Dentre os diversos tipos de RNA, existem as Redes Alimentadas Adiante (*Feedforwards*). Haykin (2001) cita que elas se distinguem das demais, pela presença de uma ou mais camadas ocultas. Em sua obra de 2009, o mesmo autor comenta a respeito do funcionamento deste tipo de rede: os neurônios de camadas adjacentes estão ligados de modo que a saída de um neurônio é distribuída nas entradas dos neurônios na camada seguinte e o resultado é que os valores de entrada se movem da camada de entrada para as camadas ocultas e, ao mesmo tempo das camadas ocultas para as de saída. Neste ínterim, um vetor de valores de entrada é apresentado para a camada de entrada e este padrão é então expandido (transformado) através do uso de pesos (sinapses) entre os neurônios. Com base nos valores ponderados resultantes, tem-se a função de transferência. O objetivo da aprendizagem proposta na operação deste tipo de rede consiste na obtenção de uma configuração em que os pesos resultem no menor erro possível.

Hàjek (2011) aponta que o algoritmo padrão de aprendizagem nas redes *feedforwards* é o algoritmo *backpropagation*. As redes *feedforwards*, de acordo com Wong, Bodnovich e Selvi (1997) são especialmente boas para lidar com problemas de ambiguidade, incompletude, exatidão, medição e erros sistemáticos e aleatórios.

Outro tipo de RNA são as Redes Neurais de Função Base Radial (*Radial basis function neural networks*). Haykin (2009) apresenta que essas redes são uma alternativa popular das *feedforwards*. Elas apresentam boa capacidade

de modelagem de dados não-lineares e podem ser treinadas em apenas uma etapa, ao invés de usar um processo iterativo como o das *feedforwards*. Além disso, elas têm a habilidade de aprender a aplicação rapidamente. Em linhas gerais, as Redes Neurais de Função Base Radial são qualquer tipo de Redes Neurais Alimentadas Adiante, que usam este tipo de função – base radial – como uma função de ativação (HÀJEK, 2011).

Ainda na tipologia, existem também as Redes Neurais Probabilísticas, apresentadas por Specht (1990) como redes que aprendem a aproximar a função de densidade de probabilidade dos objetos de treinamento, ou seja, a distribuição dos objetos subjacentes. Elas são formadas por neurônios alocados em três camadas. A camada oculta tem um neurônio para cada caso no conjunto de dados de treinamento. O neurônio armazena os valores das variáveis de entrada para o caso juntamente com o valor alvo. Hájek (2011) expõe que, na camada de decisão, a rede compara os votos ponderados para cada classe alvo e usa a maior votação para predizer a classe alvo.

Há ainda as RNA ditas Correlacionadas em Cascata que combinam duas ideias-chave: a da própria arquitetura em cascata, onde unidades ocultas são adicionadas à rede, uma de cada vez, sem alterações posteriores; e o algoritmo de aprendizagem para cada novo neurônio escondido (FAHLMAN; LABIERE, 1990). Neste tipo de rede, existem três camadas e cada neurônio de saída recebe os valores de todos os neurônios de entrada e da camada intermediária. Cada valor apresentado para um neurônio de saída é multiplicado por um peso, e os valores ponderados resultantes são somados para produzir um valor combinado.

Neste tipo de RNA, a aprendizagem começa sem neurônios ocultos, ou seja, com conexões diretas entre a camada de entrada e a de saída. Com o objetivo de prever a corrente de saída de erro remanescente na rede, para formar a camada oculta, utiliza-se a informação de correlação e, assim, os nós ocultos são adicionados (um de cada vez) e até que nenhuma melhoria adicional possa ser alcançada. Na RNA convencional o

pesquisador determina subjetivamente o número de nós escondidos que afeta diretamente as previsões. Esta metodologia, porém, segue verdadeiramente o conceito de RNA, visto ser essencialmente orientada pelos dados: os nós ocultos são determinados endogenamente, ou seja, os próprios dados determinam a quantidade de neurônios necessários na camada oculta (MALIK; NASEREDDIN, 2006).

Um último tipo de rede a ser destacado é o GMDH – *Group Method of Data handling* (método de manipulação de dados em grupo). Farlow (1984), ao conceituar estas redes, expõe que as mesmas são auto-organizáveis, ou seja, elas começam apenas com neurônios de entrada e, para otimizá-la, as sinapses entre os seus neurônios não são fixas, mas selecionadas durante o treinamento, sob o critério da contribuição individual do erro quadrado médio. Isso se dá durante o processo de formação, quando os neurônios são selecionados a partir de um conjunto de candidatos e adicionados às camadas ocultas. O número de camadas na rede é automaticamente selecionado para produzir o máximo de precisão.

3.3 Aplicação de Redes Neurais

O desenvolvimento e as aplicações das RNA se estendem por uma grande variedade de campos, não limitados a uma área específica. A razão para esta adoção cada vez mais frequente, inclusive como alternativa a modelos tradicionais, é o fato de elas modelarem a capacidade do cérebro humano (PALIWAL; KUMAR, 2009).

Além da aprendizagem, uma característica importante das RNA é a capacidade de generalizar o conhecimento adquirido (HAYKIN, 1999). Por conta disso, elas aparecem com frequência cada vez maior em áreas onde os modelos de regressão e outras técnicas estatísticas têm sido tradicionalmente adotados. Dois exemplos claros disso, citados por Paliwal e Kumar (2009) são as funções de previsão e classificação, em que destaca-se o potencial tanto na assertividade da classificação prévia, quanto na precisão do diagnóstico. Estes

resultados, segundo os autores são oriundos não só da própria capacidade, mas principalmente da flexibilidade das RNA.

Dentre os outros campos nos quais a técnica tem sido adotada, pode-se citar a Medicina: pesquisas na área da epidemiologia em Ottenbacher *et al.* (2004); Subasi e Erçelebi (2005) tratando da acurácia na classificação dos sinais de eletroencefalograma; Ture *et al.* (2005) elaborando previsões do risco de doenças de hipertensão. Também em engenharia há várias aplicações: Heiat (2002) estimando o esforço necessário para desenvolvimento de um sistema de informação; Shuhui *et al.* (2001), prevendo a energia produzida por parques eólicos; Setyawati, Shariman e Creese (2002) estimando os custos nos projetos de construção civil, entre outros. Ainda nessa área, Wong, Bodnovich e Selvi, (1997) enfatizam que o estudo de redes neurais tem foco no desenvolvimento de aplicações para o grupo de máquinas e para controle de processos.

A área de marketing é também um campo de aplicação da técnica. Apesar de aplicação relativamente recente, RNA em marketing estão se tornando popular devido à sua capacidade de captar relação não linear entre as variáveis. Os estudos se voltam para segmentação de mercados (FISH; BARNES; HAIKEN, 1995); previsão de mercado (KUMAR; RAO; SONI, 1995) e as decisões de lançamento de novos produtos (THIEME; SONG; CALANTONE, 2000).

Na área de finanças, as aplicações de redes neurais em sua maioria focaram o desempenho das ações e previsão de falências de empresas (WONG; BODNOVICH; SELVI, 1997). Apresentando trabalhos na área intitulada Contabilidade e Finanças, Paliwal e Kumar (2009) destacam o uso de RNA em previsão de falência; previsão de insolvência; avaliação de crédito; detecção de fraudes; e avaliação de propriedade.

Um dos estudos citados na área de detecção de fraudes é o de Landajo, Andres e Lorca (2007). Estes autores tiveram como resultado que a técnica de redes neurais foi preferida em 45% dos casos para solução do problema de

modelar uma série de relações contábeis. No contexto de previsão de falência, cita-se Lee, Booth e Alam (2005) que concluíram que as redes neurais são a melhor opção quando um vetor de destino está disponível, mesmo quando o tamanho da amostra é pequeno; Pendharkar (2005) que, em sua pesquisa, obteve melhor desempenho das redes neurais quando comparadas à técnica de análise discriminante linear estatística; e Limsombunchai, Gan e Lee (2005) que encontraram que as técnicas de RNA, apesar de não serem necessariamente melhores do que os modelos de regressão logística em termos de precisão, conseguem melhor detectar os erros de classificação e, além disso, proporcionam custos mais baixos quando usados nos *scores* de crédito.

3.4 Vantagens do uso de Redes Neurais

As RNA quando aplicadas à metodologia de pesquisa conferem vantagens desde a simplificação das variáveis adotadas até a melhor adequação no tratamento das relações entre as mesmas.

A esse respeito, por exemplo, Pao (2008) aponta que, na RNA, as relações não precisam ser especificadas com antecedência, pois o próprio método estabelece estas relações através do processo de aprendizagem. Além disso, no que diz respeito às populações envolvidas, o autor destaca que não são necessárias suposições sobre sua distribuição. Quanto às vantagens obtidas, principalmente da comparação entre esta técnica e as demais, tem-se que ela é especialmente útil quando as entradas são altamente correlacionadas, ou ausentes ou ainda com sistemas não lineares. O autor destaca ainda que, uma vez que os resultados dos modelos de regressão linear são insatisfatórios, a RNA é empregada a fim de melhor analisar as possibilidades de relação não linear.

Wong, Bodnovich e Selvi (1997), além de reforçar estas vantagens das RNA, destacam ainda a capacidade das RNA de tratar com problemas não estruturados o que ainda pode ser reforçado com a adoção, por exemplo, da lógica *fuzzy* ou de algoritmos genéticos. Dentre as

grandes contribuições da técnica, os autores apontam também a melhora na precisão, consistência, eficácia, eficiência, flexibilidade e qualidade quanto às previsões e a rapidez da técnica quando comparada a outras.

Guresen, Kayakutlu e Daim (2011) descrevem as RNA como uma das melhores técnicas para modelar o mercado de ações, porque ela não contém um padrão e pode ser facilmente adaptada às mudanças do mercado, além da capacidade de aprender com o exemplo e fazer interpolações e extrapolações do que aprenderam. Palit (2005), utilizando redes neurais para dados de séries temporais não lineares, destaca que encontrou resultados definitivamente melhores quando comparados com os produzidos por algoritmos tradicionais.

Chi (2009) comenta que as RNA, especificamente o modelo *backpropagation* tem capacidade superior para aprender e memorizar padrões e é de elevado grau em estabilidade e precisão. A respeito da precisão na previsão, sua vantagem lhe confere espaço para ser implementada com sucesso como uma ferramenta analítica para a investigação em finanças corporativas.

3.5 Desvantagens do uso de Redes Neurais

Quanto às desvantagens de uso da técnica, tem-se que o número de camadas escondidas e o número de neurônios da camada oculta e conseqüentemente a configuração ótima associada às RNA não são simples de ser encontrados, além de, a configuração especificamente, ser um processo que demanda muito tempo. O uso de redes neurais ainda é criticado também pela falta de interpretabilidade dos pesos obtidos durante o processo de construção do modelo. Comparativamente, outros modelos estatísticos destacam-se por permitir a interpretação dos coeficientes das variáveis individuais (PALIWAL; KUMAR, 2009).

Outras limitações inerentes ao uso das RNA são citadas por Wong, Bodnovich e Selvi (1997) por poderem comprometer a sua utilização no planejamento estratégico. São elas: as RNA

aprendem utilizando algoritmos indutivos, exigindo massas de dados e exemplos repetitivos, enquanto a tomada de decisões estratégicas lida com ocorrências não rotineiras e; as RNA não fornecem explicações para decisões, de modo que não se apoiam por testes de significância nem por conhecimento dedutivo e, portanto, têm baixa validade. Por fim, destaca-se ainda que as RNA não são consideradas ferramentas apropriadas para a fase de concepção, uma vez que elas não são boas em construir ou avaliar soluções.

4 METODOLOGIA

A classificação da presente pesquisa quanto aos objetivos é descritiva. No que tange à abordagem do problema proposto, a mesma é classificada como quantitativa. Em termos de método de procedimento, esta pesquisa é um levantamento, o qual tem como principais interesses produzir descrições quantitativas de uma população (FREITAS *et al.*, 2000). Quanto à técnica utilizada, trata-se uma pesquisa documental, ou seja, através do levantamento de documentos para seu embasamento, sendo acionados bancos de dados para tal (ANDRADE, 2004).

A população do estudo é composta por todos os artigos registrados nos bancos de dados da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e do SPELL (*Scientific Periodicals Electronic Library*). A amostra, entretanto, foi definida por artigos que contivessem a expressão “redes neurais” em seu título e que tivessem sido publicados no intervalo dos últimos 10 anos, ou seja, de 2004 a 2013, com o devido registro nos referidos mecanismos de busca. O período foi determinado com o intuito de se analisar publicações recentes sem desprezar o histórico de evolução do tema neste período. Embora o ano de 2013 tenha sido apontado como a data final em ambos os *sites*, alguns resultados para 2014 foram encontrados. Entretanto, pelo fato de o referido ano não estar sendo contemplado em sua totalidade, os mesmos foram excluídos da amostra.

Quanto à especificação da forma de busca, partiu-se da citação em título a fim de contemplar as pesquisas que utilizaram a técnica e que deram ênfase a ela ao longo do seu desenvolvimento. Os mecanismos de busca selecionados – CAPES e SPELL – o foram em virtude da relevância dos mesmos no cenário de publicações acadêmico-científicas. A respeito da CAPES, cabe considerar que se trata de uma fundação do Ministério da Educação (MEC) voltada para a expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu*, em todo o território nacional.

A análise bibliométrica foi realizada nos arquivos obtidos como resultado destes filtros de busca nos respectivos portais da internet. Os dados foram tratados levando-se em consideração o título do artigo; o ano de publicação do mesmo; e o periódico de publicação. Além disso, com base na classificação apresentada por Paliwal e Kumar (2009), os mesmos foram classificados quanto à área de aplicação: contabilidade e finanças; saúde e medicina; engenharia e manufatura; marketing e; aplicações gerais. A adoção deste critério de classificação das pesquisas se dá considerando que a pesquisa base foi desenvolvida com um levantamento de artigos em todo o mundo que utilizaram RNA *feedforwards* multicamadas juntamente com outras técnicas estatísticas, a fim de apresentar uma visão geral das diferentes práticas utilizadas em diferentes aplicações.

O último estágio da pesquisa contemplou uma análise detalhada da aplicação de redes neurais nos artigos da área de finanças (área contabilidade e finanças).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos dados incluiu os resultados obtidos junto aos dois motores de busca. No portal CAPES foram obtidos 129 estudos e outros 22 no portal SPELL, sendo 9 deles comuns aos dois portais. Ao todo, foram 151 resultados de busca, porém se fez necessário um certo nível de tratamento dos achados: existem artigos que foram encontrados em duplicidade,

isto é, o mesmo *paper* estava relacionado no mesmo ou nos dois diferentes motores de busca. Para estes considerou-se apenas uma pesquisa. Além disso, alguns estudos foram encontrados em duplicidade quanto à publicação, ou seja, em mais de um periódico. Para estes casos o registro não foi considerado. O resultado final da análise da amostra contou com 126 artigos publicados no Brasil.

A Tabela 1, apresentada a seguir, sumariza a quantidade de estudos publicados em cada ano e de acordo com a respectiva área de pesquisa. Conforme evidenciado (Figura 1), a área de Aplicações Gerais foi a mais expressiva, contemplando 46,8% do total de publicações. Cabe considerar a respeito desta área que artigos comuns no cenário de pesquisa nacional, tais como ciências agrárias e da agricultura, que não são abordadas na classificação original e Paliwal e Kumar (2009) foram aqui contempladas, o que justifica sua abrangência. Exemplos de estudos classificados nessa área são Chagas, Vieira e Fernandes Filho (2013), pesquisando o mapeamento digital de solos e Figueiredo e Silva e Moreira (2013), com a proposta de estudar a destilação de óleos essenciais.

A segunda área em ordem decrescente de relevância é a de estudos em Engenharia e Manufatura, com 24 estudos ou 19% do total. Exemplos dos estudos classificados nessa área são o de Reyes, Vellasco e Tanscheit (2012), com a proposta de utilizar RNA para correção e

detecção de anomalias em sensores; Segatto e Coury (2008) com um sistema de proteção diferencial para transformadores de potência através da teoria das RNA e; Gomide (2012) com um curso prático de RNA para engenharia e ciências aplicadas.

Na área de Marketing foram classificadas as pesquisas de Añaña *et al.* (2008) voltada para as comunidades virtuais e a segmentação de mercado; Omaki, Fonseca e Mello (2010) que tratam da segmentação psicográfica; Almeida e Passari (2006) voltados para as previsões de venda no varejo e; Ângelo *et al.* (2011) que comparam este tipo de previsão – de vendas para o varejo – segundo séries temporais e RNA.

Exemplos das pesquisas do grupo Saúde e Medicina são Redes Neurais Aplicadas ao Processo de Coagulação de Menezes *et al.* (2009); Usando Redes Neurais Artificiais e Regressão Logística na Predição da Hepatite A, de Santos *et al.* (2005) e também os estudos de Medicina Veterinária, tais como o Uso de Redes Neurais Artificiais na Identificação de Vocalização de Suínos (NÄÄS *et al.*, 2008). Marketing e Saúde e Medicina somam 21 estudos, respondendo por pouco mais de 15% do total.

A área de Contabilidade e Finanças é a terceira em ordem de relevância e nela foram encontradas 22 publicações ao longo dos últimos 10 anos, representando 17% do total de estudos. Estes estudos estão detalhados no Quadro 1.

Tabela 1: Uso de redes neurais artificiais por área e ano (em quantidade de artigos publicados)

ÁREA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TOTAL
Contabilidade e Finanças	2	1	-	3	2	4	2	3	4	1	22
Saúde e Medicina	-	1	1	1	4	2	3	1	2	2	17
Engenharia e Manufatura	3	3	3	5	3	1	1	-	5	-	24
Marketing	-	-	1	-	1	-	1	1	-	-	4
Aplicações Gerais	2	2	10	2	5	7	4	13	4	10	59
TOTAL	7	7	15	11	15	14	11	18	15	13	126

Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparativamente à pesquisa de Paliwal e Kumar (2009), tem-se um número mais expressivo de pesquisas no total encontrado. Conforme evidenciado na Tabela 2, os achados

dos autores na pesquisa de 2009 foram 73 ao todo, com destaque para a relevância de estudos na área de Contabilidade e Finanças que teve o maior número de estudos apontados: 21. Cabe

considerar que embora tenha sido uma pesquisa de abrangência mundial, a ênfase dos autores

recaía no uso de RNA comparativamente a outras técnicas de análise.

Tabela 2: Uso de redes neurais artificiais por área e ano no Brasil em comparação aos resultados de Paliwal e Kumar (2009) - em quantidade de artigos.

ÁREA	Paliwal e Kumar (2009)	Brasil
Contabilidade e Finanças	21	22
Saúde e Medicina	15	17
Engenharia e Manufatura	13	24
Marketing	12	4
Aplicações Gerais	12	59
TOTAL	73	126

Fonte: Elaborado pelos autores.

Especificamente sobre o período analisado, observa-se aumento significativo no número de publicações sobre RNA nas diferentes áreas do conhecimento. Há um aumento de aproximadamente 30% na quantidade de publicações a respeito do uso de RNA entre o início e o final do período, na última década: na primeira metade da década foram publicados 55 estudos com RNA, enquanto que, na segunda metade, as pesquisas que partem desta técnica enquanto método de trabalho são 71, 29% a mais. Considerando os estudos de toda a década, a média anual é de 12 publicações. O ano de 2011 foi o que teve maior número de publicações – 18 registros.

Além do estudo inicial das quantidades e das áreas de publicação dos estudos com RNA, propõe-se a análise aprofundada das pesquisas classificadas no campo de Contabilidade e

Finanças. Estes resultados estão apresentados no Quadro 1, a seguir.

Ressalta-se que a classificação dos estudos se deu com base na proposta principal do mesmo. Em virtude disso, estudos como o de Ferreira et al. (2011) – Utilização de Redes Neurais Artificiais Como Estratégia de Previsão de Preços no Contexto de Agronegócio – são contemplados em Finanças, mesmo que aparentemente sejam voltados para o Agronegócio. Neste caso, a proposta do autor é analisar o uso de redes neurais artificiais como estratégia de previsão de preços no contexto do agronegócio.

Conforme apresentado no quadro, a maioria dos estudos obtiveram resultados melhores com o uso de RNA. As maiores aplicações desta técnica são nas temáticas de previsão de falências e estratégias para negociação em bolsas de valores.

Quadro 1: Síntese dos artigos publicados em Contabilidade e Finanças nos últimos 10 anos

TÍTULO	OBJETIVO	AUTORES	ANO
A utilização de redes neurais artificiais para a estimação dos preços da Petrobrás PN na BOVESPA	Estimar, por meio de RNA, os preços para as ações da Petrobrás PN, utilizando uma série de preços diários.	Martins, Mette e Macedo	2008
Análise de crédito bancário por meio de redes neurais e árvores de decisão: uma aplicação simples de <i>data mining</i>	Analisar o uso de duas metodologias para a classificação de empresas como sendo adimplentes ou inadimplentes.	Lemos, Steiner e Nievola	2005
Análise empírica da formação de expectativas de inflação no Brasil: Uma aplicação de redes neurais artificiais a dados em painel	Estudar empiricamente o processo de formação de expectativas inflacionárias no Brasil, no período recente.	Palma e Portugal	2009

Relato de Pesquisa

Aplicação de redes neurais na análise e na concessão de crédito ao consumidor	Apresenta uma aplicação de RNA para a identificação de bons e maus pagadores em operações de crédito ao consumidor.	Lima <i>et al.</i>	2009
Aplicação de Redes Neurais Polinomiais na Previsão do Ibovespa e Merval	Analisa a eficiência das redes neurais polinomiais <i>Group Method of Data Handling</i> (GMDH) na previsão dos retornos, em bases mensais, nos retornos dos principais indicadores do mercado de capitais do brasileiro (Ibovespa) e argentino (Merval).	Cavalheiro <i>et al.</i>	2011
Apreçamento de opções sobre taxa de câmbio R\$/US\$ negociadas no Brasil: uma comparação entre os modelos Black e redes neurais artificiais	Aplicou-se um modelo de rede neural multicamadas para o apreçamento de <i>calls</i> sobre taxa de câmbio R\$/US\$, negociadas na BM&FBovespa	Maciel, Ballini e Silveira	2012
Estabilidade de preços de ações no mercado de capitais brasileiro: um estudo aplicando redes neurais e expoentes de Lyapunov	Mostrar como a estabilidade de um sistema dinâmico estocástico, o mercado de ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa), é medida usando os expoentes de Lyapunov.	Oliveira <i>et al.</i>	2011
Estimativa de valores ausentes com redes neurais artificiais: o caso dos custos de construção civil	Propõe-se o uso de uma RNA na determinação dos valores de custo/m ² desconhecidos de tipologias imobiliárias para o estado do Rio de Janeiro. A RNA é treinada mapeando-se a tipologia de cada imóvel com os respectivos custos conhecidos.	Neto <i>et al.</i>	2004
Os ratings de risco soberano e os fundamentos macroeconômicos dos países: um estudo utilizando redes neurais artificiais.	Estudou-se a partir dos fundamentos macroeconômicos, a classificação dos ratings de risco soberano realizadas pelas agências de ratings encontrando uma classificação própria de risco dos diversos países emergentes utilizando RNA.	Frascaroli, Silva e Silva Filho.	2009
Precificação do etanol utilizando técnicas de redes neurais artificiais	Comparar o desempenho das RNA, usando a arquitetura Perceptron multicamadas, com o do método ARIMA para previsão do preço do Etanol Combustível.	Sobreiro, Araújo e Nagano	2009
Predição de Séries Financeiras Utilizando Wavelets e Redes Neurais: um Modelo para os Fundos de Investimentos Imobiliários	Desenvolvimento de um modelo de predição de séries temporais financeiras com o uso da Rede Neural Artificial TLFN Distribuída, treinada com o algoritmo <i>backpropagation</i> temporal e com o pré-processamento dos sinais de entrada realizado com as transformadas <i>Wavelets</i> Discretas.	Soares, Frozza e Pazos.	2008
Previsão de preço futuro do boi gordo na BM&F: uma comparação entre modelos de séries temporais e redes neurais	Comparar modelos de previsão de preço, para o mercado de boi gordo na Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F), utilizando modelos baseados em RNA e ferramentas estatísticas de modelagem de séries heterocedásticas.	Gaio, Castro Júnior e Oliveira.	2007
Previsão de preços de commodities com modelos Arima-Garch e redes neurais com ondaletas: velhas tecnologias – novos resultados	Explorar a aplicação de uma metodologia capaz de decompor uma série temporal via ondaletas, conjuntamente com os modelos econométricos e de RNA para a previsão de variáveis.	Lima <i>et al.</i>	2010
Previsão de preços do açúcar utilizando Redes Neurais Artificiais	Analisar o impacto dos preços do contrato futuro de açúcar bruto nº11 da Cse/Nybot, taxa de câmbio comercial, barril de petróleo WTI Spot (mercado norte-americano) e Europe Brent Spot (mercado europeu) nos preços do açúcar cristal acondicionado em sacas de 50 kg.	Penedo, Pacagnella Júnior e Oliveira	2007
Redes neurais artificiais e padrões de falência	Desenvolver uma rede neural supervisionada utilizando o algoritmo de retropropagação para analisar o risco de empresas.	Thompson, Caetano e Thompson	2004
Redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos: Aplicações e possibilidades em finanças e contabilidade	Identificar e quantificar as relações estabelecidas entre as tecnologias disponíveis e os problemas estudados pelos pesquisadores em artigos publicados em redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos a problemas da área de Finanças e Contabilidade.	Wuerges e Borba	2010
Sistema de análise de ativos através de redes neurais de múltiplas camadas	Desenvolver um <i>trade system</i> robótico, que utiliza um método heurístico na tomada de decisão, a fim de antever os movimentos do mercado sem o fator emoção.	Miranda <i>et al.</i>	2012
Testando a hipótese de eficiência de mercado por meio de redes neurais artificiais: um estudo de caso com as dez principais	Analisar se uma RNA tem relação com a hipótese de eficiência de mercado para a tomada de decisão de investimentos no mercado de ações	Herling <i>et al.</i>	2012

ações do Ibovespa do primeiro quadrimestre de 2011			
Uso de redes neurais artificiais para a prognose dos preços do Carvão vegetal em Minas Gerais	Fazer a prognose para o ano de 2007 da série de preços do carvão vegetal, utilizando as RNA perceptron de camadas múltiplas.	Coelho Júnior <i>et al.</i>	2013
Utilização de Redes Neurais Artificiais Como Estratégia de Previsão de Preços no Contexto de Agronegócio	Análise do uso de RNA como estratégia de previsão de preços da soja, boi gordo, milho e trigo.	Ferreira <i>et al.</i>	2011

Fonte: Elaborado pelos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho contou com uma revisão da literatura de estudos realizados com a utilização de redes neurais artificiais (RNA), utilizando técnicas de estatística descritiva para análise de publicações, classificadas em quatro áreas de aplicação do conhecimento. Foi observado o potencial de uso das RNA como instrumento metodológico e de previsão de problemas.

Uma vantagem importante das RNA citada na literatura é que elas podem se aproximar de qualquer função matemática não-linear de forma automática, como as regressões. Esse aspecto é útil quando a relação entre as variáveis não é conhecida previamente, ou são complexas e difíceis de determinar estatisticamente.

Assim como no estudo de Paliwal e Kumar (2009), nessa pesquisa, muitos artigos não utilizaram as técnicas estatísticas de forma ótima. Além disso, não é muito clara a diferença do desempenho das diferentes técnicas que são comparadas. A maior parte da literatura refere-se a problemas específicos e, portanto, não é claro se alguma das características, como o tamanho da amostra, o número de variáveis ou a composição do modelo têm qualquer influência sobre o desempenho destas técnicas.

Para Paliwal e Kumar (2009), a fim de determinar os tipos de situações-problema em que as redes neurais ou técnicas estatísticas renderiam melhores resultados, é necessário um rigoroso trabalho de pesquisa empírica. Alguns estudos fazem uso de técnicas estatísticas para

selecionar as variáveis significativas com o intuito de obter um melhor modelo de previsão ou classificação. Também tem sido sugerida a combinação das características de ambas as técnicas para melhorar a predição ou classificação de desempenho global dos resultados dos trabalhos. A este respeito, estas duas técnicas tornam-se métodos para a construção de modelos complementares, ao invés de serem considerados métodos concorrentes.

Com a realização desse estudo no Brasil, foi observada a incipiência de trabalhos publicados que contam com a utilização de Redes Neurais Artificiais na área de Contabilidade e Finanças (17% de todas as publicações da última década). Apesar disso, é notável que houve uma evolução ao longo da década, com um aumento de aproximadamente 50% na quantidade de publicações a respeito do uso de RNA entre o início e o final do período.

É notável também que existem problemas em Finanças e Contabilidade que não podem ser resolvidos facilmente através de técnicas tradicionais - por exemplo, previsão de falências e estratégias para negociação em bolsas de valores. Nestes casos, uma das alternativas é o uso de métodos de inteligência computacional, como as RNA. Para trabalhos futuros, sugere-se a análise de publicações em um período maior de amostragem, ou mesmo uma nova divisão dos resultados de acordo com as especificidades do país ou das linhas mais relevantes de pesquisa da região.

NEURAL NETWORKS APPLICATION IN BRAZIL: A BIBLIOMETRIC STUDY

Abstract: *The Artificial Neural Networks (ANN) simulate the human brain to collect empirical evidence and also to preserve and allow the use of experimental knowledge. This ability has made the technique of application reach an increasing number of fields of study. Amid the advantages and disadvantages of adopting RNA, this article proposes the addition to presenting basic aspects of RNA and the implications of its use, carry out a bibliometric research of the last ten years contemplating the term "neural networks" in scientific articles published the CAPES and SPELL. The results were classified according to the search area, and specifically as to finance studies, deepened in order, sample and results. After processing the data, we found 126 publications, with 50% increase in the amount of research published between the beginning and the end of the decade. Met the following order of importance in research: general applications; engineering and manufacturing; accounting and finance; health and medicine and; marketing. On finance studies, mostly the results were better with the use of RNA with the largest applications of this technique in bankruptcy prediction and strategies for trading on stock exchanges.*

Keywords: *Neural Networks. Corporate Finance. Bibliometrics.*

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C.; PASSARI, A. F. L. Previsão de vendas no varejo por meio de redes neurais. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 41, n. 3, p. 257-272, 2006.
- AÑAÑA, E. S.; VIEIRA, L. M. M.; PETROLL, M. M.; COSTA, R. S. As comunidades virtuais e a segmentação de mercado: uma abordagem exploratória, utilizando redes neurais e dados da comunidade virtual *Orkut*. **RAC – Revista de Administração Contemporânea**, v.12, n. spe., p. 41-63, 2008.
- ANGELO, C. F.; ZWICKER, R.; FOUTO, N. M. M. D.; LUPPE, M. R. Séries temporais e redes neurais: uma análise comparativa de técnicas na previsão de vendas do varejo brasileiro. **BBR – Brazilian Business Review**, v. 8, n. 2, p. 1-21, 2011.
- ANDRADE, M. M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação:** noções práticas. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CAVALHEIRO, E. A.; VIEIRA, K. M.; CERETTA, P. S.; CORREA, J. C. S.; CUNHA, C. F. O. Aplicação de Redes Neurais Polinomiais na Previsão do Ibovespa e Merval. **Desenvolvimento em Questão**, v. 9, n. 18, p. 196-224, 2011.
- CHAGAS, C. S.; VIEIRA, C. A. O.; FERNANDES FILHO, E. I. Comparison between artificial neural networks and maximum likelihood classification in digital soil mapping. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, n. 2, p. 339-351, 2013.
- CHEN, Y.; CHONG, P. P.; TONG, M. Y. The Simon-Yule Approach to Bibliometric Modeling. **Information Processing e Management**. v.30, n. 4, p.535-56, 1994.
- CHI, L. C. Do transparency and disclosure predict firm performance? Evidence from the Taiwan market. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, p. 11198-11203, 2009.
- COELHO JÚNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; BATISTA, A. L. F.; MENDONÇA, A. R.; LACERDA, W. S. Uso de Redes Neurais artificiais para a prognose dos preços do carvão vegetal em Minas Gerais. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 281-288, 2013.

- FAHLMAN, S. E.; LABIERE, C. The cascade-correlation learning architecture, **Advances in Neural Information Processing Systems**, v.2, p.524-532, 1990.
- FARLOW, S. J. The GMDP algorithm. In:_____. **Self-organizing Methods in Modelling – GMDH Type Algorithms**. New York: Marcel Dekker, 1984. p. 1-24.
- FERREIRA, L.; MOURA, G. L.; BORENSTEIN, D.; FISCHMANN, A. A. Utilização de Redes Neurais Artificiais como estratégia de previsão de preços no contexto de Agronegócio. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, v. 8, n. 4, p. 6-26, 2011.
- FIGUEIREDO, C. J.; SILVA, M. H. L.; MOREIRO, F. C. Aplicação de redes neurais artificiais em processo de destilação de óleo essencial. **ENGEVISTA**, v. 15, n. 1, p. 36-42, 2012.
- FISH, K. E.; BARNES, J. H.; AIKEN, M. W. Artificial neural networks – A new methodology for industrial market segmentation. **Industrial Marketing Management**, v.24, p.431-438, 1995.
- FRASCAROLI, B. F.; SILVA, L. C.; SILVA FILHO, O. C. Os ratings de risco soberano e os fundamentos macroeconômicos dos países: um estudo utilizando redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Finanças**, v. 7, n. 1, p. 73-106, 2009.
- FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa *survey*. **Revista de Administração**. São Paulo, v.35, n.3, p.105-112, 2000.
- GAIO, L. E.; CASTRO JÚNIOR, L. G.; OLIVEIRA, A. R. Previsão do preço futuro do boi gordo na BM&F: uma comparação entre modelos de séries temporais e redes neurais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 272-288, 2007.
- GOMIDE, F. A. Redes Neurais Artificiais para engenharia e ciências aplicadas: curso prático. **Revista Controle & Automação**, v. 23, n. 5, p. 649-652, 2012.
- GURESEN, E.; KAYAKUTLU, G.; DAIM, T. U. Using artificial neural network models in stock market index prediction. **Expert Systems with Applications**, v.38, n.8, p.10389-10397, 2011.
- HÁJEK, P. Municipal credit rating modelling by neural networks. **Decision Support Systems**, v. 51, n. 1, p. 108-118, 2011.
- HAYKIN, S. **Neural Networks: A comprehensive foudantion**, Prentice Hall, New Jersey, 1999.
- HAYKIN, S. **Redes Neurais: Princípios e Práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HEIAT, A. Comparison of artificial neural network and regression models for estimating software development effort. **Information and Software Technology**, v.44, n.15, p.911-922, 2002.
- HERLING, L. H. D.; LIMA, M. V. A.; MORITZ, G. O.; MARANGONI, P. H. Testando a hipótese de eficiência de mercado por meio de redes neurais artificiais: um estudo de caso com as dez principais ações do Ibovespa do primeiro quadrimestre de 2011. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 4, n. 2, p. 164-186, 2012.
- HUANG, Z.; CHEN, H.; HSU, C. J.; CHEN, W.H.; WU, S.; Credit rating analysis with support vector machines and neural networks: a market comparative study, **Decision Support Systems**, v.37, n.4, p.543-558, 2004.
- KUMAR, A.; RAO, V. R.; SONI, H. An empirical comparison of neural network and logistic regression models. **Marketing Letters**, v.6, n.4, p.251-263, 1995.
- LIMA, F. G.; KIMURA, H.; ASSAF NETO, A.; PERERA, L. C. J. Previsão de preços de commodities com modelos ARIMA-GARCH e redes neurais com ondaletas: velhas tecnologias – novos resultados. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 45, n. 2, p. 188-202, 2010.
- LIMA, F. G.; PERERA, L. C. J.; KIMURA, H.; SILVA FILHO, A. C. Aplicação de Redes

- Neurais na análise e na concessão de crédito ao consumidor. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 44, n. 1, p. 34-45, 2009.
- LANDAJO, M.; ANDRES, J. D.; LORCA, P. Robust neural modeling for the cross-sectional analysis of accounting information. **European Journal of Operational Research**, v.177, n.2, p.1232–1252, 2007.
- LEE, K.; BOOTH, D.; ALAM, P. A comparison of supervised and unsupervised neural networks in predicting bankruptcy of Korean firms. **Expert Systems with Applications**, v.29, n.1, p.1–16, 2005.
- LEE, T. H.; JUNG, S. Forecasting creditworthiness: Logistic vs. artificial neural net. **The Journal of Business Forecasting Methods and Systems**, v.18, n.4, p.28–30, 2000.
- LEMOES, E. P.; STEINER, M. T. A.; NIEVOLA, J. C. Análise de crédito bancário por meio de redes neurais e árvores de decisão: uma aplicação simples de data mining. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 40, n. 3, p. 225-234, 2005.
- LIMSOMBUNCHAI, V.; GAN, C.; LEE, M. An analysis of credit scoring for agricultural loans in Thailand. **American Journal of Applied Sciences**, v.2, n.8, p.1198–1205, 2005.
- MACIELL, L. S.; BALLINI, R.; SILVEIRA, R. L. F. Apreçamento de opções sobre a taxa de câmbio R\$/US\$ negociadas no Brasil: uma comparação entre os modelos Black e redes neurais artificiais. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 47, n. 1, p. 96-111, 2012.
- MALIK, F.; NASEREDDIN, M. Forecasting output using oil prices: A cascaded artificial neural network approach. **Journal of Economics and Business**, v. 58, n. 2, p. 168-180, 2006.
- MARTINS, M. A. S.; METTE, F.; MACEDO, G. R. A Utilização de Redes Neurais Artificiais para a estimação dos preços da Petrobrás PN na Bovespa. **Contexto**, v. 8, n. 14, p. 1-16, 2008.
- Mc NELIS, P. D. **Neural Networks in Finance: Gaining Predictive Edge in the Market**. 7. ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.
- MENEZES, F. C.; ESQUERRE, K. P. S. O. R.; KALID, R. A.; KIPERSTOK, A.; MATOS, M. C. O.; MOREIRA, R. Redes Neurais Artificiais aplicada ao processo de coagulação. **Eng Saint Ambient**, v. 14, n. 4, p. 449-454, 2009.
- MIRANDA, A. P.; ANTONIAZZI, R. L.; LOPES, L. F. D.; BARBOSA, M. A.; COSTA, V. M. F. Sistema de Análise de Ativos através do uso de redes neurais de múltiplas camadas. **Revista de Administração UFSM**, v. 5, n. 1, p. 145-162, 2012.
- NÄÄS, I. A.; CAMPOS, L. S. L.; BARACHO, M. S.; TOLON, Y. B. Uso de Redes Neurais Artificiais na Identificação de Vocalização de Suínos. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 204-216, 2008.
- NETO, L. B.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; MEZA, L. A. Estimativa de valores ausentes com redes neurais artificiais: o caso dos custos de construção civil. **Revista de Economia e Administração**, v. 3, n. 2, p. 87-96, 2004.
- OLIVEIRA, M. A.; MONTINI, A. A.; MENDES-DA-SILVA, W.; BERGMANN, D. R. Estabilidade de preços de ações no mercado de capitais brasileiro: um estudo aplicando redes neurais e expoentes de Lyapunov. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 46, n. 2, p. 161-177, 2011.
- OMAKI, E. T.; FONSECA, F. R. B.; MELLO, S. C. B. Redes Neurais Artificiais em segmentação psicográfica em marketing. **Revista Alcance – Eletrônica**, v. 17, n. 3, p. 238-253, 2010. Disponível em: <<http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/ra/articula/view/2269/1607>>. Acesso em 02.jan.2015.
- OTTENBACHER, K. J.; SMITH, P. M.; ILLIG, S. B.; LINN, R. T.; MANCUSO, M.; GRANGER, C. V. Comparison of logistic regression and neural network analysis applied to predicting living setting after hip fracture.

- Annals of Epidemiology**, v.14, n.8, p.551–559, 2004.
- PALIWAL, M.; KUMAR, U. A. Neural networks and statistical techniques: A review of applications. **Expert Systems with Applications**, v.36, n.1 p.2-17, 2009.
- PALIT, A. K. **Computational intelligence in time series forecasting**: Theory and engineering applications. 1 ed. Londres: Spring-Verlag, 2005. 393 p.
- PALMA, A. A.; PORTUGAL, M S. Análise Empírica da Formação de Expectativas de Inflação no Brasil: Uma aplicação de redes neurais artificiais a dados em painel. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 13, n. 3, p. 391-437, 2009.
- PAO, H. T. A comparison of neural network and multiple regression analysis in modeling capital structure. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 3, p. 720-727, 2008.
- PENDHARKAR, P. C. A threshold-varying artificial neural network approach for classification and its application to bankruptcy prediction problem. **Computers and Operations Research**, v.32, p.2561–2582, 2005.
- PENEDO, A. S. T.; PACAGNELLA JÚNIOR, A. C.; OLIVEIRA, M. B. M. Previsão dos preços do açúcar utilizando redes neurais artificiais. **Revista Nucleus**, v. 4, n. 1, p. 199-212, 2007.
- PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of Documentation**, v.25, n.4, p.348-349, 1969.
- REYES, J.; VELLASCO, M.; TANSCHAIT, R. Monitoramento e diagnóstico de múltiplos sensores por redes neurais auto-associativas. **Revista Controle & Automação**, v. 23, n. 2, p. 121-137, 2012.
- ROCHA-E-SILVA, M. O novo Qualis, ou a tragédia anunciada. **Clinics**, v.64, p.1-4, 2009.
- SANTOS, A. M.; SEIXAS, J. M.; PEREIRA, B. B.; MEDRONHO, R. A. Usando Redes Neurais Artificiais e Regressão Logística na Predição da Hepatite A. **Rev Bras Epidemiol**, v. 8, n. 2, p. 117-126, 2005.
- SEGATTO, E. C.; COURRY, D. V. Redes Neurais aplicadas a relés diferenciais para transformadores de potência. **Revista Controle & Automação**, v. 19, n. 1, p. 93-106, 2008.
- SETYAWATI, B. R.; SAHIRMAN, S.; CREESE, R. C. Neural networks for cost estimation. **AACE International Transactions**. EST13, 13.1–13.8, 2002.
- SHUHUI, L.; WUNSCH, D. C.; O’HAIR, E.; GIESSELMANN, M. G. Comparative analysis of regression and artificial neural network models for wind turbine power curve estimation. **Journal of Solar Energy Engineering**, v.123, p.327–332, 2001.
- SILVA, A. J.; FILHO, J. R. de T.; PINTO, J. Análise Bibliométrica dos Artigos sobre Controladoria Publicados em Periódicos dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Contábeis Recomendados pela Capes. **Revista da Associação Brasileira de Custos**. São Leopoldo, v.4, n.1, p.36-52, 2009.
- SOARES, F.; FROZZA, R.; PAZOS, R. E. P. Predição de séries financeiras utilizando *wavelets* e redes neurais: um modelo para os fundos de investimentos imobiliários. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 25, n. 2, p. 36, 2014.
- SOBREIRO, V. A.; ARAÚJO, P. H. S. L.; NAGANO, M. S. Precificação do etanol utilizando técnicas de redes neurais artificiais. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo – RAUSP**, v. 44, n. 1, p. 46-58, 2009.
- SPECHT, D. F. Probabilistic Neural Networks. **Neural Networks**, v.3, p.109-118, 1990.
- SUBASI, A.; ERÇELEBI, E. Classification of EEG signals using neural network and logistic regression. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v.78, n.2, p.87–99, 2005.
- THIEME, R. J.; SONG, M.; CALANTONE, R. J. Artificial neural network decision support systems for new product development project

selection. **Journal of Marketing research**, v.37, n.4, p.499–507, 2000.

THOMPSON, C. A.; CAETANO, F. M.; THOMPSON, M. F. Redes Neurais Artificiais e padrões de falência. **Revista de Economia e Administração**, v. 3, n. 3, p. 225-242, 2004.

TURE, M.; KURTA, I.; KURUMB, A. T.; OZDAMAR, K. Comparing classification techniques for predicting essential hypertension. **Expert Systems with Applications**, v.29, p.583–588, 2005.

VANTI, N. Da Bibliometria à Webometria: uma Exploração Conceitual dos Mecanismos

Utilizados para Medir o Registro da Informação e a Difusão do Conhecimento. **Ciência da**

Informação. Brasília, v.31, n.2, p.152-162, 2002.

WONG, B. K.; BODNOVICH, T. A.; SELVI, Y. Neural network applications in business: A review and analysis of the literature (1988–1995). **Decision Support Systems**, v.19, n.4, p.301-320, 1997.

WUERGES, A. F. E.; BORBA, J. A.; Redes Neurais, Lógica Nebulosa e Algoritmos Genéticos: Aplicações e possibilidades em finanças e contabilidade. **Journal of Information Systems and Technology Management – JISTEM**, v. 7, n. 1, p. 163-182, 2010.