

## PROPOSTA DE BSC COM MODELO NEURO-FUZZY: UM ESTUDO DE CASO

Marcelo Prado Sucena (Fundação Getulio Vargas) E-mail: marcelosucena@gmail.com  
Tatiana Barbosa de Andrade (Instituto Nacional de Tecnologia) E-mail: tatiandrade21@gmail.com

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo usar a ferramenta de gestão estratégica *Balanced Scorecard* e, em conjunto, desenvolver um modelo matemático orientado pela inteligência artificial, com o propósito de realizar melhoria no controle dos processos e auxiliar a tomada de decisão de uma empresa. Pretende-se desenvolver um estudo de caso em corporação de consultoria em inovação e engenharia de alta tecnologia, permitindo-se exemplificar e validar o BSC e o modelo. O método utilizado para modelagem é a Rede Neuro-Fuzzy, com o processamento de dados implementado por software. O modelo gerará cinco indicadores adicionais ao BSC, sendo quatro parciais que representam as suas perspectivas, que serão as variáveis de entrada para um indicador sistêmico. Após o estudo de caso foi possível gerar série histórica dos cinco indicadores adicionais que permitiram identificar as tendências e pontos positivos e negativos. O uso do BSC associado ao modelo matemático apresentaram-se capaz de aperfeiçoar a forma de controle da empresa.

**Palavras-Chave:** Balanced Scorecard; Redes Neuro-Fuzzy; Indicadores; Gestão Empresarial; Modelo matemático.

## BSC SUGGESTION WITH NEURO-FUZZY MODEL: A CASE STUDY

**Abstract:** This paper aims to use the Balanced Scorecard and, together, to develop a mathematical model guided by artificial intelligence, with the purpose of improving the control of processes and helping a company's decision-making process. It is intended to develop a case study in a consultancy corporation in innovation and high-tech engineering, allowing to exemplify and validate the BSC and the model. The method used for modeling is the Neuro-Fuzzy Network, with data processing implemented by software. The model will generate five additional indicators to the BSC, four of which will represent its perspectives, which will be the input variables for a systemic indicator. After the case study, it was possible to generate a historical series of the five additional indicators that allowed the identification of trends and positive and negative points. The use of the BSC associated with the mathematical model proved to be able to improve the company's form of control.

**Keywords:** Balanced Scorecard; Neuro-Fuzzy; Indicators; Business management; Mathematical model

### 1. Introdução

Com a globalização o mercado vem sofrendo mudanças significativas que contribuem para o aumento da competitividade, demandando rápido avanço tecnológico e formando clientes mais críticos.

Nesta linha, há procura dos gestores pela reinvenção das empresas, moldando-as às novas estratégias, principalmente, nas áreas de pessoas, processos e finanças, buscando-se adequá-las a nova realidade do mercado.

Para a gestão corporativa pode-se utilizar indicadores de desempenho, acompanhados na linha do tempo, que visam contribuir para o controle dos objetivos traçados, auxiliando também nos processos decisórios empresariais quanto aos pontos mais críticos, facilitando a intervenção para correções do planejamento.

Na procura de uma ferramenta da gestão estratégica que contribuísse para o desempenho das organizações, encontra-se o *Balanced Scorecard* (BSC), criado na década de 1990 por Kaplan

e Norton, que faz o uso de indicadores financeiros e não financeiros, ampliando-se a capacidade de análise do desempenho e sistematizando o controle da organização.

Mas o que se percebe é que o BSC em si não propõe avaliar o desempenho da organização de forma holística, isto é, por indicadores que reflitam as condições sistêmicas de desempenho da empresa.

Para tanto, este artigo propõe o uso do BSC como ferramenta estratégica de controle da organização, incrementado por um modelo matemático *Neuro-Fuzzy* que permitirá gerar cinco indicadores adicionais para acompanhamento em série histórica. Para testar e validar o modelo pretende-se desenvolver um estudo de caso.

## 2. Metodologia

Prodanov e Silva (2013) classificam uma pesquisa sobre o viés de quatro aspectos que, relacionados a este trabalho, estão sintonizados da seguinte forma:

- ✓ Quanto à natureza: é considerado como pesquisa aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimento para implantação prática de ferramenta de gestão e desenvolvimento de modelo matemático, focando-se em empresa objeto de estudo;
- ✓ Quanto aos objetivos: é tomada como pesquisa exploratória, focando-se, inicialmente, que para se cumprir o objetivo proposto necessita-se estudar os conceitos visando a compreensão dos métodos referenciais. Além disso, trata-se de aprofundamento da compreensão do sistema de gestão por indicadores da empresa, que permite gerar o BSC e o modelo matemático para análise *ex-post-facto*;
- ✓ Procedimentos Técnicos: realizar-se-á um estudo de caso envolvendo a coleta e análise dos dados da empresa objeto do estudo, visando-se ampliar e detalhar o conhecimento sobre ela, além de propor abordagem aperfeiçoada;
- ✓ Abordagem: quantitativa, pois usa os dados quantificáveis do ambiente empresarial de estudo, sem a alteração ou interferência do pesquisador.

Quanto aos passos práticos necessários para se atingir os objetivos estabelecidos, têm-se:

- ✓ Identificação dos indicadores existentes da corporação alinhados à missão e visão da empresa do estudo;
- ✓ Alocação dos indicadores identificados nas perspectivas do BSC;
- ✓ Coleta de dados referentes aos indicadores que serão usados no BSC e, portanto, no modelo matemático *Neuro-Fuzzy*;
- ✓ Desenvolvimento do modelo matemático em si de acordo com os subitens adiante:
  - Modelar os indicadores transformando-os em variáveis de entrada *Fuzzy*;
  - Agrupar as variáveis de entrada por perspectivas do BSC por meio de um neurônio artificial que se conecta à estrutura topológica PCM de Redes *Neuro-Fuzzy* (RNF), permitindo-se gerar um indicador por perspectiva;
  - Agrupar em um neurônio artificial as perspectivas do BSC para criação de indicador sistêmico;
  - Adequar as variáveis de saída em cada neurônio artificial da RNF em variáveis *Fuzzy*;
  - Implementar o modelo matemático em aplicativo computacional;
  - Processar os dados coletados na empresa;
  - Gerar os resultados pelo viés corporativo, analisando-os por intermédio de série histórica.

## 3. Referencial teórico

### 3.1. BSC e o planejamento e controle empresarial

O planejamento empresarial está sustentado na definição de objetivos e metas, considerando o ambiente interno e externo. Nele se cria o plano de ação que visa a solução dos problemas e o atingimento das metas propostas, sendo essencial para a organização, pois age de forma contínua e tem foco no futuro.

Devido às constantes mudanças mercadológicas há necessidade de se direcionar a estratégia para busca da melhoria contínua de processos vinculados ao atendimento das necessidades dos clientes.

Neste sentido, o controle empresarial eficaz, que consiste em fiscalizar, administrar e realizar as tarefas conforme o planejado, que abrange áreas administrativas que necessitam ser integradas para se estabelecer apropriado sistema de controle corporativo. (BORGES, 2016)

É nesse aspecto que se encaixa o BSC, desenvolvido no início da década de 1990 por David Norton e Robert Kaplan, para atender às necessidades das empresas descontentes com os métodos utilizados para avaliação do desempenho empresarial, pois tais métodos faziam o uso apenas de indicadores financeiros isolados de outras perspectivas da gestão estratégica. (KAPLAN E NORTON, 1996)

O BSC é uma ferramenta que realiza a medição do desempenho, utilizando indicadores financeiros e não financeiros alinhados a visão e missão da organização, favorecendo o gerenciamento do desempenho, pois integra o planejamento estratégico a parte operacional, traduzindo-se em objetivos e medidas tangíveis.

Kaplan e Norton (1996) estruturaram o BSC em quatro perspectivas que fazem o equilíbrio dos objetivos de curto e longo prazos. Herrero Filho (2005) ressalta que o BSC objetiva também os interesses dos *stakeholders* inseridos nessas perspectivas diferentes, que são: do cliente, financeiro, processo interno, e aprendizado e crescimento.

A perspectiva do Cliente procura identificar o seu valor para a empresa com objetivo de demonstrar se as escolhas estratégicas implementadas na organização estão efetivamente contribuindo para o aumento do valor percebido pelos clientes em relação aos produtos, serviços, imagem de marca, experiência de compra e relacionamento. Avalia também se a proposta de valor para os segmentos-alvo de clientes está sendo concretizada (HERRERO FILHO, 2005).

Utilizada na maioria das metodologias de gestão, a perspectiva Financeira é mantida no BSC por sintetizar as consequências econômico-financeiras, visto que ela busca o crescimento da receita, redução de custos e despesas, tendo relação direta com os possíveis investimentos futuros da organização, focando principalmente os interesses dos acionistas. (SAVARIS e VOLTOLINI, 2004).

A perspectiva Processos Internos permite identificar os processos críticos que impedem o cumprimento dos objetivos dos acionistas e clientes, permitindo a criação de valor agregado, o que contribui na atração e retenção de clientes, atendendo o desejo dos acionistas. (SAVARIS e VOLTOLINI, 2004).

Para se tratar dos fatores da organização quanto ao seu crescimento e melhoria em longo prazo, a perspectiva Aprendizado e Crescimento baseia-se em três fatores principais: pessoas, informação e disponibilidade de sistemas. (BRANDÃO *et al.*, 2008).

Na prática, as perspectivas são populadas por intermédio dos indicadores que registram o desempenho de cada processo, norteando a alocação de recursos, o que favorece a melhoria do desempenho organizacional.

Os indicadores são escolhidos pela alta gestão e variam de uma empresa a outra. Assim, para ilustrar as práticas de uso do BSC, destacam-se os seguintes estudos: Sarraf e Nejad (2020) avaliam o desempenho e classifica as empresas de saneamento usando abordagens matemáticas com base em critérios de BSC, que considera todos os níveis da organização; Zhou *et al.* (2020) tratam de financiamento para projetos de energia considerando-se o BSC nas quatro perspectivas e mais oito critérios; Modaka *et al.* (2019) propõem a abordagem integrada BSC-ANP (ANP - *analytic network process*) na escolha de estratégia de terceirização de atividades operacionais de mineração de carvão na Índia; Pakurár *et al.* (2019) examinam o impacto da integração da cadeia de suprimentos no desempenho organizacional usando o BSC no setor bancário da Jordânia; Amaral *et al.* (2016) abordam a implementação do BSC em uma empresa de pequeno porte que presta serviços de segurança privada; Rompho (2011) tratou do BSC em empresas de pequeno e médio portes que falharam na tentativa de implementá-lo, focando-se na determinação da causa da falha; Simões e Rodrigues (2011) analisaram os principais resultados de 45 estudos com o uso e impactos da ferramenta BSC nos processos de gestão da estratégia e desempenho organizacional; Savaris e Voltolini (2004) propõem modelo baseado em BSC, titulado *Supply Chain Scorecard*, com a finalidade de tornar possível o alinhamento da estratégia em todas as partes da cadeia de suprimentos.

### 3.2. Redes Neuro-Fuzzy

Para se entender os conceitos de RNFs faz-se necessário permear o entendimento pela Teoria *Fuzzy* e Redes Neurais Artificiais (RNA).

O marco sobre a Teoria *Fuzzy* ocorreu com a publicação do artigo *Fuzzy Sets* apresentado por Lofti A. Zadeh, na revista *Information and Control* – Volume 8, nas páginas 338 a 353, em 1965 (TANAKA, 1997).

Ross (1995) destaca que em conjuntos clássicos (*crisp*) a transição de um determinado elemento em um universo, entre ser membro e não-membro de um dado conjunto, é abrupta e bem-definida. Para um elemento em um universo que contém conjuntos *Fuzzy*, como os observados por Zadeh, essa transição pode ser transcrita como em uma fronteira subjetiva, na qual existe entre o pertencer e o não-pertencer a um dado conjunto.

Um conjunto *Fuzzy* A é então um conjunto de elementos que têm vários níveis de participação no conjunto (Graus de Pertinência), em certo universo de discurso  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , podem ser representados, segundo Tanaka (1997), de acordo com as expressões 1 e 2 expostas a seguir, onde  $\mu_A(x_i)$  é o grau de pertinência do elemento  $i$  e  $x_i$  o valor do elemento  $i$  no universo de discurso X.

Esse conjunto *Fuzzy* A, quando definido no universo de discurso X, é caracterizado por uma função de pertinência  $\mu_A$ , a qual mapeia os elementos de X para o intervalo [0,1], que se expressam da seguinte forma:

✓ Na forma Discreta, sendo o universo finito:

$$A = \mu_A(x_1)/X_1 + \mu_A(x_2)/X_2 + \dots + \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/X_i \quad (1)$$

✓ Na forma Contínua, usando Integrais-*Fuzzy*, sendo o universo infinito:

$$A = \int_x \mu_A(x_i)/X_i \quad (2)$$

Das operações possíveis com conjuntos *Fuzzy* destacam-se a União e a Interseção. A União de dois conjuntos *Fuzzy* (por exemplo, A e B) resulta em um terceiro conjunto *Fuzzy* (por exemplo, C), representando-se as operações conforme expressões 3 e 4.

$$C = A \cup B \text{ ou } C = A \text{ OU } B \quad (3)$$

A pertinência do conjunto *Fuzzy* C resultante é obtida pela seguinte expressão:

$$\mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (4)$$

A Interseção de dois conjuntos *Fuzzy*, conforme exemplificado anteriormente, resulta em um terceiro conjunto *Fuzzy*, podendo-se expressar de acordo com (5) e (6).

$$C = A \cap B \text{ ou } C = A \text{ E } B \quad (5)$$

A pertinência do conjunto *Fuzzy* C resulta em:

$$\mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (6)$$

Uma variável *crisp*, para ser avaliada no domínio *Fuzzy*, precisa ser representada por uma variável linguística que é o nome do conjunto *Fuzzy*. Essa última pode ser representada por rótulos linguísticos (ou termos linguísticos) que se baseiam nas suas funções de pertinência, que podem ser representados por Integrais-*Fuzzy*.

A quantidade e a forma das funções de pertinências e de seus termos linguísticos são ressaltadas por Shaw *et al.* (1999) que citam que podem ser obtidas baseando-se na experiência do analista e na natureza do processo a ser controlado. Eles observam ainda que a quantidade de funções, na prática, deve variar entre 2 e 7, sendo que, quanto maior, melhor a precisão do resultado e, quanto menor, melhor a demanda computacional e a compreensão dos resultados pelo analista.

Segundo Amendola *et al.* (2007), as funções de pertinência mais comuns para implementação computacional são as triangulares e as trapezoidais. A função de pertinência triangular é caracterizada por três valores do universo de discurso (a,b,c), sendo que a e c determinam o intervalo dentro da função, que assumem graus de pertinência iguais a zero; e b é valor com o maior grau de pertinência. A função de pertinência trapezoidal é composta pelos valores (a,b,c,d), em que a e d assumem graus de pertinência iguais a zero; e b e c são extremos de x constante com grau máximo de pertinência. As funções normalizadas triangular e trapezoidal podem ser representadas por suas integrais-*Fuzzy* de acordo com (7) e (8).

$$\text{Triangular} = \int_{x \rightarrow a}^{x \rightarrow b} \frac{(x-a)}{(b-a)} / X + \int_{x \rightarrow b}^{x \rightarrow c} \frac{(c-x)}{(c-b)} / X \quad (7)$$

$$\text{Trapezoidal} = \int_{x \rightarrow a}^{x \rightarrow b} \frac{(x-a)}{(b-a)} / X + \int_{x \rightarrow b}^{x \rightarrow c} 1 / X + \int_{x \rightarrow c}^{x \rightarrow d} \frac{(d-x)}{(d-c)} / X \quad (8)$$

Oliveira Jr. (1999) cita que o raciocínio baseado na Teoria *Fuzzy* é uma metodologia de inferência que utiliza ferramentas e conceitos da lógica *Fuzzy* para atingir os objetivos e conclusões. A estrutura de um sistema de Inferência *Fuzzy*, segundo Wang (1996), consiste nas seguintes etapas:

- ✓ *Fuzzy*ficação: os valores de entrada do mundo real, que são coletados em análises do processo, são *Fuzzy*ficados, isto é, mapeados junto às funções de pertinência, obtendo-se um grau de pertinência em cada subconjunto *Fuzzy*;
- ✓ Inferência: simulando a tomada de decisão humana, a inferência permite associar as combinações feitas em cada variável de entrada passando por um processo de avaliação, por meio de regras definidas previamente;
- ✓ De*Fuzzy*ficação: é o momento que se passa do estado da variável de saída para um valor numérico real, podendo ser desenvolvida por diversos métodos.

Cabe ainda ressaltar que o resultado da inferência é um vetor linguístico com os respectivos graus de pertinência determinados na avaliação dos conjuntos *Fuzzy*. Ortega (2001) resalta que este vetor fornece a distribuição de possibilidades de uma certa condição em um conjunto *Fuzzy*.

A *DeFuzzy*ificação caracteriza a saída *crisp* que melhor reflete o conjunto *Fuzzy* utilizando-se diversos métodos. Shaw *et al.* (1999), caracterizam que a escolha do método de *DeFuzzy*ificação depende do contexto da decisão.

Para a escolha de um *DeFuzzy*ificador existem critérios a serem seguidos, tais como: plausibilidade; simplicidade computacional e de continuidade. (CHERRI *et al.*; 2011). Acrescentando, Roveda *et al.* (2011) observam que dos diversos métodos de *DeFuzzy*ificação, os que mais se destacam, são: centro de gravidade, máxima possibilidade e centro dos máximos, sendo o último um dos mais utilizados pela simplicidade computacional, dado por (9).

$$Saída_i = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \times X_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (9)$$

Sendo  $\mu_i$  o grau de pertinência,  $X_i$  os valores de entrada de cada variável linguística e  $i$ , a quantidade de variáveis linguísticas variando de 1 até  $n$  (quantidade de variáveis linguísticas).

Define-se RNA como um sistema complexo e dinâmico, composto por vários neurônios interligados por conexões sinápticas, formando arquitetura de processamento em paralelo inspiradas nas redes neurais biológicas, mas de forma limitada. (BARRETO, 2002)

As RNAs são algoritmos criados com base nas análises feitas pelo cérebro biológico, como as técnicas em aprendizado e conhecimento, tendo como modelo os neurônios humanos. (WUERGES; BORBA, 2010).

Segundo Morais (2010), dentre os tipos de neurônios artificiais, um dos mais conhecidos é o neurônio MCP, denominado assim por ter sido proposto por McCulloch e Pitts em 1943. Os neurônios MCP trabalham com várias entradas e possuindo apenas uma saída, conforme visualizado na Figura 1.

As RNAs se estruturam semelhantemente ao cérebro humano, com processamento neuronal em paralelo, onde se tem uma porta de entrada, aplicando ações como associação, abstração, aprendizagem e generalização, que são capazes de processar usando funções matemáticas de forma simples. (FERREIRA *et al.*; 2011).

As Redes Perceptron Multicamadas (PCM) são um dos modelos de RNA mais aplicados, caracterizadas por possuir, ao menos, uma camada intermediária de neurônio artificial, entre as camadas de entrada e saída, conforme demonstra Figura 2. (AMORIM, 2015).



Figura 1 – Neurônio MCP

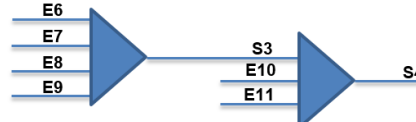


Figura 2 – Rede PCM

O esquema da RNA expresso na Figura 2 representa as entradas E6, E7, E8 e E9 e saída S3 compondo um neurônio. Então, a saída S3 torna-se uma entrada para o segundo neurônio juntamente com as entradas E10 e E11, gerando a saída S4. Esta combinação dos dois neurônios forma uma RNA com topologia tipo PCM.

Ao combinar a Lógica *Fuzzy* com as RNAs, tem-se as RNF, que permitem em sua combinação uma interpretação de dados, sejam eles qualitativos ou quantitativos, de forma que se adapte a uma rápida solução de problemas. Nesse sentido, pode-se resumir essa combinação registrando

que o processamento neuronal se dá sustentado nas três etapas da Lógica *Fuzzy*, ou seja, na *Fuzzy*ificação, Inferência e De*Fuzzy*ificação.

## 4. Estudo de caso

### 4.1. Objeto do estudo de caso

A empresa objeto desse estudo de caso é uma multinacional francesa, líder global em consultoria de engenharia de alta tecnologia, P&D e inovação, com cerca de 1.200 colaboradores em seus 11 escritórios no Brasil, com atuação no setor automotivo, telecomunicações e financeiro, fundada em 1982, com presença em mais de 20 países.

Atualmente, a empresa opera com a metodologia *Scrum* e *Design Thinking*, que tem como foco a Gestão de Processos. Entretanto, não utiliza nenhuma ferramenta de gestão que permita realizar o mapeamento, controle e monitoramento dos indicadores da empresa, apesar da existência de estas métricas na sua gestão.

A percepção que se tem na empresa é que não realiza planos de ações com foco institucional, sendo necessária a criação de mapa estratégico para monitorar os indicadores e metas que necessitam ser padronizados. Essa percepção visa ainda estabelecerem-se medidas que possam diminuir os impactos por intermédio da otimização de processos, tendo assim maior eficiência na sua gestão.

Portanto, implantar o BSC e desenvolver um modelo matemático que permita gerar indicadores adicionais aos existentes para avaliação do seu desempenho corporativo, pode promover aperfeiçoamentos aos seus sistemas de planejamento e controle empresarial.

### 4.2. Proposta de BSC

Como observado no item anterior, a empresa detém dez indicadores de desempenho, mas não os agrega na sistemática do BSC e, por isso, não existe a visão sistêmica de como está o seu desempenho holístico. Desta forma, a seguir, os indicadores são caracterizados e alocados junto às suas perspectivas:

- ✓ Perspectiva Financeira ( $P_1$ )
  - Resultado Financeiro ( $VEF_1$ ): capacita o acompanhamento e a evolução financeira, sendo a relação da receita total executada sobre a despesa total executada na empresa.
- ✓ Perspectiva Cliente e Sociedade ( $P_2$ )
  - Proteção de Dados ( $VEF_2$ ): por intermédio dele é possível acompanhar as capacitações para que os funcionários tenham certificações para proteção das liberdades fundamentais dos dados pessoais. Tendo conformidade com o Regulamento Geral de Proteção de Dados, onde regem a coleta, processamento, retenção e uso dos dados para identificar variações riscos e um plano de ação associado nas regulamentações.
  - Luta contra a Corrupção ( $VEF_3$ ): por este indicador se monitora o número de alertas recebidos pelo sistema de denúncia e analisa a corrupção por um funcionário ou terceirizados da empresa.
  - Saúde e Segurança ( $VEF_4$ ): indicador que representa o número de acidentes de trabalho, a frequência e a gravidade do acidente, sendo possível analisar e garantir as políticas de segurança impostas pela a empresa para terem ações de prevenções mais adequadas.
- ✓ Perspectiva Processos Internos ( $P_3$ )
  - Diálogo Social ( $VEF_5$ ): consolida nesta métrica a quantidade de acordos coletivos assinados com o percentual de empregados cobertos por um dos acordos, onde seja

- viável a existência de representação local de funcionários, sendo fundamental a política social progressiva e a contribuição para o sucesso das operações internas da empresa.
- Habilidades Aprimoradas (VEF<sub>6</sub>): incorpora nesta métrica a capacidade da empresa em aumentar e manter o nível das habilidades dos funcionários dentro de suas equipes para alcançar os desafios dos clientes e conduzir projetos de negócios analisando o número de funcionários treinados.
  - Desempenho Ambiental (VEF<sub>7</sub>): por este indicador se promove o acompanhamento das emissões de CO<sub>2</sub> pela empresa, onde verifica-se o número de sites e porcentagem de funcionários cobertos pela certificação ISO 14001.
  - ✓ Perspectiva Aprendizado e Crescimento (P<sub>4</sub>)
    - Partidas Voluntárias (VEF<sub>8</sub>): permite o monitoramento da taxa de demissão em relação número médio de funcionários ao longo do ano. Acompanhamento da capacidade da empresa em reter seus funcionários em um setor de negócios em que a rotatividade é alta e inerente à profissão de consultor.
    - Qualidade do Trabalhador (VEF<sub>9</sub>): promove um acompanhamento dos números de países com um programa dedicado ao bem-estar no trabalho, contendo políticas de qualidade de vida e oferecendo atividades ou serviços que incentivam uma queda da taxa de absenteísmo.
    - Diversidade dos Órgãos Administrativos (VEF<sub>10</sub>): monitora a taxa de desenvolvimento da igualdade de gênero e inclusão de PCD dentro da empresa, de forma em que ocorram princípios éticos e balanços sociais fundamentais na gestão de recursos humanos.

### 4.3. Modelo matemático Neuro-Fuzzy

As variáveis de entrada *Fuzzy* são formadas pelos indicadores, nomeados como Indicadores BSC. Para esta formação devem-se definir o universo de discurso, termos linguísticos e funções de pertinência.

Os dados que servirão para representar os resultados dos indicadores são quantitativos e serão representados nas variáveis de entrada *Fuzzy* com universo de discurso normalizado variando entre 0 e 1, com termos linguísticos denominados por “Ruim”, “Regular” e “Bom” e funções de pertinência triangulares.

As três Integrais-*Fuzzy* apresentadas a seguir ditam a modelagem das variáveis de entrada *Fuzzy* para os indicadores BSC. No caso dos indicadores Resultado Financeiro (RF), Proteção de Dados (PD), Diálogo Social (DS), Habilidades Aprimoradas (HA), Desempenho ambiental (DA) e Diversidade dos Órgãos Administrativos (DOA), têm-se TL1 = “Ruim”, TL2 = “Regular”, TL3= “Bom”. Para os indicadores Luta Contra Corrupção (LCC), Saúde e Segurança (SS), Partidas Voluntárias (PA) e Qualidade do Trabalhador (QT), têm-se TL1= “Bom”, TL2 = “Regular”, TL3= “Ruim”.

$$\begin{aligned}
 TL1 &= \int_{0 \rightarrow 1}^{0,3 \rightarrow 0} \frac{x - 0,3}{-0,3} / X & TL2 &= \int_{0,2 \rightarrow 0}^{0,5 \rightarrow 1} \frac{x - 0,2}{0,3} / X + \int_{0,5 \rightarrow 1}^{0,8 \rightarrow 0} \frac{x - 0,8}{-0,3} / X \\
 TL3 &= \int_{0,7 \rightarrow 0}^{1,0 \rightarrow 1} \frac{x - 0,7}{0,3} / X
 \end{aligned}$$

Nesse trabalho é utilizado um modelo computacional sustentado em estrutura de RNA (figura 3), onde ocorre os processamentos em paralelo de  $n$  variáveis de entrada (VF<sub>n</sub>), como em uma rede com topologia PCM, submetidas a  $m$  neurônios artificiais MCP (N<sub>m</sub>), bem como das  $k$  variáveis de saída de cada neurônio (P<sub>k</sub>) que representam os indicadores das perspectivas do BSC e se traduzem em entradas do último neurônio (N1), que permitirá a definição do Indicador



Principal da Empresa (IPE). Não será efetuado o treinamento desta rede, pois não há dados de entrada validados com as respostas adequadas ao processo.

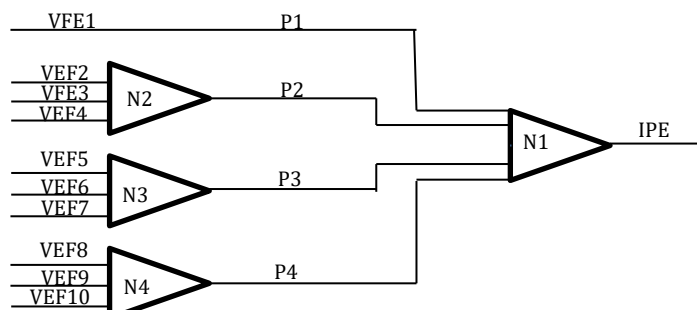


Figura 3 – Modelo de Rede Neural Artificial para BSC

O modelo matemático é implementado computacionalmente com o apoio do software Microsoft Excel, onde os processamentos neuronais são efetuados na ordem *Fuzzy*ificação, Inferência e *DeFuzzy*ificação.

#### 4.4. Resultado do processamento dos dados

Para demonstrar o processamento dos dados pelo modelo se utilizará, como exemplo, o neurônio N2, que é composto pelas variáveis de entrada VEF2, VEF3 e VEF4. Os demais neurônios (N3, N4 e N1) seguem as mesmas sequências de processamento de N2.

Os dados de entrada serão referentes ao mês de janeiro/2019. Todos eles foram normalizados para apresentação neste trabalho, para proteção contra divulgação de dados estratégicos da corporação. Para N2 têm-se  $VEF_2=0,45$ ,  $VEF_3=0,45$  e  $VEF_4=0,30$ . Os vetores *Fuzzy* de saída da etapa *Fuzzy*ificação de N2 estão expostos adiante.

$$VEF_2 = \left\{ \frac{0}{Ruim} + \frac{0,83}{Regular} + \frac{0}{Bom} \right\} \quad VEF_3 = \left\{ \frac{0}{Bom} + \frac{0,83}{Regular} + \frac{0}{Ruim} \right\} \quad VEF_4 = \left\{ \frac{0}{Bom} + \frac{0,33}{Regular} + \frac{0}{Ruim} \right\}$$

Na inferência destaca-se a maior possibilidade entre as funções de pertinência das variáveis de entrada, ou seja, àquelas que são ativadas quando submetidas aos valores do universo de discurso:  $\mu_{VEF_2}(x) = 0,83/Regular$ ;  $\mu_{VEF_3}(x) = 0,83/Regular$  e  $\mu_{VEF_4}(x) = 0,33/Regular$

A *DeFuzzy*ificação retorna do mundo *Fuzzy* para o mundo real. Pelo método do Centro dos Máximos, onde é efetuada a média ponderada dos valores de entrada de VEF2 a VEF4 pelos graus de pertinência ativados na Inferência, redundando em valor de saída de N2, ou seja,  $P2=0,43$ . As Tabelas 1 a 2 refletem os resultados para o período testado.

Tabela 1 – Variáveis de Entrada e Saída de N2

Meses	VEF2	VEF3	VEF4	P2	VEF5	VEF6	VEF7	P3
01	0,45	0,45	0,30	0,43	0,91	0,49	0,99	0,79
02	0,40	0,26	0,22	0,34	0,92	0,76	0,99	0,94
03	0,54	0,49	0,45	0,49	0,96	0,47	1,00	0,82
04	0,77	0,40	0,55	0,52	0,81	0,51	0,99	0,76
05	0,74	0,65	0,33	0,54	0,81	0,59	0,82	0,71
06	0,60	0,85	0,46	0,60	0,98	0,57	0,94	0,84
07	0,50	0,27	0,49	0,47	0,97	0,50	0,96	0,80
08	0,62	0,54	0,81	0,62	0,95	0,98	0,93	0,96
09	0,37	0,49	0,29	0,42	0,88	0,78	0,96	0,90
10	0,69	0,29	0,43	0,47	0,94	0,71	0,94	0,90

11	0,77	1,00	0,57	0,81	0,96	1,00	0,96	0,97
12	1,00	0,89	1,00	0,97	1,00	0,58	0,98	0,88

Tabela 2 – Variáveis de Entrada e Saída de N4

Meses	VEF8	VEF9	VEF10	P4	VEF1/P1	P2	P3	P4	IPE
01	0,65	0,91	0,75	0,80	0,61	0,43	0,79	0,80	0,60
02	0,87	1,00	0,78	0,93	0,70	0,33	0,94	0,93	0,79
03	0,43	0,94	0,83	0,72	0,71	0,49	0,82	0,72	0,62
04	0,52	0,88	0,83	0,70	0,67	0,52	0,76	0,70	0,61
05	0,70	0,83	0,82	0,79	0,69	0,54	0,71	0,79	0,64
06	0,95	0,84	1,00	0,95	0,67	0,60	0,84	0,95	0,78
07	0,57	0,87	1,00	0,83	1,00	0,47	0,80	0,83	0,77
08	0,35	0,95	0,89	0,78	0,74	0,62	0,96	0,78	0,81
09	0,48	0,91	0,90	0,73	0,80	0,42	0,90	0,73	0,68
10	0,74	0,84	0,94	0,88	0,63	0,47	0,90	0,88	0,70
11	0,96	0,88	0,97	0,94	0,64	0,81	0,97	0,94	0,87
12	0,52	0,81	0,94	0,73	0,64	0,97	0,88	0,73	0,84

4.5. Análise dos resultados das saídas

Os dados foram simulados para 12 meses e processados igualmente pelo modelo matemático para geração da série histórica do IPE e para as perspectivas do BSC (Figura 4). O IPE denota a condição sistêmica da empresa sustentada pelo formato BSC.

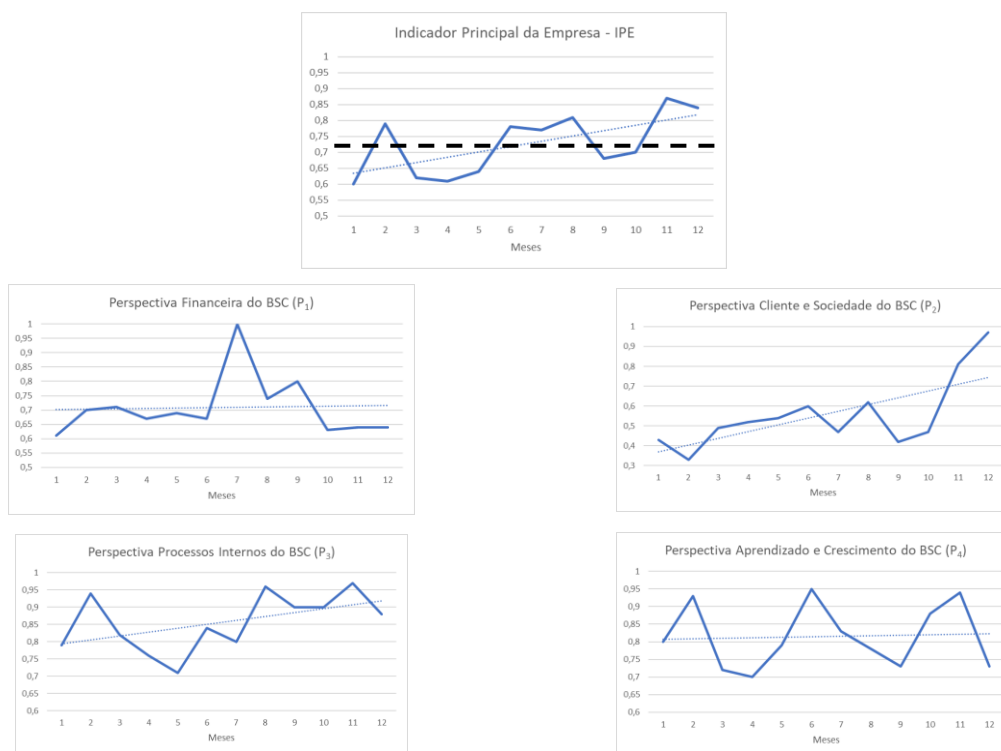


Figura 4 – Séries histórica do IPE e Perspectivas do BSC

Analisando-se friamente o gráfico do IPE, por intermédio da reta pontilhada observa-se certa tendência de melhoria das condições da empresa, tendo em junho a ultrapassagem do valor médio do ano (linha tracejada). As perspectivas P2 e P3 caracterizam melhorias claras nos respectivos aspectos; enquanto P1 e P4 mantêm-se em estabilidade ao longo de 12 meses.

Mais detalhadamente, nota-se no gráfico do IPE que existem pontos de vale nos meses de janeiro, março, abril, maio, setembro e outubro. Esses pontos sofrem influência da perspectiva Cliente e Sociedade (P2). Já nos pontos de picos nos meses de fevereiro, junho, julho, agosto, novembro e dezembro, ressaltando-se os meses de fevereiro, agosto e novembro, que se referem ao bom desempenho da perspectiva Processos Internos (P3), tendo novembro como mês de melhor índice.

São inúmeras as possibilidades de análises da empresa quando se confrontam os fatos reais registrados nos seus apontamentos, que este trabalho não tem domínio. Este aprofundamento permite que a empresa possa adotar medidas gerenciais mais pontuais que tratem de possíveis desvios, com assertividade nas decisões.

### 5. Considerações finais

Como citado anteriormente, a empresa faz uso das ferramentas Scrum e Design Think, com foco na gestão de processos, não dispondo de nenhuma ferramenta para gestão de seus indicadores, acreditando-se, dessa forma, que este trabalho possa contribuir de forma significativa para implementação do BSC alinhado ao modelo matemático *Neuro-Fuzzy*, permitindo-se mapear, controlar, monitorar indicadores e analisar o desempenho holístico de forma uniforme.

Neste aspecto é fundamental salientar a vantagem do uso da topologia das RNA para agregação dos indicadores das perspectivas do BSC e criação de um indicador sistêmico. Desta forma, é possível observar a empresa sobre outra ótima, partindo-se do viés do indicador mais estratégico (IPE), passando pelo tático (indicadores das perspectivas) e chegando ao operacional (indicadores em si).

Além disso, o uso da lógica *Fuzzy* para o processamento neuronal permite larga amplitude de dados, permitindo-se manter características puramente quantitativas, mas possibilitando a abordagem qualitativa, caso necessitem.

Assim sendo, entende-se que o estudo de caso possibilitou estudar, validar e identificar potencialidades do uso prático em corporações para o BSC aliado às RNF.

Portanto, sugere-se que a empresa ponha em prática as mudanças apontadas viabilizando melhoria no seu resultado. Além disso, o modelo matemático se utilizado de forma permanente, possibilitará a realização de análises mais precisas, tornando viável avançar para as metas de longo prazo.

### Referências

**AMARAL, B. G. D; PETRI, Sérgio Murilo; MAROSTICA, Josiane.** *O Processo de Implantação do Balanced Scorecard na Gestão Estratégica de uma Pequena Empresa Prestadora de Serviços.* Revista Científica do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina, v. 5, n. 7, p. 71-87, jun./2016. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/view/2316419005072016071>>. Acesso em: 5 nov. 2019.

**AMENDOLA, Mariangela; SOUZA, AL de; BARROS, Laécio Carvalho.** *Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5.* FEAGRI & IMECC/UNICAMP, p. 1-44, 2005.

**AMORIM, Aline Jardim.** *Desenvolvimento de uma rede neuro-Fuzzy para a previsão da carga.* 2015. 98 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126567>>.

**BARRETO, Jorge M.** *Introdução às Redes Neurais Artificiais.* Artigo. Laboratório de Conexão e Ciências Cognitivas UFSC. Florianópolis, SC. 2002

**BORGES, Vanessa.** *Planejamento e controle financeiro.* 1. ed. Rio de Janeiro: Copyright SESES, 2016. p. 5-159.

- BRANDÃO, H. P. et al.** *Gestão de desempenho por competências: integrando a gestão por competências, o balanced scorecard e a avaliação 360 graus.* Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 875-898, out./2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v42n5/a04v42n5>>. Acesso em: 4 mai. 2019.
- CHERRI, Adriana Cristina; JUNIOR, D. J. A; SILVA, I. N. D.** *Inferência Fuzzy para o problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis de material.* Sobrapo, Brasil, v. 31, n. 1, p. 173-194, jul./2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v31n1/v31n1a11.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2019.
- FERREIRA, Ricardo Pinto; SASSI, Renato José; AFFONSO, C. D. O.** *Aplicação de uma rede neuro Fuzzy para a previsão do comportamento do tráfego veicular urbano na região metropolitana da cidade de São Paulo.* EXACTA, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 363-375, dez./2011. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/index.php?journal=exacta&page=article&op=view&path%5B%5D=2957&path%5B%5D=2079>>. Acesso em: 3 ago. 2019.
- HERRERO FILHO, Emílio.** *Balanced Scorecard e a Gestão Estratégica: Uma Abordagem Prática.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P..** *Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System.* Harvard Business Review, Massachusetts, v. 1, n. 1, p. 1-13, fev./1996. Disponível em: <[http://jackson.com.np/home/documents/MBA4/Management\\_accounting/BSCHarvardBusinessReview.pdf](http://jackson.com.np/home/documents/MBA4/Management_accounting/BSCHarvardBusinessReview.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- MODAKA, Mousumi; GHOSH, Kunal Kanti; PATHAKB, Khanindra** *A BSC-ANP approach to organizational outsourcing decision support-A case study* Journal of Business Research Vol.103, Pgs. 432-447, October 2019
- MORAIS, Emerson Cordeiro.** *Reconhecimento de padrões e redes neurais artificiais em predição de estruturas secundárias de proteínas.* 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA Jr., H. A.** *Lógica Difusa – Aspectos Práticos E Aplicações* 192 Pgs. Editora Interciência, 1999, Rio De Janeiro, RJ, Brasil.
- ORTEGA, N. R. S.** *Aplicação da teoria de conjuntos Fuzzy a problemas da biomedicina.* USP - Instituto de física, são paulo, v. 1, n. 1, p. 1-166, mai./2001.
- PAKURÁR, Miklós; HADDAD, Hossam; POPP, József; KHAN, Tehmina; OLÁH, Judit** *Supply Chain Integration, Organizational Performance and Balanced Scorecard: an Empirical Study of the Banking Sector in Jordan* No. 2, pgs.129-146, 12/2019
- PRODANOV, C. C. e Freitas, E. C.** *De Metodologia Do Trabalho Científico [Recurso Eletrônico]: Métodos E Técnicas Da Pesquisa E Do Trabalho Acadêmico*, 2. Ed., 2013, Novo Hamburgo, RS, Brasil.
- ROMPHO, Nopadol** *Why the Balanced Scorecard Fails in SMEs: A Case Study* International Journal of Business and Management ISSN(Online)1833-8119. Vol. 6, No. 11; November 2011.
- ROSS, T. J.** *Fuzzy Logic With Engineering Applications* Ed. Mcgraw-Hill, 1999, USA.
- ROVEDA, Sandra Regina Monteiro Masalskiene; ROVEDA, José Arnaldo Frutuoso; LOURENÇO, Roberto Wagner.** *Aplicação da Lógica Fuzzy para Estudo de Permeabilidade de Solos de Região Impactada da Baixada Santista.* Holos Environment, v. 11, n. 2, p. 180-187, 2011.
- SARRAF, Fatemeh and NEJADB, Shabnam Hashemi** *Improving performance evaluation based on balanced scorecard with grey relational analysis and data envelopment analysis approaches: Case study in water and wastewater companies.* Evaluation and Program Planning Vol.79, 101762, April 2020.
- SAVARIS, Charles Edsom; VOLTOLINI, Elton.** *Modelo de aplicação do balanced scorecard para cadeia de suprimentos.* FAE, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 59-72, dez./2004. Disponível em: <<https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/view/420>>. Acesso em: 9 set. 2019.
- SHAW, I. S. e SIMÕES, M. G.** *Controle E Modelagem Fuzzy* 1ª Ed. Edgard Blucher-FAPESP, 1999, São Paulo, SP, Brasil.
- SIMÕES, A. M. D; RODRIGUES, José Azevedo.** *O Uso E Os Impactos Do Balanced Scorecard Na Gestão Das Empresas. Revisão De Leitura E Oportunidades De Investigação.* Revista iberoamericana de contabilidad de gestión, Lisboa, v. 9, n. 18, p. 1-24, dez./2011. Disponível em: <[http://www.observatorio-iberoamericano.org/RICG/Nº\\_18/Ana\\_Maria\\_Dias\\_Simoes\\_y\\_José\\_Azevedo\\_Rodrigues.pdf](http://www.observatorio-iberoamericano.org/RICG/Nº_18/Ana_Maria_Dias_Simoes_y_José_Azevedo_Rodrigues.pdf)>. Acesso em: 4 jun. 2019.

**TANAKA, K.** *An Introduction To Fuzzy Logic For Practical Applications* Springer-Verlag, New York, 1997, USA.

**WANG, DX.** *A course in Fuzzy Systems and control*. (1a ed.). New Jersey: Prentice-Hall. 1-15, ago./2000. 1996, Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3095/3095>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

**WUERGES, Artur Filipe Ewald e BORBA, José Alonso** *Redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos: aplicações e possibilidades em finanças e contabilidade*. JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management [online]. 2010, v. 7, n. 1 [Acessado 12 Julho 2021], pp. 163-182. Disponível em: <<https://doi.org/10.4301/S1807-17752010000100007>>. Epub 22 Nov 2010. ISSN 1807-1775.