



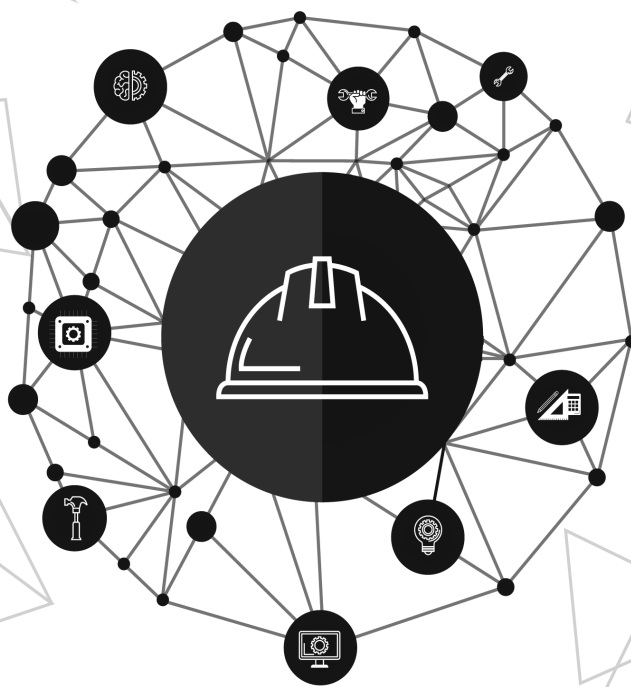
Análise de sucesso na indústria da construção civil utilizando redes neurais artificiais

Mauro Luiz Erpen

André Luiz Aquere de Cerqueira e Souza

Clóvis Neumann

Maria Cristina Bueno Coelho



Análise de sucesso na indústria da construção civil utilizando redes neurais artificiais

Mauro Luiz Erpen

André Luiz Aquere de Cerqueira e Souza

Clóvis Neumann

Maria Cristina Bueno Coelho

Editora Chefe

Marcia A. A. Marques

Coordenadora Editorial

Isabela Arantes Ferreira

Bibliotecária

Aline Grazielle Benites

Diagramação

Marcos Antonio Ribeiro Pereira

Arte da Capa

Matheus Lacerra

Imagem da Capa

Freepik

Revisão

Os autores

O conteúdo deste livro está licenciado sob uma licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).



2021 by Bookerfield Editora

Copyright © Bookerfield Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Bookerfield Editora

Os autores cedem à Bookerfield Editora os direitos para esta edição

Esta obra é de natureza digital (e-book). Versões impressas são permitidas, não tendo a Bookerfield Editora qualquer responsabilidade pela confecção e distribuição de exemplares físicos deste conteúdo.

Todos os manuscritos da obra passaram por rigorosa avaliação cega pelos pares, baseadas em critérios científicos e imparciais, recebendo a aprovação após atender os critérios técnicos estabelecidos pelo Conselho Editorial.

Todo o conteúdo do livro e de artigos individuais é de responsabilidade exclusiva de seus respectivos autores, não sendo a Bookerfield Editora responsável por quaisquer eventuais irregularidades.

Situações como plágio, má conduta ética/científica ou dados e resultados fraudulentos são de responsabilidade do autor, comprometendo-se a Bookerfield Editora em investigá-las rigorosamente e tomar as ações cabíveis.

O download, compartilhamento e referência da obra são permitidos mediante atribuição de crédito aos autores e à Editora. A comercialização desta obra é expressamente proibida.

CONSELHO EDITORIAL

Ciências Agrárias

Afrânio Silva Madeiro
Alirya Magda Santos do Vale Gomes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
Carlos Eugenio Fortes Teixeira
Daniela Kunkel
Daniele Cristina Ficanha
Elson Barbosa da Silva Junior
Fabiana Schiochet
Fernando Rezende da Costa
Flávio José Rodrigues Cruz
Heiriane Martins Sousa
João Francisco Severo Santos
Joelma Leão Buchir
Kleber Fernando Pereira
Marden Manuel Rodrigues Marques
Maria Cristina Bueno Coelho
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Pablo Daniel Freitas Bueno

Ciências Biológicas

Cesar Augusto Cunha Cervantes
Débora Cristina Damasceno
Érika Alves Tavares Marques
Fabiola Aliaga de Lima
Flávio José Rodrigues Cruz
Heiriane Martins Sousa
Jaqueline Rocha Borges dos Santos
Joelma Leão Buchir
José Amorim
José Maria Ferraz Filho
Jussara Gonçalves Fonseca
Kleber Fernando Pereira
Mário César de Oliveira
Morgana do Nascimento Xavier
Nathália Sayuri Yamamoto
Noemi Mendes Fernandes
Patricia Köster e Silva
Rafael Mesquita Stoque

Renato Luís Veiga Oliveira Júnior
Veronica Gabriela Ribeiro da Silva

Ciências da Saúde

Adriano José Barbosa Junior
Alexandre Daré de Almeida
Ana Irene Coelho Nunes
Ana Luiza Trovo Marques de Souza
Andrea Borges Gaia
Andressa Ribeiro Contreira
Camila Gemin R. Locatelli
Carlos Vinícius Pagani Vieira
Machado
Débora Cristina Damasceno
Elisângela Rodrigues Carrijo
Fabiana Leticia Sbaraini
Fabio José Antonio da Silva
Fabrício Casanova
Gisela da Costa Mascarenhas
Greicielle Pereira Arruda
Ivonete Aparecida Alves Sampaio
Janaina da Câmara Zambelli
Jandira Maria do Amarilho Silveira
Jaqueline Rocha Borges dos Santos
João Francisco Severo Santos
Jogilmira Macedo Silva Mendes
José Aderval Aragão
José Maria Ferraz Filho
José Robertto Zaffalon Júnior
Juliane Campos Inácio
June Fernanda Maria Teixeira
Katia Fernanda Forti Porcaro
Kilvia Paula Soares Macedo
Líncon Bordignon Somensi
Luciane Cristina Arantes
Marcello Alberton Herdt
Marcelo Benedet Tournier
Marcelo de Oliveira Pinto
Marcos Guimarães de Souza Cunha

Marcos Roberto Brasil
Maria Cristina C Nepomuceno
Carvalho
Nara Michelle Moura Soares
Nillianne Charles Ribeiro
Rafael Mesquita Stoque
Randson Souza Rosa
Renato Carlos Machado
Rogério Wagner da Silva
Sheila Moura Amaral
Simone Mattos do Nascimento
Sofia Banzatto
Suzana Silva Lira
Taíza Fernanda Ramalhais
Thaís Mendonça Resende
Thiago Luciano Rodrigues da Silva
Valéria Rodrigues da Conceição
Veronica Gabriela Ribeiro da Silva
Vivian Victoria Vivanco Valenzuela

Ciências Exatas e da Terra

Andrea Sartori Jabur
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Dalvani Fernandes
Duany Dreyton Bezerra Sousa
Edfram Rodrigues Pereira
Evandro Preuss
Gisane Aparecida Michelin
Henrique Mariano Costa do Amaral
Henrique Pereira Oliveira Neves
Hermam Vargas Silva
Isidro ihadua
João César Abreu de Oliveira Filho
Lívia Sancho
Luiz Eduardo da Silva Gomes
Manolo Cleiton Costa de Freitas
Marco Aurélio Schünke
Marcos do Carmo Pereira
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Sonia Tomie Tanimoto
Vagner Marques de Moura
Valdecir Alves dos Santos Júnior

Ciências Humanas

Adailton Pereira de Melo
Alberto Carlos de Souza
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Breno Henrique Ferreira Cypriano
Bruna Pacheco de Almeida
Bruno Cezar Silva
Camila Bueno Grejo
Camila de Vasconcelos Tabares
Carlos Eduardo Mauricio
Dalvani Fernandes
Dayane Cristina Guarnieri
Deiziane Pinheiro Aguiar
Eduardo Henrique Assis Cidade
Elisângela Rodrigues Carrijo
Eulalia Fabiano
Fernando Cesar Mendes Barbosa
Guilherme Camara Meireles
Guilherme William Udo Santos
Isadora Vianna Sento-Sé
João César Abreu de Oliveira Filho
João Francisco Severo Santos
Josael Jario Santos Lima
Josiane Nascimento Andrade
Luana Mayer de Souza
Marcos Pereira dos Santos
Marcos Pereira Magalhães
Maria Cristina C Nepomuceno
Carvalho
Marlon Nantes Foss
Miguel Rodrigues Netto
Oscar Yecid Bello Bello
Rebecca Bianca de Melo Magalhães
Sandra das Dores Souza
Silvio Santiago-Vieira
Susan Audrey Bueno dos Santos
Taíza Fernanda Ramalhais
Tatiane dos Santos Duarte
Vanderlei Frari
Vânia Maria Carvalho de Sousa
Vinícius Dantas Silveira

Ciências Sociais Aplicadas

Aline De Souza Lima Barbaroto
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Bruna Pacheco de Almeida
Bruno Cezar Silva
Camila Nathalia Padula de Godoy
Cassio Rene Duminelli
Daniel Nascimento e Silva
Eduardo Henrique Assis Cidade
Elisângela Rodrigues Carrijo
Érika Rigotti Furtado
Eulalia Fabiano
Fernando Cesar Mendes Barbosa
Gisela da Costa Mascarenhas
Hermam Vargas Silva
Horácio Monteschio
Isabel das Mercedes Costa
Isadora Vianna Sento-Sé
João Clécio de Sousa Holanda
João Francisco Severo Santos
João Vitor Gomes Pinto
Josael Jario Santos Lima
Josiane Nascimento Andrade
Marco Aurelio de Jesus Mendes
Maria Cristina C Nepomuceno
Carvalho
Miguel Rodrigues Netto
Nelson Calsavara Garcia Junior
Renato Obikawa Kyosen
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Sandra Couto Barbosa
Solange Kileber
Susan Audrey Bueno dos Santos
Vanessa Paiva Costa Vale
Vinícius Dantas Silveira

Engenharias

Alejandro Victor Hidalgo Valdivia
Andrea Sartori Jabur
Andréia Monique Lermen
Daniele Cristina Ficanha
Elaine Patricia Arantes

Fernando Oliveira de Andrade
Henrique Mariano Costa do Amaral
Israel Henrique Ribeiro Rios
Jaime Andres Castaneda Barbosa
Marcelo Henrique da Silva
Marcelo Marques
Marcos Guimarães de Souza Cunha
Rafael Gonçalves Mafra
Rodolfo Lucas Bortoluzzi
Thiago Averaldo Bimestre
Valdecir Alves dos Santos Júnior
Vanessa Paiva Costa Vale

Linguística, Letras e Artes

Alberto Carlos de Souza
Geison Araujo Silva
Guilherme William Udo Santos
José Edson Barros Correia
Luciano de Oliveira Costa
Márcia Donizete Leite-Oliveira
Marlon Nantes Foss
Silvio Santiago-Vieira
Thiago Blanch Pires
Vera Regiane Brescovici Nunes

Multidisciplinar

Alejandro Victor Hidalgo Valdivia
Aline De Souza Lima Barbaroto
Ana Margarida Theodoro Caminhas
Andrea Sartori Jabur
Andréia Monique Lermen
Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Érika Alves Tavares Marques
Fernanda Imada de Lima
Fernando Oliveira de Andrade
Guilherme Camara Meireles
Isidro ihadua
José Amorim
Marcelo Marques
Vanessa Paiva Costa Vale

Análise de Sucesso na Indústria da Construção Civil Utilizando Redes Neurais Artificiais

Editora Chefe Marcia A. A. Marques
Coordenadora Editorial Isabela Arantes Ferreira
Bibliotecária Aline Grazielle Benitez
Diagramação Marcos Antonio Ribeiro Pereira
Revisão Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Fatores críticos de sucesso na indústria da construção civil utilizando redes neurais artificiais [livro eletrônico] / Mauro Luiz Erpen ... [et al.] ; coordenação Isabela Arantes Ferreira. -- São Paulo : Bookerfield, 2021.
PDF.

Outros autores : André Luiz Aquere de Cerqueira e Souza, Clóvis Neumann, Maria Cristina Bueno Coelho.
ISBN 978-65-89929-12-3

1. Construção civil 2. Engenharia civil
3. Redes neurais (Ciência da computação)
I. Erpen, Mauro Luiz. II. Souza, André Luiz
Aquere de Cerqueira e. III. Neumann, Clóvis.
IV. Coelho, Maria Cristina Bueno. V. Ferreira,
Isabela Arantes. III. Título.

21-73978

CDD-624

Índices para catálogo sistemático:

1. Construção civil : Engenharia 624

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

DOI 10.53268/BKF21090400

Bookerfield Editora
São Paulo – Brasil
Telefone: +55 (11) 99841-4444
www.bookerfield.com
contato@bookerfield.com



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade desta obra; declaram que participaram da elaboração e revisão da obra, atestando a confiabilidade dos dados e resultados; declaram que a obra está livre de plágio acadêmico; declaram que a publicação desta obra não fere qualquer outro contrato por eles firmados; declaram ter atendido eventuais exigências de outras partes, como instituições financiadoras, para a publicação desta obra.

À minha esposa Maria Cristina, com quem
compartilhei os melhores momentos de
minha vida, e muitos que virão!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado condições e forças para a conclusão desta tese;

Ao Professor Dr. André Luiz Aquere de Cerqueira e Souza, por inúmeras razões. Por ter me orientado neste trabalho de forma segura e com muito bom senso, por ter estado ao meu lado nos momentos difíceis desta trajetória.

Ao Professor Dr. Clóvis Neumann, por outras inúmeras razões. Por ter aceitado esta coorientação, num momento que mais necessitava de apoio, e também em conjunto com o Professor André ter me indicado de forma clara o caminho a ser seguido neste novo mundo da Gestão de Projetos.

Ao Professores e Técnicos do Campus Gurupi do Instituto Federal do Tocantins, Prof. Rodrigo Araújo Fortes, Profa. Danielma Silva Maia, Prof. Clerson Reis, Prof. Paulo Roberto, Profa. Kárita Alves, Profa. Áurea pela amizade, convivência e inúmeras horas de ponderações e rumos de nossas trajetórias pela consolidação do curso de Engenharia Civil.

Em especial ao Prof. Fábio Batista da Silva (in memoriam), pela amizade e exemplo de personalidade.

Ao meu querido amigo Nelito e filhos, pela amizade, companheirismo, convivência harmoniosa e pelos constantes auxílios em diversos momentos da vida.

Aos amigos de minha esposa, Juliana, Varavallo, Giongo, Damiana, Paulo Toscheke, Marcela e André que por agregação se tornaram indispensáveis em minha vida.

Ao Prof. Francisco Claudio pelas horas de debates sobre os mais diversos assuntos que mesmo com nossas divergências soubemos manter o respeito e amizade.

Ao IFTO e a UnB por meio do PECC que me proporcionaram esse desafio.

Ao Professores Dr. Claudio e Dr. Annibal pelas considerações na oportunidade da qualificação, que muito contribuíram para o resultado final desta pesquisa.

A “Vó Chininha” (in memoriam), que sempre me acolheu como neto e com muito carinho se sentia segura quando eu estava em seu lado conduzindo seus passos.

Aos meus queridos sogros Flávio e Marilene, pela convivência, pelo carinho e ser exemplo de honestidade e caráter.

A toda família de minha esposa pelos inúmeros momentos de alegria que me proporcionaram.

A minhas Irmãs Gelci, Tania e Daria, pelo amor, carinho que nos manteve unidos, em especial a Liane pela convivência cuidado e atenção em nossa vida, ao meu irmão Paulo que mesmo mais distante sei que torce por mim, a todos os meus queridos sobrinhos que alegram e que por muitos motivos me trazem alegrias e certeza de um futuro melhor, e aos meus cunhados que sempre foram um exemplo de luta por um mundo mais justo.

A Dalva e Cristiane pela disponibilidade, amor e carinho, cuidaram da Liane para que eu e a Tina pudéssemos nos dedicar aos nossos respectivos desafios.

Aos meus pais Olivio e Anilda (in memoriam) pelo exemplo de amor, carinho, perseverança e força.

A minha esposa Maria Cristina, pelos incontáveis momentos de alegria e amor, por ser exemplo de solidariedade e companheirismo que por meio de suas incontáveis intervenções me deram suporte para conduzir esta jornada, e acima de tudo me motivou a concluir este trabalho.

APRESENTAÇÃO

Na engenharia um eficiente gerenciamento de projeto pode garantir o sucesso e reduzir os impactos de atrasos e mudanças que ocorrem durante a execução do empreendimento. Para tal, existem os Fatores Críticos de Sucesso (FCS). Com a identificação dos FCS, mais eficientes serão as medidas a tomar, evitando-se projetos mal sucedidos. O objetivo foi criar um modelo para análise dos FCS que afetam ao Gerenciamento de Projetos na indústria da Construção civil com o uso de Redes Neurais Artificiais. Depois de identificados os potenciais fatores de sucesso (FS) que afetam o Gerenciamento de Projetos, foi preparado um questionário para avaliar o efeito de cada fator. A análise das respostas foi feita pelo Índice de Importância Relativa (RII). A RNA foi utilizada para avaliar os fatores de sucesso mais significativos usando o software Neuro4 com o algoritmo Resilient Propagation para otimização de processos na obtenção de RNA satisfatórias. Foram calculados os índices relativos de importância e confeccionada a matriz que foi inserida no Neuro4 para obtenção de pesos para determinação dos FCS com uso do Algoritmo de Garson. O fator: Inspeção irrealista e os métodos de ensaio propostos no contrato foi o mais crítico no gerenciamento de projetos nos dois tempos considerados, Tempo de Pesquisa e Tempo de Experiência dos respondentes. As RNAs produzem subsídios para se conhecer a relevância das variáveis de entrada adotadas, são eficientes para ordenar e transferir conhecimento não estruturado e se constituem um meio rápido e preciso para modelagem de variáveis não lineares.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
Panorama da Construção Civil	15
Gerenciamento de projetos	17
Sucesso, Fatores Críticos de Sucesso e Redes Neurais Artificiais	19
Justificativa	20
Premissas	22
Premissa 1	22
Premissa 2	22
Premissa 3	23
Premissa 4	23
Originalidade da Pesquisa	23
Objetivos	25
Geral	25
Específicos	25
REFERENCIAL TEÓRICO	25
Gerenciamento de Projetos – Guia PMBOK	25
Sucesso de Projetos	31
Avaliação do Sucesso de Projetos	36
Fatores Críticos de Sucesso	45
Fatores Críticos de sucesso na construção civil	51
Critérios dos Fatores Críticos de Sucesso	56
Relação dos critérios identificados	57
Redes Neurais Artificiais	69
Neurônio biológico e Neurônio Artificial	71
Histórico de Redes Neurais Artificiais	75
Propriedades Principais das Redes Neurais Artificiais	78
Uso de Redes Neurais Artificiais na Engenharia Civil	79
METODOLOGIA	82
Definição do Modelo Conceitual	84
Coleta de Dados	85
Frases de pesquisa utilizadas e registros encontrados	86
Seleção e determinação das Variáveis (Fatores)	86
Elaboração do questionário	87
Tratamento dos Dados	90
Classificação pelo Índice de Importância Relativa	90

Treinamento de Redes Neurais Artificiais	90
Treinamento do Neuro4.....	96
Caracterização das Variáveis para o Treinamento.....	97
Classificação utilizando Redes Neurais Artificiais	97
Análise e Validação dos Resultados.....	98
RESULTADOS E DISCUSSÕES	99
Bibliografia dos Fatores no Gerenciamento de Projetos	99
Identificação dos Fatores Críticos no Gerenciamento de Projetos na Indústria da Construção civil.....	101
Identificação e Determinação do Público-alvo	102
Classificação dos FCS conforme índice de importância	107
Aplicação da Rede Neural Artificial (RNA)	111
Configuração para o Treinamento da Rede Neural.....	111
Determinação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS)	118
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	122
ANEXO 1	143

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

INTRODUÇÃO

A introdução está dividida em subitens explicando os motivos da realização do estudo e destacando sua importância, fornecendo os antecedentes que o justifiquem o mesmo através de revisão de literatura apresentando a evolução temática bem como a problematização e relevância para o campo da engenharia.

Panorama da Construção Civil

A indústria da construção é um dos setores mais representativos do país. Sua cadeia produtiva reúne construtoras, fabricantes e comerciantes de materiais, máquinas e equipamentos, serviços técnicos especializados, serviços imobiliários e consultorias de projetos, engenharia e arquitetura. A atividade movimenta diversas áreas e exerce influência direta e indireta no resultado econômico do Brasil. Sendo assim, a capacidade produtiva e o desenvolvimento nacional estão diretamente relacionados ao desempenho do setor. Além disso, a cadeia de construção civil tem importante papel social, pois cria oportunidades de trabalho para uma faixa da população com baixa

escolaridade e pouca qualificação profissional, sendo que a participação de profissionais com pelo menos o Ensino Médio concluído passou de 30% em setembro de 2007 para 43,2% no 3º trimestre de 2018, aumento de mais de 13 pontos percentuais em 11 anos (FIESP, 2019).

Na economia do país o setor da construção civil ocupa uma posição de destaque, tendo influências diretas no desenvolvimento e na capacidade de produção do país, crescendo de maneira significativa entre os anos de 2007 e 2012, atingindo um crescimento do PIB, 1,8 vezes maior do que o crescimento da economia como um todo. No ano de 2019 o PIB da construção civil (1,4%) terminou o ano com crescimento de 1,6% frente a 2018, resultado que interrompe um período de cinco anos de desempenho negativo no setor (IBGE 2019).

Em 2014, a indústria da construção civil totalizou 119 mil empresas, que ocuparam 2,9 milhões de pessoas, destas, 276.588 mulheres o que demonstra importante espaço na força de trabalho (CBIC, 2014) tendo como principais características o comprometimento, cuidado, qualidade, atenção e zelo

ao executarem as atividades.

Em 2015 este número mesmo subindo para mais de 131,4 mil empresas existiam 2, 4 milhões pessoas vinculadas, mostrando uma perda de mais de 1,5 milhão de vagas com carteira assinada, e tendo uma inflação, de 10,67%, sendo a maior desde 2002 (12,53%) e com os juros atingindo 14,25% a.a., sendo o maior patamar de quase 10 anos causando agravamento nas contas públicas (CBIC, 2017).

Este segmento empresarial passou por uma realidade influenciada pelo cenário macroeconômico brasileiro em que o Produto Interno Bruto (PIB) em 2013 variou apenas 0,1 % em 2014 retraiu em 3,8 %, seguindo com a retração nos anos de 2016 com 3,6% e de 5% em 2017 (BACEN, 2017).

Com isso os investimentos, caíram 14,1% em 2015, demonstrando a fragilidade do País e a sua séria crise econômica. Com esse resultado a taxa de investimento encerrou o ano de 2016 em 18,2%, abaixo de 2014, que foi 20,2% (CBIC, 2017).

Em 2017, o reajuste no perfil de renda das famílias beneficiadas pelo Minha Casa Minha Vida, passaram de R\$ 2.350,00 para R\$ 2.600,00 na Faixa 1, 5; de R\$ 3.600 para R\$ 4.000,00 na Faixa 2; e de R\$ 6.500,00 para até R\$ 9 mil na Faixa 3. Nas operações subvencionadas pelo Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) das Faixas 1,5; 2 e 3 do programa, foi feita uma correção pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INCC), podendo chegar até R\$ 240 mil, dependendo da região do País facilitando acesso ao primeiro imóvel e estimulando o setor da construção civil (PLANALTO, 2017).

A economia desacelerou no último trimestre de 2019, mesmo com a liberação dos saques do FGTS. A medida não teve efeito prático e, pelo contrário, reduziu a atividade na construção civil neste período por falta de recursos para financiamento da habitação. A previsão da CBIC era de que a construção civil alcançasse crescimento de 2%, mas ficou em 1,6 %. O que frustrou o desempenho foi exatamente na habitação de interesse social onde reside 90% do déficit habitacional do país. Apesar de ter crescido, o segmento poderia ter alta superior, pois ficou sem contratações durante muitos períodos de 2019, da mesma forma que no início de 2020, sendo que o mercado imobiliário cresceu 9,7% em vendas totais durante 2019, e tem contribuído na alta do PIB e do emprego, enquanto o financiamento do FGTS caiu em torno de 10% (CBIC, 2019).

Este panorama mostra que a concorrência e a necessidades dos clientes forçam as empresas da construção civil a reavaliarem seus objetivos tais como: sobrevivência do negócio, *turnover* e bem-estar de seus funcionários, através da produção de bens ou serviços além de suas medidas financeiras. Lucro e sucesso são considerados os principais impulsionadores de qualquer organização (ISIK *et al.*, 2010).

Gerenciamento de projetos

A construção civil relaciona uma grande gama de empresas, desde as pequenas até as grandes, e todos possuem importância para o crescimento econômico do País, isso faz com que o gerenciamento seja cada vez mais presente e rigoroso nas empresas. A crescente concorrência no setor da construção civil impulsionou as construtoras a buscar estratégias para estabelecer práticas de gestão que possibilitem acompanhar as mudanças ao ambiente, agregando valor aos negócios atuais e inovando nos novos negócios (MEDEIROS, 2012). Contudo, várias características, tais como: dificuldade na definição do escopo, interfaces do projeto, equipes multidisciplinares e interdependências de atividades, fazem com que o ambiente da construção seja desafiador para qualquer metodologia de gestão (POLITO, 2010).

No Brasil, apesar de observar-se o uso de técnicas com objetivos de monitorar e reduzir prazos e custos, ainda está em processo evolutivo, em especial no segmento da construção civil, o desenvolvimento de uma visão estruturada voltada ao uso de conhecimentos consolidados em gerenciamento de projetos (PINTO, 2012). Porém, o aumento da competitividade no setor e o aumento da complexidade dos projetos vêm exigindo também das construtoras a adoção de melhores práticas de gestão, fazendo com que a área ganhe importância dentro das corporações.

Para que as estimativas positivas nas empresas do segmento de construção civil alcancem seus objetivos, torna-se necessária a existência de uma administração eficaz para que os planejamentos orçamentários das obras sejam realizados com êxito, visto que para uma empresa permanecer competitiva, é necessária uma gestão integrada do desempenho, em que a produtividade tem de ser medida através de uma abordagem sistêmica e vinculada à estratégia de operações da empresa (KING, 2007).

Destaca-se que no presente trabalho o termo projeto é utilizado de acordo com a definição do Project Management Institute (PMI): “Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único (PMI, 2017).

Para Limmer (1997), gerenciar um projeto é assegurar também que este seja planejado em todas as suas fases, emitindo, através de mecanismos de controle, uma vigilância contínua onde os impactos de prazos e/ou custos sejam analisados e projetados para um horizonte de curto e médio prazos, possibilitando antecipar decisões gerenciais que garantam a execução do projeto no curso desejado. A indústria da construção civil é organizada em projetos e a teoria e práticas da produção dominantes são influenciadas intensamente pelos conceitos e técnicas da área denominada gestão de projetos (BALLARD, 2000).

E ainda, dentro da perspectiva de Flores (1982) os projetos são sempre esforços humanos: todos os projetos envolvem indivíduos com seus próprios interesses, que devem ser compatibilizados para a obtenção dos

objetivos maiores: “... a gestão é o processo de início, escuta e criação de compromissos, que incluem o interesse na articulação e ativação de uma rede de compromissos, produzida primeiramente por promessas e solicitações, reservando espaço para a autonomia das unidades envolvidas.”

O gerenciamento de um projeto envolve a coordenação eficaz e eficiente de recursos de diferentes tipos, como recursos humanos, materiais, financeiros, políticos, equipamentos, e de esforços necessários para obter-se o produto final desejado – no caso da construção civil, obra construída, atendendo-se a parâmetros preestabelecidos de prazo, custo e qualidade.

O risco do projeto inclui os processos envolvidos na identificação, análise e resposta a estes riscos do projeto. Isto inclui a maximização dos resultados de eventos positivos e minimização das consequências de eventos negativos, resumindo, o gerenciamento de riscos busca com que as oportunidades positivas sejam vistas e exploradas e que os eventos negativos sejam também visualizados, porém que sejam controlados (PMI, 2014).

Por se tratar de uma atividade que envolve vários processos conjuntos, é necessário um sistema de gerenciamento eficiente, possibilitando controle e aumento de produtividade. A informatização, possibilitando a criação de bancos de dados, passou a ser uma das principais mudanças que permitiu que o setor viesse a ter maior gerenciamento dos processos. Souza (2012) caracteriza essa primeira visão de gestão de projetos como uma questão burocrática, servindo apenas para apoio interno as organizações e sem proveitos práticos. Algumas mudanças, como a implantação da gestão de projetos na produção direta das empresas, proporcionou o aumento dos níveis de eficiência, qualidade e valores apresentados aos clientes. Por se tratar de uma atividade que envolve vários processos conjuntos, é necessário um sistema de gerenciamento eficiente, possibilitando controle e aumento de produtividade. O autor também salienta que a gestão de obras ampliou os processos promovendo ganho de recursos, seguidos da programação das atividades que possibilita controle da quantidade, dos prazos e dos custos.

A Gestão de Projetos da construção civil é o processo de planejamento de obra, execução e controle do processo construtivo, desde o seu início até a sua conclusão, atingindo o objetivo final num certo curto prazo, com um certo custo e através da mobilização de recursos humanos e de materiais de construção (SANTOS e FARIAS FILHO, 2011). Estes autores também ressaltam que, maior sendo a complexidade técnica do projeto, envolvendo grande volume econômico ou de materiais, mais implicará em conhecimentos teóricos e práticos por parte de quem tem a missão de gerir, conceber, executar ou de fiscalizar o desenvolvimento dos projetos. O gestor de projetos é o principal integrador da informação, e quanto mais ativa e transparente for a comunicação, melhores resultados produzirá.

Sucesso, Fatores Críticos de Sucesso e Redes Neurais Artificiais

De acordo com Aramayo (2013), ter sucesso significa lidar com todos os problemas inesperados e obter resultados benéficos para os *stakeholders* do projeto. O autor ainda considera bem-sucedido, o projeto que é executado dentro do prazo, orçamento e nível de qualidade desejado, atendendo as expectativas dos principais *stakeholders*. O sucesso de um projeto é medido em função dos objetivos gerais deste. Isto implica que o mesmo não pode ser medido até que o projeto possa ser concluído.

Neste sentido, a obtenção de sucesso depende de muitos fatores que causam efeito direto sobre o desempenho das organizações. Dentro da Indústria da construção civil, é ainda mais difícil adotar ou manter uma estratégia científica para medir o sucesso devido à diversidade e complexidade das organizações de construção (Abraham 2002). Todas as indústrias hoje em dia são dinâmicas e a indústria da construção não está excluída. De fato, os projetos de construção envolvem um dos ambientes mais vibrantes e complexos. O aumento das incertezas, tecnologia, orçamento e processo de desenvolvimento criam uma indústria de construção altamente competitiva.

De acordo com Matos e Lopes (2013) a GP tornou-se uma ferramenta indispensável no desenvolvimento de projetos em muitas áreas de negócio, e segundo Silva *et al.* (2014) surge como um fator essencial na determinação do sucesso de uma organização. É uma ferramenta cada vez mais usada pelas organizações para atingir os seus muitos e diversos objetivos (Meredith e Mantel, 2009). No entanto, para que os objetivos sejam alcançados, é necessário distinguir práticas nas áreas da empresa essenciais ao sucesso, bem como o alinhamento dos recursos para encaminhar a empresa na mesma direção (Seixas, 2014).

Para tal, existem os FCS, que como instrumento de gestão, identificam o conjunto de práticas que se mostram essenciais para a empresa alcançar a sua missão. Ajudam na clarificação daquilo que é mais importante e permitem a execução autónoma do trabalho individual, enquadrado pelos objetivos gerais da empresa (Carvalho, 2008; Seixas, 2014). Os FCS são em número limitado de elementos que deverão ter resultados satisfatórios para assegurar o desempenho competitivo de sucesso da organização (Amaral, 1994; Rockart, 1982).

No que diz respeito aos projetos, ter-se-á também que assegurar bons resultados para os seus FCS, os quais são identificados após a obtenção dos objetivos ou finalidades do projeto, traduzindo-se nas necessidades a satisfazer para conseguir alcançá-los (Amaral, 1994; Rockart, 1982). Com a identificação dos FCS, mais eficientes serão as medidas a tomar, evitando-se projetos malsucedidos e potenciando-se o seu sucesso. É assim possível também a identificação de problemas nos projetos atuais e o desencadeamento de medidas corretivas em relação aos mesmos (Saqib, Farooqui, e Lodi, 2008).

Algumas categorias de problemas e desafios enfrentados em gestão de projetos podem depender de vários fatores sutis de tal maneira que um algoritmo computacional não pode ser criado para calcular seu resultado (KRIESEL, 2005).

Nesta perspectiva, pode-se citar a existência de ferramentas tais como o guia PMBOX, softwares como International Competence Baseline (ICB), Scrum (Schwaber e Beedle, 2002), Projects in Controlled Environments (PRINCE2); Project Planning and Project Management (P2M); Association for Project Management (APM) (Ghosh *et al.*, 2012) e das Redes Neurais Artificiais (RNAs). Estas são uma família de modelos estatísticos de aprendizagem cujo funcionamento é inspirado na maneira com que sistemas nervosos biológicos, como o cérebro, processam informação. Eles processam registros um por vez, e “aprendem” comparando os resultados obtidos com os resultados reais previamente conhecidos. Os erros da classificação inicial do primeiro registro são retroalimentados à rede e são usados para modificar os algoritmos da mesma para a segunda iteração, e assim por diante continua, para um grande número de repetições, num processo de aprendizagem cujo objetivo é prever resultados confiáveis a partir de dados complicados ou imprecisos (STERGIOU e CIGANOS, 1996).

Justificativa

A indústria da construção civil é dinâmica por natureza devido às incertezas crescentes na tecnologia, nos orçamentos e nos processos de desenvolvimento, o estudo do sucesso com a determinação dos seus Fatores Críticos (FC) podem ser utilizados como um meio para melhorar o Gerenciamento de Projetos. Dois tipos de Fatores de Sucesso (FS) citados por Fortune e White (2006) são considerados relevantes, os Fatores do Processo (associados à estratégia utilizada para alcançar o sucesso) e Fatores do Projeto (surtem da lista de resultados e benefícios). Devemos identificar aqueles fatores que permitam produzir facilmente algumas medidas e que definam como mensurar os progressos atingidos. Independentemente dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) determinados, deve-se certificar de que estes sejam aceitáveis pelas partes interessadas (Stakeholders), para que possam usá-los como um meio de medir o desempenho organizacional.

A identificação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) permite aos gestores determinarem quais são os processos essenciais para o funcionamento adequado do negócio e auxilia a organização a não perder foco e a priorizar os investimentos nas áreas que necessitam mais atenção. Colauto *et al.* (2004) determinam também que esta identificação dos FCS fornece uma informação estratégica e podem auxiliar na tomada de decisão dos gerentes. Com a identificação dos FCS, será possível realizar o desenvolvimento de um modelo de Gerenciamento de Projetos, que possa atentar para os principais fatores que impactam para o sucesso do projeto. Com a identificação dos FCS, mais eficientes serão as medidas a

tomar, evitando-se projetos malsucedidos e potenciando-se o seu êxito. É assim possível também a identificação de problemas nos projetos atuais e o desencadeamento de medidas corretivas em relação aos mesmos (Saqib *et al.*, 2008). Os FCS elencados conforme os índices de relevância obtidos dos questionários serão processados no sistema de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a determinação deste modelo.

A aplicação de redes neurais artificiais na previsão de índices de produtividade na construção civil foi proposta inicialmente por Moselhi *et al.* (1991). Estes autores apresentaram as vantagens e a aplicabilidade das redes neurais artificiais na construção civil e citaram que a previsão do índice de produtividade poderia ser modelada com redes neurais artificiais. No entanto, não apresentaram aplicação para a modelagem do Gerenciamento de Projetos.

A partir de então, alguns pesquisadores se dedicaram a testar sua aplicabilidade. Tem-se, por exemplo, os estudos de Karshenas e Feng (1992) que analisaram a produtividade de equipamentos de movimentação de terra; Holophan (1992) mostrou que a determinação dos FCS é a melhor metodologia para desenvolver um sistema de monitoramento. Os mesmos não devem ser analisados de forma estática e individual, e sim de maneira global, avaliando-se o impacto no desempenho operacional e na melhoria da gestão de uma organização.

Abourizk e Wales (1993) usaram redes neurais artificiais como um meio de aplicar os efeitos das condições ambientais locais ao índice de produtividade de uma atividade; Chao e Skibniewski (1994) executaram um estudo de caso no qual uma rede neural artificial foi usada para prever a produtividade de uma escavadeira; Portas e Abourizk (1997) desenvolveram um modelo para predição de índices de produtividade, baseado em redes neurais artificiais, para a atividade de formas para paredes de fundação; Knowles (1997) desenvolveu redes neurais artificiais para a predição de índices relativos de produtividade à operações de instalações de tubulações industriais e formas para paredes e lajes em concreto; Sonmez e Rowings (1998) se dedicaram ao estudo da avaliação quantitativa de múltiplos fatores na produtividade das atividades de fôrmas, lançamento e acabamento do concreto; AbouRizk *et al.* (2001) apresentaram um modelo de rede neural artificial para prever produtividade de trabalho de instalação de tubulações; AbouRizk *et al.* (2001) desenvolveram um modelo composto por uma rede neural artificial para prever índices de produtividade para as atividades de soldagem e instalações de tubulações industriais; e Tam *et al.* (2002) desenvolveram um modelo quantitativo para predição de produtividade de escavadoras, o qual foi comparado a um modelo de regressão múltipla.

Biondi *et al.* (2004) propôs o uso de uma Rede Neural Artificial (RNA) na determinação dos valores desconhecidos de custo/m² de tipologias imobiliárias.

Souza (2016) determinou o estabelecimento de uma metodologia de

análise de dados para obtenção do Índice de Sustentabilidade da Construção (ISC) exigido por Organismos Certificadores de Obras (OCO), utilizando ferramentas de Lógica Fuzzy aliadas a Redes Neurais Artificiais, tecnologia Neuro-Fuzzy. Lima e Souza (2016) utilizaram a RNA ARTMAP-FUZZY-WAVELET aplicada no reconhecimento de falhas estruturais, Lorenzi *et al.* (2017) utilizaram a RNA na Aplicação de redes neurais artificiais na predição da aderência aço-concreto em ensaios do tipo *pull-out*. Ribeiro *et al.* (2018) utilizaram geoprocessamento e RNA como técnicas de modelagem para a geração de estimativas de CBR-N e CBR-I.

Observa-se, portanto, que as pesquisas desenvolvidas, relacionados ao tema, limitaram-se às atividades de instalação de tubulações industriais, escavação, formas e concretagem. Dentre as pesquisas desenvolvidas, não se constata a presença de estudos relativos à modelagem de um sistema para determinação de Fatores Críticos de Sucesso para otimização de Gerenciamento de Projetos na Indústria da construção civil.

O presente estudo encontra relevância tanto no aspecto teórico quanto no aspecto prático. Na questão teórica, ao propor identificar os fatores críticos de sucesso que afetam com maior intensidade o Gerenciamento de Projetos, considerando a interdependência entre eles, a pesquisa trará informações que serão de suma importância para fundamentar ações de melhoria dos processos, na área de projetos utilizando a referência do Guia PMBOK. Sob ponto de vista aplicado, o estudo contribui com os gestores dos empreendimentos, uma vez que o sistema de informação gerencial resultante poderá ser utilizado por qualquer empresa de construção civil.

À empresa usuária caberá fazer a inclusão de seu banco de dados de Gerenciamento de Projetos na RNA, para que seja possível realizar treinamentos na rede neural artificial e, deste modo, o sistema responderá com aquela rede que melhor se ajustará ao banco de dados uma vez que ele contemplará a realidade e a cultura gerencial da empresa.

Quando se possui a clareza sobre quais fatores que, agindo conjuntamente, proporcionam a obtenção de uma visão do gerenciamento do projeto, tornando possível a realização de intervenção efetiva para melhorar a eficiência do processo produtivo.

Premissas

Premissa 1

É possível determinar os principais fatores críticos de sucesso no Gerenciamento de Projetos na Indústria da construção civil a partir de modelagem por redes neurais artificiais.

Premissa 2

O algoritmo *Resilient Propagation* é uma ferramenta válida para o treinamento de Redes Neurais Artificiais e para a determinação de pesos dos

Fatores Críticos de Sucesso no Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil.

Premissa 3

O Algoritmo de Garson é uma ferramenta válida para a classificação de Fatores Críticos de Sucesso no Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil.

Premissa 4

A diferença entre o Tempo de Experiência na construção civil e o Tempo de Pesquisa no gerenciamento de projetos influenciam na determinação dos Fatores Críticos de Sucesso.

Originalidade da Pesquisa

Ao longo das últimas décadas a área de conhecimento de gerenciamento de projeto se consolidou despertando interesse de pesquisadores, profissionais da área e empresas. Novas abordagens de gestão de projeto surgiram e as temáticas abordadas se diversificaram para além dos tradicionais cronograma, orçamento e escopo. Voltando à temática das empresas organizadas por projetos, e considerando que estes projetos devem identificar claramente os elementos essenciais ao seu sucesso, FCS, e assumindo desde já estas temáticas como questões centrais deste trabalho, surge um setor onde os projetos são o seu dia a dia, e a identificação de FCS é crucial, pois além do sucesso dos projetos, estes colocam em causa muitos recursos, incluindo os humanos. Os fatores críticos de sucesso do projeto podem servir como critérios fundamentais para evitar possíveis causas de falhas com um processo de seleção de projetos eficaz, levando em conta os objetivos estratégicos da empresa, a experiência do gerente de projeto e o ambiente competitivo.

Dado que os FCS são demandas a serem atendidas satisfatoriamente durante a execução do projeto, verifica-se que as capacidades do gestor do projeto influenciam nos resultados deste. Neste sentido, pode-se assumir, também, que o mesmo precisa possuir capacidades aderentes às necessidades estipuladas a partir dos Fatores Críticos de Sucesso sendo que partir dos FCS em Gerenciamento de Projetos, é possível verificar quais são as capacidades necessárias para o atendimento satisfatório de um projeto, objetivando encontrar a relevância deste na atividade de Gerenciamento de Projetos.

A metodologia mais utilizada para determinar os FCS é revisão de literatura sobre o tema e submissão a especialista a partir da aplicação de questionário para confirmação. Pode-se citar Vezzoni *et al.* (2013) onde resultados obtidos mostram que a comunicação eficiente, o “*empowerment*”, o gerenciamento de mudanças, o gerenciamento de requisitos, a preparação para enfrentar riscos e o suporte da alta administração aumentam a probabilidade dos projetos atingirem o sucesso, Jardim *et al.* (2014)

utilizando o estudo exploratório, a fim de selecionar os FCS mais encontrados e aplicados ao survey, chegaram através do método de regressão logística em 5 FCS, sendo estes, variáveis explicativas ao impacto na inovação: comprometimento e apoio da alta gerência; envolvimento do cliente; líder do projeto; gerenciamento de mudanças, e monitoramento e feedback. Jordão *et al.* (2015) que ao determinar fatores críticos na gestão de projetos: um estudo de caso numa grande empresa latino-americana de classe mundial identificou a relevância do acompanhamento constante dos processos empresariais, visando conhecer melhor as atividades realizadas, de forma a identificar problemas potenciais e reais, efetuar correções na dinâmica desses processos e propor mudança nos métodos e ferramentas aplicadas na gestão de projetos. Santos *et al.* (2017) utilizaram pesquisa em livros, artigos acadêmicos e profissionais e sites das associações de profissionais vinculadas aos processos de elaboração e execução de gerenciamento de projetos, sendo eles PMBOK, ICB-IPMA e PRINCE2 concluído que os três padrões podem ser utilizados de acordo com o entendimento do gerente do projeto, podendo usá-los de forma complementar.

A necessidade de se manter competitivo gerou a busca pelo aumento da eficácia e, por conseguinte, foi refletida na área de Gerenciamento de Projetos como um motivador para se buscar, a incorporação de novas capacidades que permitam maior assertividade ao responsável pela gestão do projeto. Métodos estatísticos bastante difundidos, como a regressão linear multivariada (RLM), têm mostrado limitações na descrição da correlação entre dados de entrada e de saída de comportamento não linear (FOUCQUIER *et al.*, 2013; JIMÉNEZ *et al.*, 2013; KALOGIROU, 2001; MELO, 2012).

A abordagem de problemas através de Redes Neurais Artificiais é particularmente apropriada para aplicações muito complexas. O emprego de RNA na determinação de FCS na gestão de projetos na construção civil é ainda uma área pouco explorada em virtude da falta de uma abordagem para a certificação de tais sistemas. Constantino *et al.* (2015) desenvolveram, através de RNA um sistema de suporte à decisão para prever o desempenho do projeto para qualquer conjunto de FCS, classificando-o em relação ao nível de risco como projetos bem-sucedidos e malsucedidos.

A relevância está na oportunidade de se desenvolver novos métodos que possibilitem utilizar de forma mais direta e clara modelos gerados a partir de Redes Neurais Artificiais. Também está no desenvolvimento de procedimentos que sejam capazes de aplicar de maneira efetiva modelos elaborados com Redes Neurais Artificiais sendo um facilitador para os planejadores e tomadores de decisão, na condução de análises e resolução dos problemas.

Além disso a utilização do Redes Neurais Artificiais para a criação de um modelo para identificação dos Fatores Críticos de Sucesso que afetam ao Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil, determina o diferencial deste estudo pois observou-se na literatura a carência de estudos

que investigassem potencialidades para o uso desse método para modelar um fenômeno extremamente dinâmico como são os FCS.

Objetivos

Geral

Identificar a partir de modelagem por redes neurais artificiais os principais Fatores Críticos que impactam no Sucesso do Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil, segundo a percepção de profissionais de um espaço profissional específico. No caso, o espaço acadêmico.

Específicos

Identificar na bibliografia existente fatores críticos de sucesso já citados como importantes para o Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil.

Selecionar os FCS a serem utilizados no questionário a partir da bibliografia existente sobre o tema.

Classificar os respondentes por estado e tempos de experiência na construção civil e tempos de pesquisa no Gerenciamento de Projetos.

Classificar através do índice de importância relativa (RII) os FCS para utilização no treinamento da modelagem da RNA através de análises multivariadas de agrupamentos.

Realizar o treinamento da RNA a ser determinada pela análise de agrupamento, usando o Algoritmo *Resilient Propagation* e tendo como base o tempo de experiência na área dos respondentes.

Obter o treinamento da RNA a ser verificada pela análise de agrupamento, usando o algoritmo *Resilient Propagation* e tendo como base o tempo de pesquisa na área dos respondentes.

Classificar e determinar os FCS que afetam o gerenciamento de projetos na indústria da construção civil, aplicando o algoritmo de Garson.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico da presente pesquisa foi estruturado em tópicos de forma a fundamentar o trabalho identificando linhas teóricas que sustentam o tema em questão. Desta forma servindo para apresentar os conceitos centrais da presente pesquisa sob a ótica do que já foi dito por outros autores.

Gerenciamento de Projetos – Guia PMBOK

As definições apresentadas por diversos autores, apesar de utilizarem diferentes termos, convergem para um mesmo entendimento de gerenciamento de projetos. Kerzner, 2000 *apud* NORO *et al.*, 2011 descreve a gestão de projetos como “o planejamento, programação e o controle de uma série de tarefas integradas de forma a atingir o objetivo com êxito, para

benefício dos seus participantes”. Para Vargas, 2009 *apud* GONÇALVES, 2011, gerenciamento de projetos é “um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade pré-determinados”.

O Project Management Institute (PMI), foi criado como uma organização voluntária em 1969 e publicou pela primeira vez seu corpo de conhecimento - PMBOK - em 1987, se caracterizando como a maior organização profissional visando a normatização da Análise de Sistemas e Gerenciamento de Projetos (Morris, 2013). Em sua sexta edição e com milhões de cópias em circulação no mundo, o PMBOK estabeleceu um padrão para a prática de gerenciamento de projetos em muitos países, inclusive nos EUA e no Canadá. O PMI identificou “áreas de conhecimento” críticas que, argumentam, definem as competências relevantes para operações baseadas em projetos Pinto e Winch (2016). Os mesmos autores ainda colocam que a introdução do PMBOK e da ênfase no credenciamento profissional (como a certificação do Project Management Professional), o PMI se destacou desenvolvendo sustentação teórica e servindo como padrão global para identificar e gerenciar conhecimentos relevantes do projeto. O Guia PMBOK desde a sua primeira edição se manteve na primeira opção na preferência na montagem de currículos para cursos e programas de gerenciamento de projetos universitários em todo o mundo (PMI, 2017).

De acordo com o Project Management Institute (PMI), o gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de cumprir os seus requisitos (PMI, 2017). Salieta ainda que o gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriada dos processos de gerenciamento de projetos identificados e permite que as organizações executem projetos de forma eficaz e eficiente. Ainda para uma melhor compreensão do gerenciamento de projetos, conforme o PMI, “projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único”.

Na definição de Vargas (2009) citado por Mantovani e Oliveira (2016), projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, o qual se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. Um eficiente gerenciamento de projetos é eficaz na obtenção dos resultados desejados dentro do prazo e orçamento estipulados, e pode ser aplicado em projetos pequenos e simples até grandes e complexos, e em qualquer linha de negócio.

O gerenciamento de projetos traz desafios com uma perspectiva muito mais abrangente sobre os deveres dos gerentes de projetos modernos. Em sua conceituação, o gerenciamento de projetos é visto como não apenas

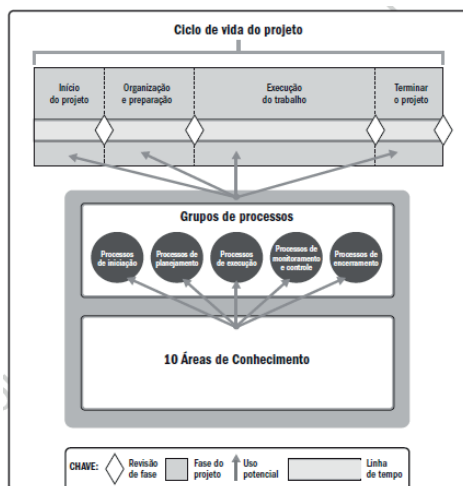
um sistema de entrega, ou uma caixa de ferramentas com carga técnica, mas um parceiro com outras disciplinas gerenciais no desenvolvimento de ações e interfaces críticas, tanto internas quanto externamente, que os projetos de sucesso exigem Pinto e Winch (2016).

O PMI (2017) traz que os projetos são uma maneira chave de criar valor e benefícios nas organizações e que os líderes organizacionais precisam ser capazes de gerenciar orçamentos cada vez mais apertados, prazos mais curtos, recursos mais escassos e uma tecnologia que muda rapidamente, e salienta que o gerenciamento de projetos eficaz e eficiente deve ser considerado uma competência estratégica nas organizações permitindo que: 1. Vinculem os resultados do projeto com os objetivos do negócio; 2. Concorram com mais eficácia nos seus mercados; 3. Sustentem a organização e respondam ao impacto das mudanças de ambiente de negócios nos projetos, ajustando adequadamente os planos de gerenciamento de projetos

De acordo com Mantovani e Oliveira (2016) um eficiente gerenciamento de projetos é eficaz na obtenção dos resultados desejados dentro do prazo e orçamento estipulados, e pode ser aplicado em projetos pequenos e simples até grandes e complexos, e em qualquer linha de negócio, e destaca como benefícios do gerenciamento de projetos, como: 1. A tendência a não ocorrer surpresas; 2. O aperfeiçoamento de pessoas, equipamentos, materiais e recursos e 3. Permite arquivar lições aprendidas.

Conforme o PMI (2017), a organização dos processos de gerenciamento de projetos se dá através de cinco grupos de processos (Figura 1).

Figura 1: Inter-relação dos componentes chave do Guia PMBOK



Fonte: PMI, 2017.

As fases de um projeto podem ser sequenciais, interativas ou sobrepostas, e podem ser mapeados conforme uma estrutura genérica mostrada na Figura 2, caracterizando o ciclo de vida de um projeto que podem ser preditivos, iterativos, incrementais, adaptativos ou um modelo híbrido PMI (2017).

Preditivo: O escopo, prazos e custos são determinados nas fases iniciais, e qualquer alteração no escopo é cuidadosamente gerenciada;

Iterativo: O escopo é determinado no início, mas os prazos e custos são estimados e modificados à medida que a equipe compreende melhor o produto;

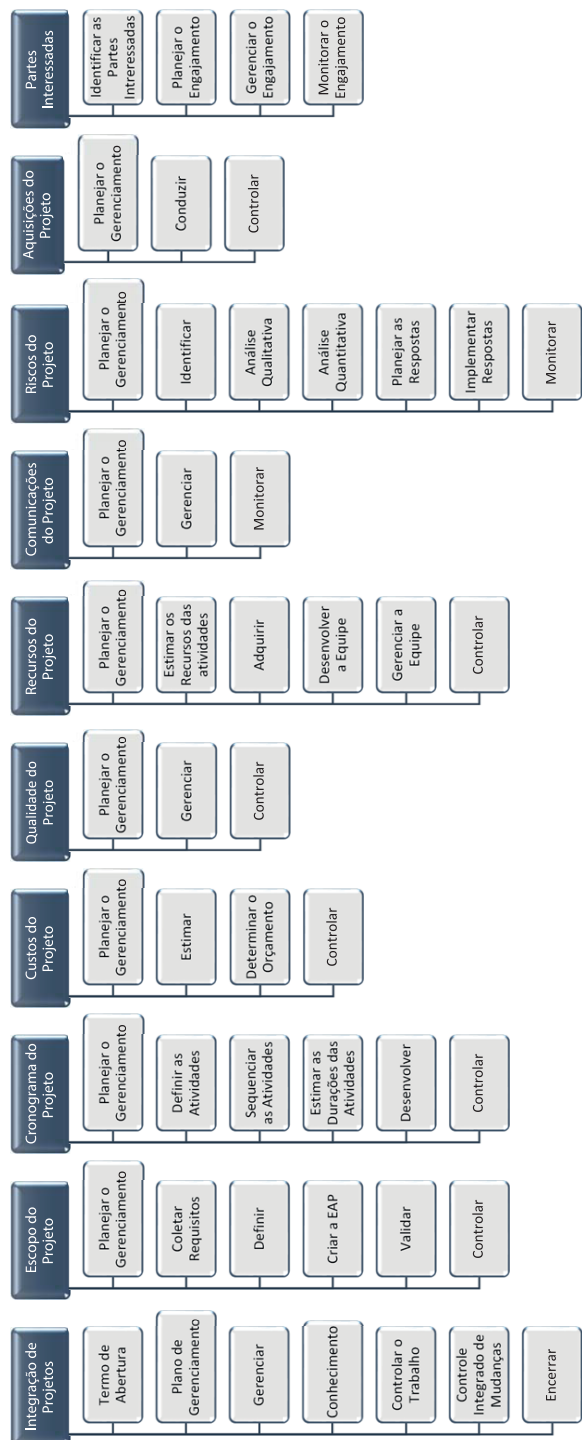
Incremental: A entrega é produzida por interações sucessivas adicionando funcionalidade ao prazo predeterminado, e esta entrega só completa após a interação final;

Adaptativos: O escopo é definido detalhadamente e aprovado antes de uma interação, e são ágeis, iterativos ou incrementais e

Híbrido: Uma combinação do adaptativo e preditivo, tendo os elementos conhecidos e estabelecidos seguem o preditivo e os que estiverem em evolução seguem o adaptativo.

O Guia PMBOK em sua sexta edição apresenta 10 (dez) áreas de conhecimento, que são definidas por seus requisitos de conhecimento e descrita em termos dos processos que a compõem: práticas, entradas, saídas, ferramentas e técnicas, estas áreas de conhecimento são definidas separadamente do ponto de vista do gerenciamento, mas, contudo, é possível inter-relacioná-las, estas áreas estão representadas na Figura 2.

Figura 2: Processos das áreas de conhecimento de gestão de projetos segundo o Guia PMBOK.



Existem, atualmente, vários conjuntos de modelos de métodos de gerenciamento de projetos, disponíveis para utilização por profissionais e organizações para melhor gerenciar seus projetos. Os métodos atualmente mais difundidos são disponibilizados por institutos e associações dedicados ao estudo de projetos (Quadro 1).

Quadro 1: Principais associações de gerenciamento de projetos e seus conjuntos de métodos

Instituto	Conjunto de Métodos	País de Origem	Foco da Metodologia
Project Management Institute (PMI)	Project Management Body of Knowledge (PMBOK)	EUA	Gestão geral de projetos
International Project Management Association (IPMA)	ICB – IPMA Competence Baseline	União Europeia	Gestão geral de projetos
Australian Institute of Project Management (AIPM)	AIPM – Professional Competency Standards for Project Management	Austrália	Gestão geral de projetos
Association for Project Management (APM)	APM – Body of Knowledge	Reino Unido	Gestão geral de projetos
Office of Government Commerce (OGC)	Projects In Controlled Environments (PRINCE2)	Reino Unido	Gestão de projeto que permite navegar através de todos os elementos essenciais para a execução bem-sucedida de um projeto
Japan Project Management Forum (JPMF)	ENAA Model Form – International Contract for Process Plant Construction	Japão	Gestão de projetos de construções

Fonte: PATAH e CARVALHO, 2012.

Segundo Casarotto *et al.* (2009) os benefícios do gerenciamento de projetos são inúmeros e diretamente relacionados em atender os requisitos técnicos, o prazo de entrega, os custos previstos, a satisfação do cliente e

da própria empresa. O propósito da Gerência de Projetos é estabelecer e manter planos que definem as atividades, recursos e responsabilidades do projeto, bem como prover informações sobre o andamento do projeto que permitam a realização de correções quando houver desvios significativos no desempenho do projeto.

Sucesso de Projetos

O termo sucesso tem significados diferentes para pessoas e situações, sendo muito dependente do contexto. O Quadro 2 mostra como vários dicionários definem o sucesso.

Quadro 2: Principais definições de sucesso

Dicionário	Definição
Aurélio (Ferrerira, 1988)	Êxito; consequência positiva; acontecimento favorável; resultado feliz, resultado de um acordo, de um. Algo ou alguém que obteve êxito; que possui excesso de popularidade, atualidade, conseguir algo de maneira favorável, obter um resultado positivo.
Michaelis (2017)	Significa aquilo que sucede; acontecimento, fato. Qualquer resultado de um negócio, bom resultado; êxito, sucedimento. Pessoa (artista, escritor, cantor etc.) ou coisa (filme, peça teatral, livro etc.) que alcança grande popularidade.
Collins (Sinclair, 2001)	O resultado favorável de algo tentado.
Macmillan (Rundell, 2005)	A realização de algo que você planejou fazer ou tentar fazer.
Oxford (Stevenson, 2010)	A realização de um objetivo ou propósito.
Oxford Advanced (Hornby, 2011)	O fato de você ter conseguido algo que você quer e foram tentar fazer ou obter.
Cambridge Advanced (Walter, 2008)	A obtenção dos resultados desejados ou esperados. Algo que alcança resultados positivos.

O sucesso do projeto tem sido discutido há anos em literatura de gerenciamento de projetos (Carvalho e Rabechini, 2014 *apud* Ghanbaripour *et al.*, 2017), revelando os critérios sociopolíticos que regem o desempenho do projeto (Sage *et al.*, 2014 *apud* Ghanbaripour *et al.*, 2017).

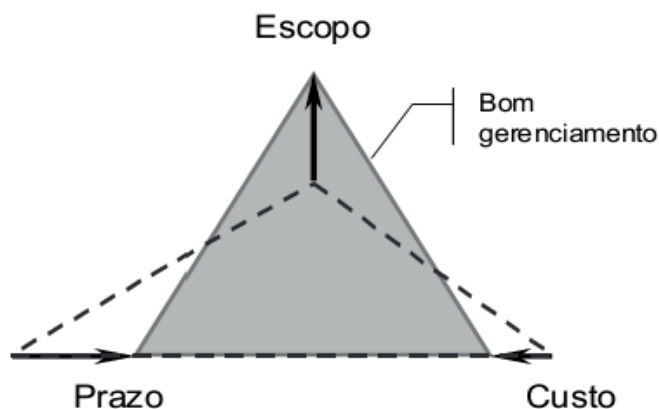
Em projetos, na década de 60 o sucesso foi sugerido como o alcance da realização de metas pré-determinadas do projeto, com a inclusão de parâmetros, tais como tempo, custo e desempenho (Lim e Mohamed,

1999), (Kerzner, 2013), (Jugdev e Müller, 2005). Na década de 1980 a 1990 a literatura apresenta a importância da satisfação das partes interessadas. Neste período, foram identificadas uma série de fatores críticos de sucesso, mas eles não eram agrupados ou integrados ao processo (Jugdev e Müller, 2005).

Já no período de 1990 a 2000 surgiram as percepções de estruturas integradas para o sucesso do projeto (Jugdev e Müller, 2005), ou seja, o sucesso da implementação, os valores percebidos e satisfação do cliente (Munns e Bjeirmi, 1996). Pesquisadores entendiam que o sucesso do projeto era dependente das partes interessadas. Atualmente os pesquisadores entendem que o sucesso do projeto é um conceito complexo e ambíguo. Os projetos são sobre como gerenciar expectativas, e as expectativas têm a ver com as percepções sobre o sucesso. Para garantir o sucesso do projeto, pesquisadores enfatizam a importância de envolver as principais partes interessadas em todo o projeto, sendo que seu gerenciamento necessita de planejamento e compromisso (Jugdev e Müller, 2005)

No passado, a investigação sobre o sucesso do projeto (Atkinson, 1999; Wateridge, 1998). centrou-se na realização do triângulo prazo, custo e escopo (Figura 3), até pesquisadores como de Wit (1988) enfatizar que um projeto é considerado bem-sucedido se suas especificações de desempenho técnico do projeto forem alcançadas.

Figura 3: Trade off da tríade clássica das restrições de gestão de projetos



Fonte: Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr., 2008.

De Wit (1988) destaca que um projeto é considerado bem-sucedido se as suas partes interessadas são geralmente bem-sucedidas e a especificação do desempenho técnico dos projetos foram alcançados, sendo diretamente relacionado com a qualidade do projeto que pode ser avaliada sob três aspectos distintos, conforme o interesse do cliente em questão,

sendo: Qualidade do empreendimento, corresponde à viabilidade econômica da proposta apresentada (sucesso quanto à penetração do produto no Mercado e a formação de imagem junto aos compradores); Taxa de retorno, corresponde ao ponto de vista do incorporador; Qualidade na representação gráfica (comunicação), está relacionada à clareza com que as informações sobre o projeto são transmitidas, esse aspecto é fundamental para viabilizar a produção da edificação e; Qualidade da solução proposta que envolve o atendimento aos requisitos do cliente (funcionalidade, segurança, conforto ambiental, durabilidade, entre outros).

Muller (2007) afirma que os projetos diferem em uma variedade de formas, tais como o tamanho, a especificidade e a complexidade, outros pesquisadores, como Westerveld (2003) afirmam que os critérios para medir o sucesso do projeto devem variar de projeto para projeto e, portanto, seria difícil ter um conjunto único de critérios para todos os projetos em todos os setores.

Como foi referido anteriormente, historicamente o sucesso do projeto foi definido como a realização de uma atividade dentro das limitações de tempo, custo e escopo. Kerzner explica que, hoje, a definição de sucesso do projeto foi modificada para incluir a conclusão com a aceitação pelo cliente e/ou usuário, dentro do período de tempo previsto, dentro do custo orçado, no desempenho adequado ou especificação nível, com mínimo ou mutuamente acordados mudanças de escopo e a lista continua (Kerzner, 2013). De Wit indica que o sucesso do projeto envolve objetivos mais amplos do ponto de vista das partes interessadas durante todo o ciclo de vida do projeto (de Wit, 1988). Neste contexto, deve salientar-se que a definição de sucesso pode variar de acordo com as partes interessadas. Como exemplo, cada um dos seguimentos pode ter a sua própria definição de sucesso em um projeto (Kerzner, 2013): Os consumidores: segurança na sua utilização, Funcionários: garantia de emprego, Gestão: bônus, Acionistas: rentabilidade e as agências governamentais: a conformidade com os regulamentos federais. Bowen afirma que no que diz respeito aos projetos de construção, os clientes da indústria da construção são preocupados principalmente com a qualidade, tempo e custo (Bowen, Cattel, Hall, Edwards e Pearl, 2012).

Trabalhos na área de gerenciamento de projetos reconhecem que certos aspectos de uma organização são cruciais para seu sucesso. Estes aspectos que podem variar são categorizados sob o termo genérico de Fatores críticos de sucesso (FCS) do inglês Critical Success Factors (CSF). Forster e Rockart (1989) apresentam evidências de que o conceito de FCS está presente na civilização há décadas, senão séculos. Aristóteles (384 a.C. a 322 a.C.) defendia que os líderes criassem alguns poucos e simples objetivos para suas organizações; o Barão da Guerra Von Clausewitz (1780 a 1831) em seu livro *'Vom Kriege'* ('Da Guerra', em português) e Peter Drucker (1909 a 2005) em seu livro *'The Effective Executive'* (1966) também utilizaram esse conceito.

Dada sua importância, os FCS são largamente pesquisados e aplicados em muitas organizações sob diferentes perspectivas, desde um simples projeto até o direcionamento estratégico de toda a organização (TAN *et al.*, 2007 *apud* NFUKA e RUSU, 2010). Cooke-Davies (Figura 4) define o sucesso do projeto, como sendo composto de dimensões as quais os FCS estarão associados. Ou seja, verifica-se que existem quatro dimensões principais as quais, por sua vez, são compostas cada uma por suas caracterizações (Cooke-Davies, 2002).

Figura 4: Dimensões do Sucesso do Projeto



Fonte: Adaptado de Cooke-Davies, 2001.

Segundo Cooke-Davies (2002), a primeira dimensão é a eficiência, onde encontram-se os parâmetros mais essenciais no que tange o desempenho ou performance de um projeto, esta dimensão considera o tempo (prazo do projeto), o escopo, os custos (aspectos financeiros de forma geral) e por último a qualidade.

O autor ainda salienta que a segunda dimensão diz respeito ao âmbito organizacional de uma empresa. Nesta dimensão avalia-se o desenvolvimento, a organização e execução de um projeto sendo que isto contribui de forma direta ou indireta para a aprendizagem organizacional da equipe envolvida no gerenciamento.

Esta avaliação sobre o aprendizado organizacional é importante para qualquer organização que busca expandir suas fronteiras e avaliar o crescimento organizacional sob o âmbito da maturidade dos processos e de seus recursos humanos. Ainda nesta dimensão, em um projeto, espera-se que

a participação de uma equipe resulte em frutos positivos não só relacionados aos objetivos e metas do projeto em si, mas na evolução das competências da equipe assim como do gerente do projeto.

No momento da execução dos registros finais de cada projeto onde as lições aprendidas são postas em evidência, espera-se que os recursos humanos ali empregados tragam contribuições positivas para a empresa contribuindo para aprendizagem organizacional.

Já a terceira dimensão deste modelo teórico refere-se à preparação para o futuro. Muitos aspectos compõem esta dimensão, dentre estes estão o planejamento das atividades, a preocupação com a estratégia organizacional assim como outros (Cooke-Davies, 2002).

Os resultados estratégicos provindos da execução do projeto podem ser associados à vantagem competitiva da empresa não somente pelo produto final do projeto, mas pelo desenvolvimento e aprimoramento de processos por este gerado, pelo aprendizado na equipe, ou seja, pelo conhecimento tanto tácito como explícito que é gerado no desenvolvimento do projeto.

Por fim, a quarta dimensão faz referência ao grau de satisfação do cliente onde evidencia-se sua percepção quanto ao desempenho do projeto e se seu desenvolvimento e resultados atenderam às suas expectativas como um todo ou parcialmente.

Desta forma, estas dimensões serão as variáveis dependentes que serão influenciadas pelas variáveis independentes, ou seja, FCS. Será verificado como que os FCS influenciarão na obtenção do sucesso tomando como base as dimensões citadas (Paschoal, 2014).

Para orientar os pesquisadores, foram desenvolvidas por Cooke-Davies (2002) listas de critérios típicos de sucesso para o proprietário, projetista e contratante (Quadro 3).

Quadro 3: Lista dos Critérios Típicos de Sucesso

Proprietário	Projetista	Contratante
A programação foi concretizada	O cliente ficou satisfeito (obter ou desenvolver o potencial para obter a repetição do trabalho);	O cronograma foi cumprido (pré-construção, construção, projeto);
O orçamento foi correto	O produto em termos arquitetônicos foi de qualidade;	O lucro foi o esperado;
A função para o uso pretendido (satisfazer os usuários e clientes)	O conhecimento da taxa de concepção e meta de lucro foi atingido;	O custo ficou abaixo do orçamento (economia obtida para o proprietário e/ou contratado);

O término foi como previsto	Melhoria na equipe profissional (ganhou experiência, aprender novas habilidades);	A qualidade foi atingida;
A qualidade (mão de obra, produtos) foi atendida	Demonstrar conhecimento do orçamento e cronograma do projeto;	Não houve sinistros (proprietários, subcontratados);
Esteticamente está agradável;	O produto e processo são comercializáveis (venda de ferramenta, reputação com colegas e clientes);	A segurança foi eficiente;
O retorno do investimento foi satisfatório (capacidade de resposta para o público);	Os problemas na construção foram mínimos (projeto fácil de operar e construir);	O cliente ficou satisfeito (relações pessoais);
É comercializável (imagem e financeira); e	As responsabilidades, reclamações bem administradas;	A subcontratante atingiu o desempenho esperado;
Os problemas na produção foram minimizados.	Foi socialmente aceito (resposta da comunidade);	Houve boa comunicação entre as partes interessadas (expectativas de todas as partes claramente definidos);
	Os clientes possuem credibilidade (confiabilidade); e	Houve poucas ou nenhuma surpresa durante o projeto.
	O escopo de trabalho (contrato e escopo e jogo de compensação) bem definidos.	

Fonte: Cooke-Davies, 2002.

Avaliação do Sucesso de Projetos

Segundo Pacagnella Júnior (2011), na definição de Shenhar *et al.* (2001) o sucesso do projeto passa a ser admitido como fator estratégico à medida que envolve criação de valor e vantagem competitiva, sendo o gerente de projetos o líder responsável direto pelos resultados apresentados.

No momento em que um projeto está sendo proposto, é preciso saber definir qual seu objetivo e seus benefícios, possibilitando verificar seu

sucesso ou eventual fracasso ao final de sua execução (Kerzner, 2006). Na ausência desses critérios de sucesso, a avaliação dos resultados obtidos pelo projeto passa a ser bastante difícil e subjetiva. Observando então que o conceito de sucesso em projeto está associado a várias dimensões, torna-se necessário definir previamente qual dimensão se deseja atingir para que o sucesso do projeto possa ser mensurado. Desta forma, podem existir projetos de natureza puramente operacionais, onde atingir objetivos como adequação ao orçamento, prazo e escopo sejam substancialmente mais importantes do que quando o projeto apresenta cunho estratégico onde os resultados empresariais são mais importantes do que as metas operacionais (Shenhar *et al.*, 2001).

Para uma empresa o sucesso dos projetos está diretamente ligado aos resultados obtidos em cada um de seus projetos, já que estes constituem o negócio fundamental e as competências essenciais da empresa (Kerzner, 2006). Por outro lado, para empresas cujo foco são outros processos, a execução de projetos tem como principal função sustentar as atividades rotineiras da organização. Assim, o sucesso desses projetos deve levar em consideração que o seu desenvolvimento não cause nenhum dano à atividade principal da empresa (Kerzner, 2006).

O sucesso do projeto pode ser medido pela eficiência no curto prazo e sua efetividade na obtenção de benefícios a médio e longo prazos (Jugdev e Müller, 2005). Parece não haver uma definição simples para esta construção - ela pode ser medida de forma diferente para vários tipos de projetos, de uma série de perspectivas, em vários pontos do tempo e em termos absolutos ou relativos (Samset, 1998). É uma construção multidimensional (Carvalho e Rabechini 2014, Samset 1998, Shenhar e Dvir, 2007).

O gerente de projeto é responsável, então, por estar atento aos impactos do projeto nas diversas áreas de negócio, garantindo que a execução de seu projeto não comprometa o negócio fundamental da empresa (Kerzner, 2006). É possível fazer uma distinção entre sucesso de gestão de projeto e sucesso de projeto (por exemplo Dewit, 1988 *apud* Cooke-Davis, 2002). O sucesso em gestão de projetos está principalmente associado ao sucesso da atuação direta do gerente de projetos, aplicando as ferramentas dessa disciplina. Essa discussão está basicamente associada à tríade restrição de qualquer projeto, composta por escopo, prazo e custo (Figura 3).

A literatura aborda muitas vezes a restrição referente ao escopo também com outra taxionomia, citando termos com “qualidade” e “desempenho” do projeto. Apesar de possuírem noções convergentes, essas três ideias são distintas. Quando o assunto é a restrição de escopo, verifica-se a entrega total ou parcial dos produtos previamente acordados, por meio da discussão sobre aquilo que será de fato realizado pelo projeto.

A qualidade em projetos pode ser vista sobre duas vertentes: a qualidade do produto e a qualidade do processo. Esses dois aspectos do gerenciamento da qualidade são complementares, pois dada a qualidade

encontrada em um produto, é muito importante considerar que o processo de produção daquele produto é uma boa fonte de partida para a produção de novos produtos semelhantes a esse. Por outro lado, se existe um processo de produção o qual possui qualidade, presume-se que o que está sendo produzido tem grandes chances de também ter qualidade. Quando a qualidade no processo é atendida, ela pode facilitar, em muito, a qualidade final do produto.

De acordo com o guia PMBOK (PMI, 2017) Os processos envolvidos no gerenciamento da qualidade visam assegurar que o projeto será concluído com a qualidade desejada, portanto satisfazer as necessidades do cliente e os requisitos do produto. Os processos são: Planejamento da Qualidade que é um processo auxiliar que facilita o planejamento cujo foco principal é a identificação dos padrões da qualidade relevantes para o projeto e como satisfazê-lo definido assim as políticas a serem seguidas, as métricas, as características do produto e itens de controle das atividades. É também no planejamento que se elabora listas de verificação, identifica normas, regulamentos e legislações aplicáveis e são definidos responsáveis e autoridades. As Ferramentas Técnicas do planejamento da qualidade são: Análise de Custo-Benefício – analisa se vale ou não a pena fazer determinados testes; Benchmarking – compara práticas aplicadas em diferentes projetos; Projeto de Experimento – é mais aplicada ao produto; Custos da Qualidade – custo total de todas as ações que usam a garantia da qualidade.

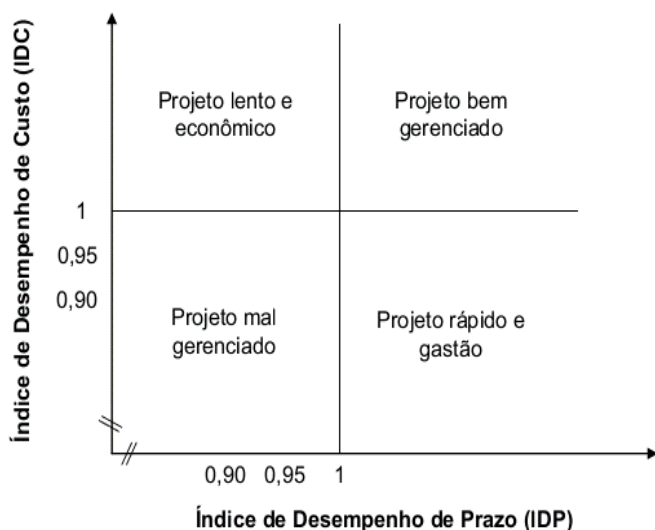
Outro processo é a realização da garantia da qualidade que são as atividades planejadas dentro do sistema de qualidade cujo objetivo é gerar a confiança de que o projeto irá satisfazer a todos os padrões de qualidade do cliente, buscando sempre a melhoria, sendo usado para isto as auditorias de qualidade que verificam a conformidade do processo, além de ser ferramenta importante para obtenção de lições aprendidas e a análise do Processo.

A realização do Controle da Qualidade é o processo que monitora os resultados específicos do projeto. O objetivo do controle da qualidade é a melhoria da manutenção da qualidade. As ferramentas do controle da qualidade são: Diagrama de Causa e Efeito – apresentação do efeito associado às potenciais causas. As causas são organizadas em grupos de origem; Gráficos de Controle – é uma ferramenta preventiva para identificar problemas, através de uma disposição gráfica dos resultados do processo ao longo do tempo; elaboração de Fluxogramas – detalhamento das atividades executadas onde se veem falhas e gargalos; Histograma – gráfico de barras que representa a distribuição de frequências; Diagrama de Pareto – histograma, ordenado por frequência de ocorrência, utilizado para direcionar ações corretivas.; Gráfico de Execução; Diagrama de Dispersão – relacionamento existente entre valores correspondentes a uma série de duas variáveis; Amostragem Estatística – a amostragem escolhe uma parte do produto para ser verificado; Inspeção; Análise de Reparo e Defeito.

Nesse sentido, é razoável realizar análise da eficiência de execução

do projeto por meio do Índice de Desempenho de Prazo (IDP) e do Índice de Desempenho de Custos (IPC). Esses indicadores adimensionais são calculados a partir da razão entre os valores agregado pelo projeto e valores previstos de duração e de orçamento, respectivamente. Baseado nesses indicadores, os autores classificam os projetos em quatro categorias: “lento e econômico”, “bem gerenciado”, “mal gerenciado” ou “rápido e gastão” (Figura 5).

Figura 5: Categoria de projetos de acordo com seu desempenho



Fonte: Carvalho e Rabechini Jr., 2008.

Em contraposição ao sucesso de gerenciamento de projeto, o sucesso de projetos refere-se aos objetivos e benefícios previstos pelo projeto para a organização como um todo. Nesse sentido, a eficácia de uma determinada iniciativa atrelada ao cumprimento de seu objetivo inicial, possibilitando que a empresa usufrua dos benefícios previstos pelo projeto.

É válido ressaltar que essas duas facetas de sucesso nem sempre estão correlacionadas. Isso porque muitas vezes o custo e o prazo estipulados para o projeto não são devidamente gerenciados, mas mesmo assim, as entregas são eficazes e úteis à empresa (caso ilustrado pelo quadrante “Foco na Estratégia” da Figura 6). Cabe à organização definir qual dessas medidas de sucesso é mais relevante na avaliação final do investimento dispensado no projeto.

Figura 6: Determinação de eficiência e eficácia do projeto

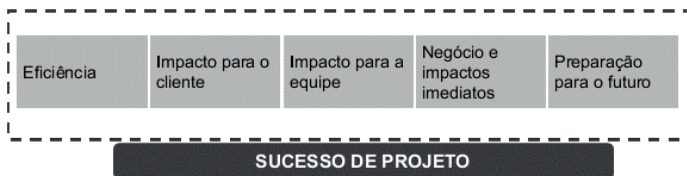


Fonte: Adaptado de Rabechini Jr., 2005.

Para projetos situados no quadrante Fracasso, por exemplo, deve-se buscar melhorias para questões estratégicas, por exemplo, por meio de um maior envolvimento da alta diretoria ou da realização mais cuidadosa do business case do projeto. Ao mesmo tempo, deve-se também estar atento a questões mais operacionais como problemas técnicos, de conflitos pessoais etc. (Rabechini Jr., 2005).

Em contrapartida, um projeto pertencente ao quadrante Sucesso foi capaz de conciliar as restrições e conflitos operacionais e entregar os benefícios acordados, garantindo tanto a eficiência quanto a eficácia do projeto. Uma interessante abordagem de sucesso de projetos é apresentada por Shenhar e Dvir (2007). Isso porque os autores subdividiram os possíveis critérios de sucesso de projetos em cinco categorias: eficiência, impacto para o cliente, impacto para a equipe, negócio e impactos imediatos e, por fim, preparação para o futuro. A Figura 7 ilustra essas categorias e os possíveis parâmetros de sucesso de cada uma delas.

Figura 7: Dimensões do sucesso de projeto



Fonte: Adaptado de Shenhar e Dvir, 2007.

A primeira dimensão de eficiência considera que um projeto foi fechado com sucesso, se o escopo, prazo e custo de fato realizados estão de acordo com aqueles acordados inicialmente (Shenhhar; Dvir, 2007). Além disso, vale ressaltar um dos principais critérios citados frequentemente na literatura pertinente, o apoio da alta administração (Fortune e White, 2006) e a existência de um gerente de projetos dedicado (Pinto e Slevin, 1988; Pinto e Mantel Jr, 1990; Fortune e White, 2006). A realização de um projeto conforme a tríade restrição indica que o projeto teve uma gestão bastante eficiente, capaz de manter o acordo inicial. Entretanto, um projeto pode obter o sucesso mesmo que um desses critérios não sejam completamente atendidos. Além disso, é válido ressaltar também que o fato de um projeto ter sido entregue muito antes do prazo acordado ou com gastos significativamente abaixo do previsto pode, por um lado, traduzir uma condução eficiente do gerente de projeto, mas pode também se tratar do caso, em que o planejamento foi pouco assertivo e teve valores de contingência muito exagerado. A desvantagem deste último caso está justamente no custo de oportunidade da empresa, já que com os recursos humanos e financeiros excedentes para este determinado projeto não puderam ser previamente alocados para outros fins.

Quando se considera o impacto para o cliente na avaliação de sucesso do projeto, o foco da análise está na entrega de projetos, de forma consistente e eficaz, considerando o ciclo de vida para a satisfação dos clientes (SILVEIRA, 2008). Nesse sentido, deve-se utilizar de um conjunto compreensivo e flexível de processos, ferramentas e técnicas que auxiliem as atividades, auditadas pelo Escritório de Gestão de Projetos (Project Management Office - PMO), garantindo, ao mesmo tempo, suavidade na transferência da equipe para o cliente final (Bryde, 2003 *apud* Lopes, 2009). Assim, é nessa dimensão que devem ser consideradas medidas técnicas, funcionalidades e especificações para certificar que as demandas do cliente sejam atendidas (Shenhhar e Dvir 2007; Verzuh, 2000).

Uma sistemática de projetos pode ser composta por métodos, pacotes de ferramentas e modelos de projetos. Desse modo, a gestão de projetos pode ser vista como a aplicação sequencial de processos estruturados, repetidos e contínuos que, quando utilizados por uma organização de forma gradual e segura para seus negócios, permite dar passos rumo à institucionalização de práticas padronizadas (PATAH e CARVALHO, 2012).

Já a dimensão do impacto para a equipe do projeto diz respeito à forma com que o projeto afeta os membros da equipe, marcando o evento na vida profissional das pessoas de forma motivadora (WHITELEY, 2002) ou desmotivadora (DORNYEI, 2001b) considerados como fatores influentes no sucesso. Além disso, são considerados o aprendizado e crescimento dos membros da equipe, bem como suas habilidades e competências desenvolvidas durante a execução do projeto.

A quarta dimensão da avaliação de sucesso de projetos discute os

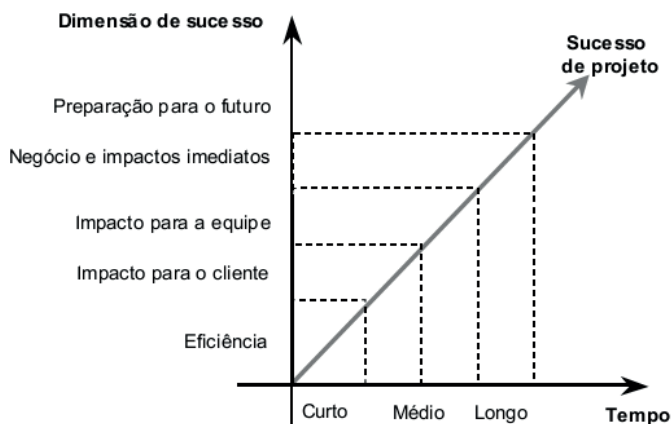
impactos para o negócio e sucesso imediato. Nesse contexto, procura-se analisar as consequências diretas causadas pelo desenvolvimento do projeto, verificando fatores como aumento de volume de vendas, de receita e de lucratividade (SHENHAR e HENHAR, 2007), bem como ROI, competitividade e desempenho de mercado (MUNNS e BJEIRMI, 1996 *apud* LOPOES, 2009). A ideia básica é verificar quais melhorias puderam ser percebidas pela empresa devido à execução e finalização de um determinado projeto. Arelado a isso, pode-se considerar nessa dimensão também a capacidade do projeto em contribuir para a melhoria contínua da empresa (BRYDE, 2003 *apud* LOPES, 2009). Finalmente, a dimensão para avaliação de sucesso de projetos relativo à preparação para o futuro analisa os efeitos de longo prazo possibilitados pelo projeto finalizado.

Os benefícios associados ao projeto dizem respeito, principalmente, à preparação de infraestrutura da empresa para o futuro, com a criação de uma memória externa aos indivíduos, que torna as organizações menos vulneráveis à perda do conhecimento tácito armazenado nas pessoas (IBERT, 2004). Assim, é de grande interesse da empresa que seus projetos sejam capazes de desenvolver novas tecnologias ou competências, bem como criar mercados e linhas de produto. Essa dimensão reforça a importância de se fazer uso de projetos para trazer inovação e traduzir as estratégias de longo prazo da organização em processos operacionais. Além dessas cinco dimensões a serem levadas em consideração na avaliação do sucesso de um determinado projeto, deve-se estar atento à identificação de outros critérios específicos de cada organização ou projeto (SHENHAR e DVIR, 2007).

É interessante destacar que as dimensões de sucesso acima citadas têm relevância diferenciada, dependendo do aspecto temporal considerado (SHENHAR e DVIR, 2007). Isso porque enquanto os parâmetros de sucesso referentes à eficiência no desenvolvimento do projeto têm maior importância no curto prazo, aqueles atribuídos à preparação para o futuro têm impactos de longo prazo para a organização (Figura 8).

Para complementar a discussão sobre as cinco dimensões de sucesso de Shenhar e Dvir (2007), pode-se fazer uso de uma adaptação do modelo de Kano de satisfação do cliente.

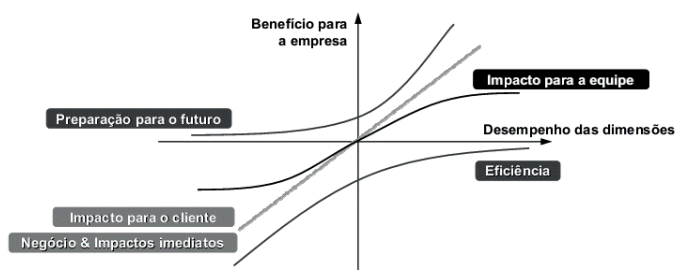
Figura 8: Determinação da importância das dimensões de sucesso ao longo do tempo



Fonte: Shenhar e Dvir, 2007.

O diagrama de Kano estuda o grau de satisfação do cliente em função do desempenho de um determinado critério, classificando-o em: itens básicos de qualidade, itens de desempenho e itens de encantamento ao consumidor (KANO *et al.*, 1984 *apud* CARVALHO, 2001; HÖLZING, 2008). No eixo y, adota-se a intensidade do benefício aproveitado pela empresa em face do desempenho nas dimensões de sucesso nesta seção (Figura 9).

Figura 9: Modelo de Kano adaptado para as dimensões de sucesso de projeto.



Fonte: Morioka, 2010; com base em Kano *et al.*, 1984 *apud* Carvalho, 2001.

Analogamente ao comportamento dos itens de encantamento de um determinado produto, a dimensão “preparação para o futuro” possui um potencial significativo para trazer benefícios relevantes à empresa. Por outro lado, porém, uma eventual falha nesse sentido não implica diretamente em

prejuízo para a organização. Isso porque projetos que não geraram mudanças significativas na organização para prepará-la para uma realidade futura em geral não trazem prejuízos à empresa, ou seja, esse parâmetro não se torna negativo no eixo do benefício para a empresa, mesmo que seu desempenho seja insatisfatório (MORIOKA e CARVALHO, 2014).

Já as dimensões de “impacto para o negócio e sucesso imediato”, bem como a dimensão “impacto para o cliente” possuem um comportamento análogo aos fatores de desempenho do modelo de Kano. Isso porque, quanto maior a satisfação dos usuários em relação às entregas dos projetos e quanto melhor os impactos imediatos para a empresa, maiores serão os benefícios percebidos pela organização como um todo.

Ao mesmo tempo, porém, projetos que tiveram insucesso nessas dimensões têm seus resultados negativos também percebidos pela empresa, que deixa que obter o retorno previsto inicialmente pelo projeto. Assim como os fatores básicos previstos pelo modelo de Kano, a dimensão de sucesso referente à “eficiência” do projeto tem potencial apenas de causar insatisfação, caso ela não seja atendida. Dessa forma, o prazo, custo e escopo devem estar de acordo com os parâmetros definidos previamente com os patrocinadores do projeto para que não sejam desperdiçados recursos humanos e financeiros. Por outro lado, dimensão da “satisfação da equipe” apresenta um comportamento particular, distinto dos três descritos por Kano *et al.* em seu diagrama (KANO *et al.* 1984 *apud* CARVALHO, 2001).

Propõe-se que existe um ponto de saturação mais evidente quanto aos benefícios percebidos pela empresa. Projetos encerrados sem grandes conflitos e ruídos entre os envolvidos, bem como aqueles que tiveram seus resultados compatíveis aos esperados pela equipe, proporcionam valor à empresa, já que os membros da equipe do projeto estarão motivados para executar suas próximas tarefas de projeto com mais eficiência e eficácia, contribuindo com experiências adquiridas anteriormente. Porém, a relação positiva entre impacto para a equipe e benefício para a empresa tem um ponto de saturação, já que o quanto as pessoas poderão agregar no seu próximo projeto é limitado, dado que cada projeto é um caso particular e possui desafios únicos a serem enfrentados. O mesmo vale para uma eventual insatisfação da equipe perante a execução do projeto (KANO *et al.*, 1984 *apud* CARVALHO, 2001).

A frustração dos conflitos e insucessos de um projeto anterior pode prejudicar, mesmo que limitadamente, o desempenho do projeto seguinte. Além da própria discussão das dimensões de sucesso de projetos realizada até então, é válido também ressaltar que a importância de cada uma das dimensões de sucesso na avaliação dos resultados gerais de um determinado projeto depende diretamente das particularidades de cada (SHENHAR e DVIR, 2007) Isso porque como cada projeto é único, as prioridades e os objetivos intrínsecos aos projetos são diferenciados entre si.

Os autores exemplificam o argumento da seguinte forma: em casos de

projetos de baixo risco e marcado por benefícios mais operacionais, em que o escopo e as dificuldades do projeto são conhecidos, é possível afirmar que os critérios pertencentes às dimensões mais de curto prazo, como o atendimento ao cronograma e orçamento previamente propostos e, posteriormente, o lucro gerado pelo projeto, costumam ser mais importantes que os efeitos de longo prazo percebidos pela empresa, como o desenvolvimento de novas competências organizacionais. Por outro lado, nos casos de projetos de alto grau de incerteza, a empresa tem o risco atrelado ao projeto sustentado por uma estratégia de longo prazo, justificando esse risco assumido. Além disso, a sistemática precisa auxiliar a equipe no planejamento e entrega dos projetos, considerando o ciclo inteiro de vida, de forma consistente e eficiente, sempre orientada para os negócios e para a satisfação dos clientes (SILVEIRA, 2008).

Aquere (2010) salienta que para tornar o processo de projeto mais eficaz e eficiente, é necessário entender que a produção de projetos de edifícios deve ser em menor tempo, com o dispêndio de menor esforço de projeto e com maior qualidade. Do ponto de vista aqui adotado, enxerga-se a qualidade do processo de projeto através da redução do retrabalho e da melhoria das relações entre os profissionais envolvidos na produção de seu produto final, o projeto de edifício. O autor ainda ressalta que o Projeto deve conter as informações técnicas e gerenciais necessárias à produção do edifício visando à redução do retrabalho na fase construção e colaborando, de tal forma, para o cumprimento de prazos e custos em sua produção.

E para isso, há algumas características das sistemáticas de gerenciamento de projetos das organizações destacadas pelo autor, como estar em sintonia com a ISO 9000 ou com outras normas de institutos oficiais de gerenciamento de projetos. Deve também ter um conjunto compreensivo e flexível de processos, ferramentas e técnicas que deem suporte às atividades, auditadas periodicamente por um Escritório de Gestão de Projetos (*Project Management Office* - PMO). Ressalta ainda a necessidade de documentação, instrumentos de medição e controle de projetos durante o ciclo de vida e comunicação dos resultados aos *stakeholders* (PATAH e CARVALHO, 2012).

Nesse sentido, projeto pode ter apresentado um significativo estouro de prazo e orçamento, mas mesmo assim ser considerado um projeto bem-sucedido, caso os membros da equipe tenham desenvolvido competências diferenciadas ou novos mercados puderam ter sido explorados pela empresa.

Fatores Críticos de Sucesso

O conceito de fatores críticos de sucesso (FCS) é utilizado há muito tempo: Aristóteles expressou a ideia de que os líderes deviam criar poucas e simples metas para suas organizações; e ressaltou que as organizações que assim o fizeram obtiveram mais bem resultados do que as que não o fizeram. Da mesma forma, o Barão Von Clausewitz (1780 - 1831), escrevendo ao staff

sobre os princípios da guerra, definiu um deles como sendo a “concentração de forças”: segundo ele, os “maus generais” pulverizavam suas forças pelo campo de batalha, enquanto os “bons generais”, de forma a garantir a vitória, concentravam suas forças nas poucas batalhas críticas que precisavam ser vencidas.

Rockart (1982) foi o primeiro a usar a terminologia “Fatores Críticos de Sucesso” como sendo elementos vitais para ocorrer o sucesso do projeto. Podendo ser definidos como todo e qualquer elemento que, em grau variado para cada tipo de projeto, influenciam a obtenção de sucesso.

Segundo Boynton e Zmud (1984) os FCS são aquelas poucas coisas que devem ir bem para garantir o sucesso de um gerente e de um projeto, portanto, representam itens para os quais devem ser dada atenção especial e contínua de forma a garantir alto desempenho. Já Ribeiro *et al.* (2013) afirmam que a eficiência do gerenciamento de projetos depende do conhecimento e adaptação aos fatores críticos de sucesso. Kerzner (1987) define FCS como elementos necessários para a criação de um ambiente no qual as coisas acontecem de forma correta propiciando uma situação em que projetos sejam gerenciados de forma correta e consciente com excelência. Especificamente no que se refere aos FCS de projetos de Construção civil, Toor e Ogunlana (2008) sugerem que mais estudos devam ser conduzidos sobre projetos de que considerem a natureza e estrutura da indústria da construção local, escala de projetos da construção, estratégias de aquisição, maturidade das organizações e valores culturais e normas. Já Yu (2011) afirma que é importante identificar FCS em projetos de Construção civil. Sem o conhecimento destes FCS em um projeto, torna-se muito difícil monitorá-lo e controlá-lo efetivamente.

Segundo Quintella *et al.* (2005), uma maneira de se determinar, com grande precisão, as informações necessárias é o método dos FCS. Estes definem as áreas de performance essenciais para que a organização complete sua missão. Desta forma, qualquer atividade ou iniciativa que a organização toma, deve assegurar consistente alta performance nessas áreas; caso contrário, a organização pode não a completar.

Alves (2009) identificou as seguintes características para os FCS: Específicos: são específicos de um determinado gerente de um determinado setor e em um dado momento; Temporais: são válidos para um determinado período e mensuráveis: o desempenho em cada um dos FCS deve ser constantemente medido. Um dos recursos preciosos de uma organização é o tempo dos seus gerentes e esses sofrem uma sobrecarga de informações através de várias fontes, tais como diversos softwares e setores da organização.

No ambiente vivido pelas organizações, com um grande volume de informações (cenário dinâmico e de complexidades), os gerentes necessitam cada vez mais de acesso às informações estritamente pertinentes às suas principais funções e responsabilidades. É importante para um gerente definir

claramente seus objetivos, para que ele possa focá-los. Um método para determinar precisamente a informação mais necessária é a análise dos FCS.

Os FCS podem aparecer de duas formas: Barreiras que conferem à empresa uma vantagem competitiva e Performances críticas que, sem dar à empresa uma vantagem distinta, lhe permitem propor uma oferta genérica de resultados conforme seus objetivos. Performance tal que, sua insuficiência ou sua degradação levará à eliminação da firma ou comprometimento de sua posição.

Os elementos constituintes do êxito num setor, durante um período de sua história; é um elemento de oferta que tem valor para os clientes (usuários, distribuidores, especificadores) e um conhecimento e/ou vantagem de custo essencial em uma cadeia de concepção - produção - e distribuição do produto (ou serviço), que permite criar uma vantagem competitiva. Elementos sobre os quais se fundamenta prioritariamente a concorrência, correspondente às competências que é necessário controlar para ter performance. Os FCS podem ter diferentes fontes, segundo Alves (2009): Natureza da indústria: cada indústria apresenta um grupo de FCS que é determinado pelas características da própria indústria e que merecem atenção gerencial; Estratégia competitiva e posição da indústria: cada empresa integrante de uma indústria está numa situação determinada por sua história e estratégia competitiva atual. A posição resultante da empresa na indústria dita alguns FCS. A estratégia, objetivos e metas da organização são uma fonte de FCS para gerentes, bem como os FCS organizacionais e dos gerentes acima dele na hierarquia; Fatores ambientais: os fatores do ambiente externo à empresa são aqueles fatores que ela possui pouco ou nenhum controle, tais como política nacional e demandas de mercado.

A empresa deve definir e buscar sua missão, que será refletida através de objetivos e FCS, tendo em vista a tendência à mudança do ambiente;

Fatores temporais: trata-se de áreas de atividade dentro da organização que se tornam críticas por um período particular de tempo devido ao acontecimento de algo extraordinário. Normalmente, estas áreas não gerariam FCS. Para um dado projeto, FCS também mudarão de acordo com a mudança e uma fase no ciclo de vida do projeto;

Posição gerencial: cada posição gerencial funcional possui um grupo de FCS associado à natureza desta função (qualidade, produção, finanças etc.). Os FCS são elementos condicionantes no alcance dos objetivos da organização e estão ligados diretamente com o sucesso da empresa, explicam Gonçalves e Musetti (2008).

Existe consenso entre os pesquisadores de que a maioria das razões para o sucesso do projeto pode ser atribuída à presença ou ausência de certas características de projeto compreendendo regras organizacionais, procedimentos executivos, e as condições ambientais (Pinto e Covin, 1989). Estas características dos projetos, referidas como fatores críticos de sucesso

(FCS), requerem atenção especial por parte do gerenciamento, devido ao seu impacto sobre o desempenho do projeto.

FCS são preditores de sucesso do projeto que pode ser positivo ou negativo na sua influência, e, portanto, a chave para o sucesso do projeto encontra-se na melhoria das que são positivas, e reduzindo os que são negativos na natureza.

É um fato estabelecido que a eficiência de uma organização depende em grande parte implementação bem-sucedida dos projetos que realiza (Pinto e Covin 1989).

Segue-se, portanto, que FCS precisará ser empregado por uma organização se fosse para evitar perdeu oportunidades e surpresas desagradáveis. A identificação e análise cuidadosa de fatores críticos de sucesso pode ter um impacto positivo resultado em um projeto. Os novos participantes no setor de construção e também as empresas podem usar esses fatores para facilmente ajudar a si mesmos em uma melhor entrega do projeto para projetos futuros (Bullen e Rockart, 1981).

Para Alves (2009), a análise dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) são uma ferramenta no planejamento estratégico, que permite que a organização identifique e controle os aspectos mais importantes da gestão, e tem sido amplamente utilizada nas organizações. São variáveis estruturais básicas que mais afetarão o sucesso ou fracasso no alcance de seus objetivos. Estas variáveis (FCS) devem receber constante e cuidadosa atenção dos gerentes. Estas áreas chaves (FCS) devem ir bem para o negócio prosperar e os objetivos dos gerentes serem atendidos.

Em contrapartida, se os resultados nestas áreas não forem adequados, os resultados da organização serão piores que os desejados.

Para os diversos níveis gerenciais, são identificados FCS num processo tipicamente *top-down*, onde vão sendo detalhados por cada divisão departamento, gerência etc., de modo que os objetivos de uma determinada unidade organizacional contribuam para os objetivos da unidade do nível acima e também para os objetivos da organização. Para cada FCS, é definida uma medida, ou indicador, que permita a medição e avaliação do status do FCS. Outra característica do FCS é a especificidade para cada gerente.

Diferentes gerentes terão diferentes necessidades de informações e consequentemente terão diferentes FCS (Fatores Críticos de Sucesso), relativos à sua situação particular. Os FCS também variam de acordo com diferentes tipos de projetos. Os FCS também mudarão frequentemente, quando houver mudança no setor econômico no qual a organização está inserida, mudança da posição que a organização ocupa no setor e quando problemas ou oportunidades surgirem para um determinado gerente. São, portanto, temporais.

Para identificar os FCS, existem duas maneiras. A primeira é dissecar os recursos organizacionais e o mercado a fim de identificar os segmentos

que são mais decisivos e importantes. A segunda é descobrir o que distingue as organizações malsucedidas das organizações bem-sucedidas e analisar a diferença entre elas, isto é, fazer um *benchmarking*.

Após a identificação, os FCS devem ser priorizados. Para priorizar, deve-se analisar, por meio do Sistema de Medição de Desempenho (SMD), em quais FCS a organização está malsucedida e focar a força de melhoria neles.

Fatores críticos de sucesso têm sido usados em uma ampla variedade de projetos em diferentes setores tais como tecnologia da informação (Almajed e Mayhew, 2014), petróleo (Tsiga *et al.*, 2016), bem como para projetos genéricos (Muller e Jugdev, 2012; Pinto e Prescott, 1988). Uma revisão da literatura por Tsiga *et al.* (2016) identificou fatores críticos de sucesso e suas categorias correspondentes (Quadro 4).

Quadro 4: Identificação de fatores críticos de sucesso e suas categorias

Categoria	Fatores críticos de sucesso	Fontes
Desafios Externos	Ambiente econômico, o ambiente social, ambiente político, ambiente físico e ambiente regulatório / legal.	(Gudienne <i>et al.</i> , 2014); (Omram <i>et al.</i> , 2012); (Tan e Ghazali, 2011)
Conhecimento e experiência do cliente	Natureza das finanças, a experiência, o tamanho da organização, ênfase na qualidade do tempo, a capacidade de informar, tomada de decisão, papéis e contribuição, expectativas e comprometimento, envolvimento e influência.	(Gudienne <i>et al.</i> , 2014); (The Standish Group, 2013); (Omram <i>et al.</i> , 2012)
Apoio da alta gerência	Apoio dado à cabeça, apoio a atividades críticas, a compreensão de dificuldade do projeto e da influência das partes interessadas do projeto.	(Ram e Corkindale, 2014); (Varajão <i>et al.</i> , 2014); (AlMajed e Mayhew, 2014).
Características do projeto	Tipo de projeto, o tamanho, natureza, complexidade, design, tempo de alocação de recursos e nível de tecnologia.	(Yong e Mustaffa, 2013); (Omram <i>et al.</i> , 2012).

Competência gerente de projeto	Experiência, coordenar e motivar as competências, habilidades de liderança, habilidades de resolução de conflitos de comunicação e feedback, capacidades de gestão e habilidades de organização.	(Toor e Ogunlana, 2009); (Malach-Pines <i>et al.</i> , 2009); (Barclay e Osei-Bryson, 2009).
Organização do projeto	Planejamento e esforço de controle, estrutura da equipe e integração, o programa de segurança e qualidade, definição de planejamento e trabalho, orçamento e controle de subcontratantes.	(Gudienne <i>et al.</i> , 2014); (Varajão <i>et al.</i> , 2014); (Berssaneti e Carvalho, 2015).
Competência da equipe do projeto	Experiência da equipe, habilidades técnicas, habilidades de planejamento e organização, comprometimento e envolvimento, as equipes de adaptabilidade às mudanças de requisitos, relações de trabalho, escolaridade, disponibilidade de treinamento e tomada de decisão eficaz.	(Gudienne <i>et al.</i> , 2014); (Varajão <i>et al.</i> , 2014); (AlMajed e Mayhew, 2014); (Ram e Corkindale, 2014).
Gerenciamento de requisitos	Técnica de elicitação, identificação, análise e negociação, modelagem, validação e gerenciamento do escopo	(Mirza <i>et al.</i> , 2013) (Didraga, 2013)
Gestão de Risco de Projeto	Os fatores sob gestão de risco do projeto são subdivididos em dois que são aspectos em primeiro lugar rígidos com iniciação, identificação, avaliação, planejamento de resposta, a implementação de resposta e, por outro, aspectos suaves de risco, que são a comunicação de risco e atitude, acompanhamento e avaliação	(AlMajed e Mayhew, 2014), (Rabechini Junior e Monteiro de Carvalho, 2013), (Didraga, 2013),
Fatores institucionais	Normas e autorizações.	(Gudienne <i>et al.</i> , 2014);

Aspectos contratuais	Tipo de contrato, licitação (procedimentos ou passos para a seleção desse serviço) e aquisições (seleção empresa para prestação de serviços) processo.	(Yong e Mustaffa, 2013); (Omram <i>et al.</i> , 2012); (Tan e Ghazali, 2011); (Chan <i>et al.</i> , 2004).
----------------------	--	--

Fonte: Tsiga *et al.*, 2016.

A identificação dos fatores críticos de sucesso é necessária para o planejamento estratégico. É claro que com base nesta abordagem e usando as pesquisas anteriores e opinião de especialistas, para identificar os fatores críticos temos que considerar a estrutura hierárquica em níveis de objetivos, critérios e escolhas (Figura 10).

No primeiro Nível: identificam-se e classificam-se os fatores críticos de sucesso. No segundo Nível: Critérios para alcançar os FCS de acordo com entrevistas com os gerentes de projeto. Desta forma foram selecionados sete critérios: 1. Fatores efetivos na gestão de projetos; 2. Fatores relacionados com o empregador; 3. Fatores relacionados com a logística do projeto; 4. Consultor de projetos e fatores relacionados ao tempo; 5. Fatores relacionados ao empreiteiro; 6. Fatores relacionados ao gerente de projetos. No terceiro nível: estipulou-se opções dentro dos critérios que foram determinadas a partir de questionários e depois de examinar a validade e confiabilidade das opções relacionadas ao critério (Pakseresht e Asgari, 2012).

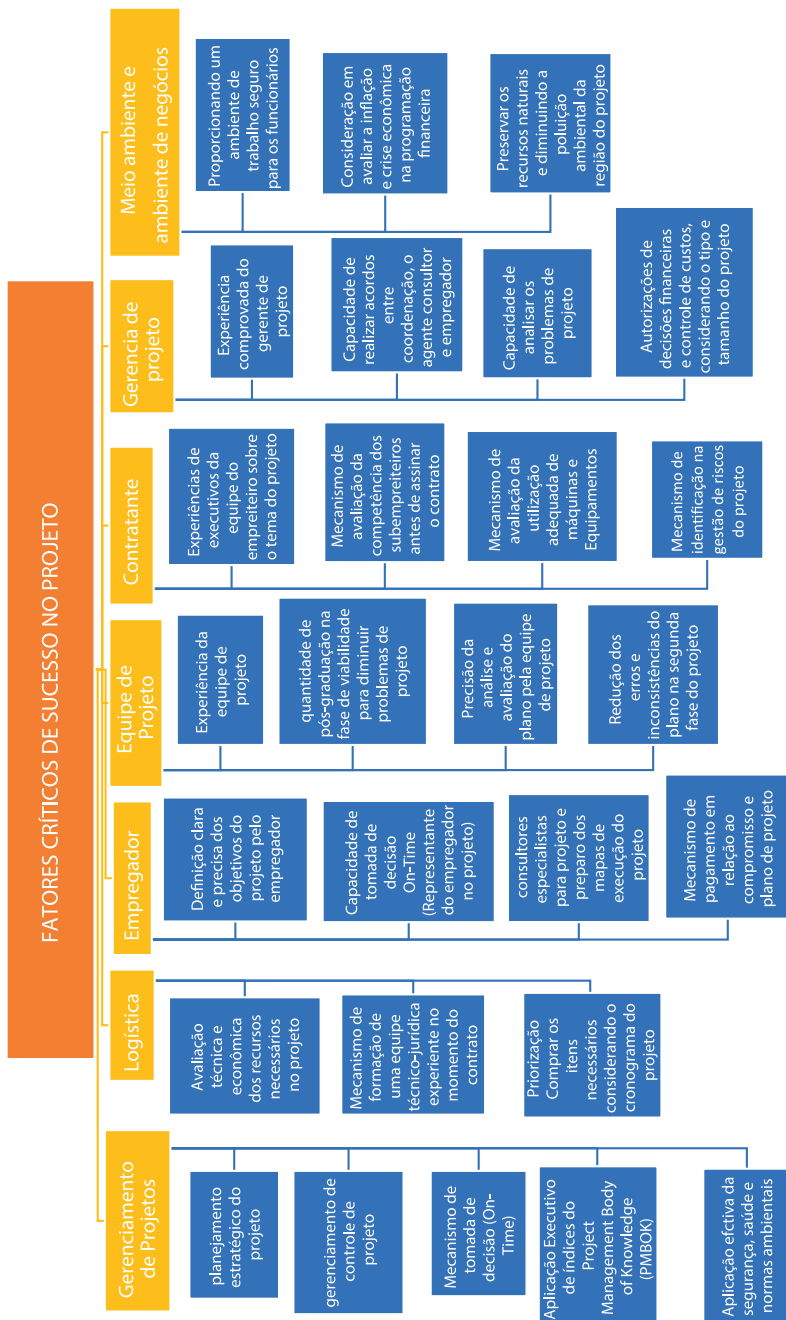
Fatores Críticos de sucesso na construção civil

D. Ronald Daniel foi um dos primeiros especialistas que ofereceram os fatores críticos de sucesso como orientação empresarial, pela primeira vez em 1961, em seu artigo Management Information Crisis. Daniel, *apud* Rockart (1978), sugeriu que, para ser efetivo e evitar o excesso de informações, o sistema de informações de uma organização deve estar focado nos fatores que determinam o sucesso da organização.

Rockart (1979) usa fatores de sucesso como um filtro, a gestão pode, então, identificar a informação que foi mais importante para a tomada de decisões empresariais críticas. Deste modo, a premissa subjacente é que as decisões tomadas dessa maneira devem ser mais eficazes, porque eles são baseados em dados que são especificamente relacionadas com fatores de sucesso da organização. De acordo com Rockart, existem 4 tipos básicos de Fatores Críticos de Sucesso: 1. Indústria, 2. Estratégia, 3. Ambiental e 4. Temporal.

Estas são áreas estratégicas de uma organização empresarial. Originalmente os fatores críticos de sucesso foram concebidos para funcionar a estratégia de negócios e nível de objetivos estratégicos. No entanto, a ideia de fatores críticos de sucesso provou ser tão útil que seu uso foi estendido para os níveis mais baixos da organização.

Figura 10: Estrutura hierárquica em níveis de objetivos, critérios e escolhas.



Fonte: Pakseresht e Asgari, 2012

Foi estendido para os departamentos de uma organização, mesmo para as regiões e para os indivíduos. O termo crítico originalmente se referia à possibilidade de falha catastrófica da organização se os objetivos não fossem realizados.

Em 1986 Ashley identificou sete fatores como os fatores de sucesso: 1. Atividades de construção, 2. Projeto de planejamento (compromisso do gerente), 3. Aceitação de metas (motivação da equipe), 4. Projeto, 5. Capacidades técnicas (Gerente de projetos), 6. Os sistemas de controle e 7. Definição de trabalho. Ele também identificou seis critérios como os critérios de sucesso que são: 1. Desempenho, 2. Programação, 3. Empregador, 4. Orientação da Tarefa, 5. Contrato e 6. Projeto.

É importante salientar a diferenciação entre os critérios de sucesso e fatores de sucesso. Os critérios de sucesso são as medidas com base no qual o sucesso ou o fracasso do projeto é julgado; enquanto os fatores de sucesso são aqueles que determinam, direta ou indiretamente, que os sistemas de gestão resultam no sucesso do projeto.

Em seguida, em 1987, Pinto e Slevin identificaram um modelo de projeto e dez fatores determinantes: missão do projeto, programação, tarefas técnicas, consultor do usuário, a recepção do usuário, feedbacks e relatórios, comunicações, detecção de falhas, o apoio gerente, o pessoal (requisito, emprego e formação).

Em 1996, Walid Belassi e Tukul Oya Icmeli dividiram os fatores críticos de sucesso em quatro principais grupos em um novo formato: 1. Projeto fatores dependentes, 2. Os membros da equipe e fatores dependentes gerente de projeto, 3. Fatores dependentes da estrutura organizacional, 4. Fatores dependentes do ambiente externo.

Estudar os resultados provam que o gerente do projeto, habilidades de gestão, os membros da equipe, trabalho em equipe, seus arquivos, propriedades do projeto, fatores ambientais viáveis técnicas poderiam ser consideradas como fatores críticos de sucesso da organização. Embora o grau destes fatores varia de uma indústria para outra.

Em uma pesquisa empírica sobre a relação entre o planejamento do projeto e sucesso do projeto, Dvir (1998) declarou que existe uma relação certa e positiva entre a quantidade de esforço para determinar os objetivos do projeto, exigências de trabalho e características técnicas do produto, por outro lado nenhum esforço deve ser poupado na primeira etapa do projeto para definir os requisitos a receber e objetivos, e se essa demanda deve ser atendida envolvendo o cliente ou o beneficiário final nos processos.

Pesquisadores, como Futrell *et al.* (2001) acreditam que fatores críticos de sucesso são os fatores em um projeto que pode conduzir a um resultado positivo consecução de expectativas e necessidades das partes interessadas

Adnane Belout e Clothilde Gauvereau consideradas as quatro

dimensões seguintes como fatores de sucesso em 2003: Resultado 1. Projeto 2. Efeitos Clientes 3. O sucesso comercial e de condução e preparação para o futuro 4. Identificar os grupos beneficiários (acionistas, gerentes, clientes e pessoal) que são significativos.

Moraes e Laurindo (2003) comentam em seu trabalho que uma das primeiras propostas para o problema de seleção e priorização de projetos de Tecnologia da Informação foi o método dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS), que foca, principalmente, os sistemas de informação gerenciais e executivos, e é baseado na definição, por parte dos altos executivos, das atuais necessidades representadas pelos FCS.

Em 2004 Nguyen *et al.* identificaram cinco fatores críticos de sucesso entre os vinte fatores de projetos de sucesso: 1. Gerente de projeto competente 2. Proporcionar recursos financeiros adequados para o fim do projeto 3. Equipe do projeto competente e multidisciplinar 4. Compromisso com o projeto 5. O acesso aos recursos.

Saqib *et al.* (2008) pesquisaram sobre projetos de construção no Paquistão e conseguiu identificar 77 fatores em 7 grupos diferentes e, finalmente, conseguiu à priorização de 10 fatores críticos de sucesso em projetos de construção do Paquistão.

Mehrdad Madhoushi (2011) fez uma pesquisa sobre “análise dos fatores de sucesso projetos ou fracasso e oferecendo um modelo de previsão” para obter um Ph.D. na gestão. Na investigação determinou que um projeto que é completado no tempo e orçamento determinados e a atendendo às expectativas do gestor, usuário ou cliente, é definido como um projeto bem-sucedido. As 68 variáveis que influenciam o projeto em sucesso / insucesso foram definidas e classificadas em 9 grupos de variáveis.

Para Gambôa *et al.* (2004) os FCS podem ser considerados como fatores chave que a organização deve ter ou precisar e que, juntos, podem realizar uma missão. É comum definir FCS para diferentes funções da empresa, como FCS de marketing, de manufatura, de projeto, dentre outros.

Quintella, Rocha e Alves (2005) apresentam um conjunto de definições na literatura sobre FCS, compiladas por Verstraete (2000):

- São as variáveis graças às quais a gerência pode influenciar, por sua decisão e de forma significativa, a posição de cada firma em uma indústria. Esses fatores variam geralmente de uma indústria para outra; mas, no interior de uma indústria em particular, eles derivam da interação de dois tipos de variáveis: as características econômicas e tecnológicas do setor e as armas competitivas sobre as quais diferentes firmas do setor construíram suas estratégias;
- É o nome das coisas que devem andar bem para assegurar o sucesso de uma organização ou de um gerente; as competências em que há a necessidade de atenção especial e constante para obter alta performance;
- São as características, condições ou variáveis que, se

corretamente seguidas, mantidas e geradas, podem ter um impacto significativo sobre o sucesso de uma firma de um determinado setor;

- É tudo sobre o que a empresa conta para atingir seus objetivos de longo prazo de resistir às forças do setor investigado (as cinco forças da tipologia de Porter) para ser competitiva em seu grupo estratégico e não se submeter à concorrência de outros grupos. Ou, ao contrário, se viável, preparar a passagem para um outro grupo.

Rahele Nourifar fez uma pesquisa intitulada “identificar os fatores críticos de sucesso projeto iraniano estudo de caso managers na conferência internacional de projeto gestão, que foi realizada em março de 2006. Este artigo discute os resultados de estudo de caso sobre as experiências de pessoas ativas no domínio da gestão de projetos no Irã.

Este estudo foi sob a forma de questionário que foi enviado para os gestores do projeto gestores de organizações governamentais e não-governamentais. Cada entrevistado foi convidado a relatar as formas, metodologias, ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos e também avaliar o efeito desses fatores sobre a realização do resultado do projeto desejado.

Os resultados mostram que as pessoas usavam um pequeno número destas formas, metodologias, ferramentas e técnicas de gerenciamento de projeto e o gráfico de Gantt foi usado por eles largamente. “On-time desempenho do projeto”, a conclusão do projeto considerando a determinada orçamento foram os critérios com base nos quais eles julgam sobre o sucesso do projeto. Também, fatores como: 1. “Cronograma realista” apropriado, 2. Recursos adequados e Orçamento bem alocados e 3. Objetivos do projeto claros foram considerados como três fatores críticos de sucesso no projeto.

Para Bernardi (2010), os FCS (Fatores Críticos de Sucesso) são atividades cujos resultados favoráveis são absolutamente necessários para o sucesso do processo. Falhas nessas atividades implicam retrabalho e prejuízos e têm maior impacto negativo no resultado final. Dependem da capacitação e da adequação da infraestrutura da unidade/organização.

Carli *et al.* (2010) explicam que o pesquisador Rockart do Massachusetts Institute of Technology (MIT) propôs em 1979 uma abordagem que tem por foco os Fatores Críticos de Sucesso (FCS): “O número limitado de áreas nas quais os resultados, se satisfatórios, asseguram o desempenho competitivo bem-sucedido para a organização”.

Atualmente, dá-se o nome de FCS a uma relação de itens que devem ser observados durante o planejamento, execução e controle de um projeto, para que seus resultados sejam alcançados. Embora tenha sido concebido primariamente para definição de sistemas de informação, esse método apresenta importante impacto nas práticas gerenciais e de planejamento estratégico.

Critérios dos Fatores Críticos de Sucesso

Na relação entre fatores críticos de sucesso de projeto e gerenciamento de projeto, percebe-se a existência de dois enfoques distintos:

1. Discute os fatores críticos relacionados ao gerente do projeto e aos membros da equipe do projeto que podem afetar o sucesso do projeto, como, suas competências e habilidades, comprometimento, competências técnicas e gerenciais. Segundo este enfoque, estes são critérios que afetam não apenas o desempenho do projeto, mas, também, sua aceitação pelo cliente (Belassi e Tukul, 1996; Westerveld, 2003), ou;

2. Trata daqueles fatores que contribuem para o sucesso da implantação (ou gerenciamento) do projeto, tais como definição clara de metas e objetivos, apoio da alta direção, gerente e equipe competentes, alocação suficiente de recursos, entre outros (Dvir *et al.*, 1998; Clark, 1999). Ou seja, aqui, o foco está no processo de gerenciamento do projeto, apesar de alguns critérios serem semelhantes aos do enfoque anterior.

A ideia por trás disso é que a utilização de alguns fatores críticos de sucesso como critérios de avaliação do desempenho do projeto fará com que o gerente e a equipe do projeto dediquem maior esforço à melhoria dos indicadores associados a estes fatores. Um resultado esperado disso é o aumento da contribuição do gerenciamento do projeto para o sucesso do projeto.

Embora nenhuma publicação encontrada discuta esta questão de forma específica, evidenciando a equivalência de fatores críticos de sucesso com medidas de desempenho de gerenciamento de projetos, é possível fazer uma sugestão de fatores críticos de sucesso que são responsabilidade da equipe de gerenciamento de projetos.

Por esta razão, para a obtenção desta lista de fatores críticos de sucesso, adotou-se a relação montada por Fortune e White (2006) descrita na tabela 01. Desta forma, apesar de haver um grande número de publicações que listam fatores críticos de sucesso, como por exemplo, Belassi *and*. Tukul (1996), Westerveld (2003) e Dvir *et al.* (1998), os resultados destes trabalhos estão considerados em Fortune *and*. White (2006), não sendo necessário refazer o mapeamento da literatura, neste caso.

Para a inclusão na lista mostrada na Tabela 1, foram considerados apenas aqueles fatores cuja responsabilidade pode ser associada ao processo e às habilidades de gerenciamento do projeto. Por exemplo: apesar de “Suporte da Alta Administração” ser o fator com maior número de citações (39), não está considerado na lista abaixo, pois apesar de estar contido no ambiente do gerenciamento do projeto, não é uma questão que possa ser resolvida pelo gerente do projeto e sua equipe. Nesse caso, sua influência se dá pelas suas habilidades de negociação, pelo processo de comunicação e reporte de progresso do projeto etc., porém, não se pode atribuir ao gerente do projeto a total responsabilidade pelo projeto receber ou não o apoio da

alta direção, pois dependerá, principalmente, de fatores que estão além da sua possibilidade de atuação, como priorização de projetos e questões políticas da organização, por exemplo. Outro exemplo de fator crítico de sucesso presente no trabalho de Fortune e White (2006) e que não será considerado para esta pesquisa é a “estabilidade política” da organização, cuja responsabilidade não pode ser atribuída ao gerente do projeto e à sua equipe.

Tabela 1: Critérios relacionados a fatores críticos de sucesso

Fator Crítico de Sucesso	Nº de citações
Definição clara e realista dos objetivos	31
Plano detalhado e mantido atualizado	29
Boa comunicação e feedback	27
Envolvimento do cliente / usuário	24
Equipe qualificada	20
Gerenciamento de mudanças eficaz	19
Recursos suficientes e bem alocados	16
Boa liderança	15
Cronograma realista	14
Riscos identificados, avaliados e gerenciados	13
Monitoramento / controle eficaz	12
Orçamento adequado	11
Bom desempenho de fornecedores	10
Planejamento do encerramento, revisão e aceite de falha possível do projeto	9
Aprendizado com experiências passadas (aproveitamento de lições aprendidas)	5

Fonte: Fortune e White, 2006

Além disso, não está considerado na tabela 1 como fator crítico de sucesso “competência do gerente de projeto”, pois entende-se que este é um fator que deve ser desdobrado em outros critérios mais específicos, presentes em uma das listas apresentadas neste trabalho Fortune e White (2006).

Relação dos critérios identificados

Moura e Botter (2011) relatam que a metodologia de fatores críticos de sucesso (FCS) tem como base definir as principais informações relevantes para cada organização, do ponto de vista de seus executivos, e permear essas informações por toda empresa com o objetivo de todos atuarem na mesma direção e sentido, para alcançarem os resultados almejados. Os FCS foram

definidos como áreas ou atividades empresariais que devem receber uma atenção especial da gestão da organização, para que os resultados sejam alcançados, visando a uma vantagem competitiva frente aos concorrentes.

A análise dos FCS de uma empresa abrange tanto o ambiente interno como o externo (FCS do setor industrial onde a empresa está inserida). Moura e Botter (2011) compilaram um conjunto de conceitos e definições sobre FCS (Fatores Críticos de Sucesso) disponíveis na literatura: Ponto-chave para determinar os FCS de uma empresa é a entrevista com os executivos da empresa, conforme definiu Rockart nos estudos feitos pelo MIT, diferem de competências e recursos. Competências e recursos são fatores essenciais para estar no mercado, mas que não necessariamente caracterizam as diferenças nos valores criados para as organizações. Podem ser explicados como um número limitado de áreas, cujos resultados, se eles são satisfatórios, assegurarão desempenho competitivo de sucesso para uma organização. Características ou variáveis que, quando propriamente sustentadas, mantidas ou gerenciadas, podem ter um impacto significativo para o sucesso de uma empresa que compete numa determinada indústria. Variáveis onde a gerência de uma organização pode influenciá-las, interferindo na posição que uma empresa possui dentro de uma determinada indústria.

Devem ser analisados não de forma estática e individual, e sim de maneira global, avaliando-se o impacto no desempenho operacional e na melhora da produtividade de uma organização. Podem ser definidos como áreas críticas de uma empresa que merecem atenção especial para que ela alcance seus objetivos e torne-se competitiva em seu segmento de atuação. Desde a década de 70, um problema comum enfrentado pelas empresas é a dificuldade que os administradores têm em obter as informações que realmente necessitam para tomar suas decisões a partir dos sistemas de informação existentes.

Morioka e Carvalho (2014), propuseram uma classificação em cinco dimensões de FCS: planejamento e controle, natureza do projeto, recursos humanos, stakeholders e meio externo ao projeto (Quadro 5). Os critérios de desempenho foram identificados a partir do agrupamento dos fatores por equivalência de conceitos, em critérios de avaliação de desempenho.

Quadro 5: Fatores Críticos de Sucesso em projetos

Fatores Críticos de Sucesso de um Projeto			
Grupo	Dimensão	Observações	Exemplos
Projeto e Gestão de Projetos	Planejamento e controle	Atuação direta do gerente do projeto	Objetivos claros e realistas; gestão de mudança efetiva; gestão de risco efetiva; controle e monitoramento efetivos; organização clara e simples para projetos; controle gerencial dinâmico e eficiente.
	Natureza do Projeto	Referência as características do projeto, evidenciando a necessidade de uma tipologia adequada	Tecnologia conhecida; valor percebido do projeto; projeto de grande porte; alto nível de complexidade; muitas pessoas envolvidas; longa duração.
Pesquisa	Recursos Humanos	Preocupação com a equipe do projeto	Boa comunicação e bom feedback; equipe de projeto suficiente e qualificada; gerente de projeto bem-preparado; boa liderança; treinamentos adequados; motivação e seleção da equipe.
Pesquisa	<i>Stakeholders</i>	Verificação dos envolvidos no projeto	Suporte da alta diretoria; envolvimento de clientes e usuários; bom desempenho de fornecedores; contratados e consultores; diversos pontos de vista.
Emprego	Meio Externo	Características externas ao âmbito do projeto em si	Adaptação, cultura e estrutura da organização; estabilidade política; ferramentas e métodos de gestão de projetos. Bens escolhidos; compreensão do ambiente do projeto; sistema de informações gerenciais confiáveis.

Fonte: Morioka e Carvalho, 2014.

Nesse agrupamento, no entanto é possível classificar um mesmo fator em mais de um grupo de critérios dependendo da interpretação dada a cada uma das situações encontrada. Fortune e White (2006) encontraram limitação semelhante para a questão dos fatores críticos de sucesso. Por exemplo, o fator de desempenho “procedimentos de controle de custos” (Duffy e Thomas, 1989), foi categorizado no grupo de critérios “controle e monitoramento”, mas poderia, também, ter sido colocado em grupo de critérios relacionado a custos ou à aplicação de procedimentos de gerenciamento. Nesse caso, considerou-se que o conceito chave contido no fator é “controle”

Por outro lado, os fatores “gerenciamento de riscos: educação”, “gerenciamento de riscos: manutenção de registros” e “gerenciamento de riscos: maturidade de atribuição de responsabilidades” (Cooke-Davies, 2002), “riscos identificados, avaliados e gerenciados” (Fortune e White, 2006) e “qualidade da política de riscos” (Barnes e Wearne, 1993), individualmente, não seriam representativos, recebendo apenas uma citação cada. No entanto, como todos estão relacionados ao gerenciamento de riscos, demonstram o reconhecimento da importância desta área de conhecimento em gerenciamento de projeto, desta forma, foram agrupados dentro do critério “gerenciamento de riscos”.

Outros fatores, quando analisados sob o foco de agrupamento, foram considerados maus exemplos de medidas de desempenho como, por exemplo, “desempenho da equipe” (Yang e Peng, 2008) que é uma medida muito ampla, quase se confundindo com o próprio desempenho de gerenciamento de projetos. Outros exemplos desta situação são “adequação do suporte ao projeto” (Munns e Bjeirmi, 1996), “apoio às decisões” (Barnes e Wearne, 1993), “equipe qualificada” (Fortune e White, 2006) e “existência de feedback do resultado do trabalho” (Kumar e Wolf, 1992), que se caracterizam como condições necessárias (embora não suficientes) para que o projeto alcance o sucesso, e não como dimensões que possam ser traduzidas em indicadores de desempenho, cujo valor deverá melhorar ao longo da realização do projeto, ou de um projeto para outro.

Para alguns critérios não foi possível a inclusão em um grupo específico, pois representam uma medida de desempenho bastante específica, não recebendo indicação em mais de uma publicação. Exemplos de fatores que caíram neste caso são: “simplicidade e clareza da organização para o projeto” (De Wit, 1988), “estruturação da organização do projeto” e “adequação dos requisitos de reporte” (Duffy e Thomas, 1989), “entendimento dos fatores de sucesso do projeto” (Wateridge, 1995) e “redução de perdas pelo cancelamento” (Bryde, 2003).

Outro resultado interessante a ser citado é a constatação de que a percepção sobre quais fatores influenciam o sucesso do projeto e do esforço de gerenciamento do projeto não é unanimidade entre os autores, em acordo com a conclusão de Shenhar, *et al.* (2001). E, como reflexo disso, a relação de indicadores encontrada tem pouca concordância entre as citações. Essa

afirmação é refletida na grande quantidade de critérios identificados (75 no total), porém, com um número relativamente baixo de critérios citados em mais do que uma publicação (26) ou em mais do que duas publicações (15), evidenciando uma baixa taxa de coincidência entre as citações, com um total de 49 critérios citados em apenas uma publicação. A Tabela 2 enumera os critérios selecionados, informando as publicações em que aparecem, o número de publicações e a quantidade total de citações. A lista apresenta um ranking pelo número de publicações em que os critérios aparecem.

Tabela 2: Critérios de avaliação de desempenho identificados na literatura

Item	Critérios de Desempenho	Publicações	Nº de Publicações
1	Eficiência e Eficácia da Comunicação	Nicholas (1989); Fortune e White (2006); Cooke-Davies (2002); Barnes e Wearne (1993); Duffy e Thomas (1989); Pinto e Mantel (1990); Yang e Peng (2008); Chen e Lee (2007); Chiocchio (2007); Hyvärä (2006); Kerzner (2006)	11
2	Controle e monitoramento	Nicholas (1989); Fortune e White (2006); Cooke-Davies (2002); Barnes e Wearne (1993); Duffy e Thomas (1989); Pinto e Mantel (1990); Yang e Peng (2008); De Wit (1988)	8
3	Desempenho de custo	Pinto e Mantel (1990); Yang e Peng (2008); De Wit (1988); Bryde (2003); Kerzner (2006); Munns e Bjeirmi (1996); Shenhar <i>et al.</i> (2001)	7
4	Gerenciamento de mudanças	Nicholas (1989); Fortune e White (2006); Cooke-Davies (2002); Barnes e Wearne (1993); Yang e Peng (2008); Baccarini (1999); Kumar e Wolf (1992)	7
5	Desempenho de prazos / cronograma	Pinto e Mantel (1990); Yang e Peng (2008); De Wit (1988); Kerzner (2006); Munns e Bjeirmi (1996); Shenhar <i>et al.</i> (2001)	6

6	Definição de objetivos	Nicholas (1989); Fortune e White (2006); Barnes e Wearne (1993); Duffy e Thomas (1989)	4
7	Gerenciamento de riscos	Cooke-Davies (2002); Fortune e White (2006); Barnes e Wearne (1993)	3
8	Definição de requisitos	Nicholas (1989); De Wit (1988); Baccarini (1999)	3
9	Delegação de responsabilidades	Nicholas (1989); Barnes e Wearne (1993); Duffy and Thomas (1989)	3
10	Gerenciamento do Encerramento	Nicholas (1989); Fortune e White (2006); Munns e Bjeirmi (1996)	3
11	Liderança	Fortune e White (2006); Barnes e Wearne (1993); Chen e Lee (2007)	3
12	Planejamento de custos	Nicholas (1989); Fortune e White (2006); Duffy e Thomas (1989)	3
13	Planejamento de escopo	Nicholas (1989); Barnes e Wearne (1993); De Wit (1988)	3
14	Segurança e saúde	Nicholas (1989); Kumar e Wolf (1992); Shenhar <i>et al.</i> (2001)	3
15	Tomada de decisões	Barnes e Wearne (1993); Chen e Lee (2007); Hyväri (2006)	3
16	Envolvimento stakeholders	Nicholas (1989); Fortune e White (2006)	2
17	Alocação de recursos	Fortune e White (2006); Kerzner (2006)	2
18	Ambiente de trabalho	Pinto e Mantel (1990); Kumar e Wolf (1992)	2
19	Atendimento a requisitos	Pinto e Mantel (1990); Yang e Peng (2008)	2
20	Comprometimento da equipe	Barnes e Wearne (1993); Munns e Bjeirmi (1996)	2
21	Estratégia de contratação e compras	Barnes e Wearne (1993); Duffy e Thomas (1989)	2
22	Motivação (habilidade de)	De Wit (1988); Hyväri (2006)	2
23	Percepção do cliente	Bryde (2003); Kumar e Wolf (1992)	2

24	Planejamento de prazos	Fortune e White (2006); Duffy e Thomas (1989)	2
25	Sensibilidade a mudanças	Barnes e Wearne (1993); Bryde (2003)	2
26	Solução de problemas	Barnes e Wearne (1993); Pinto e Mantel (1990)	2
27	Definição das atividades	Munns e Bjeirmi (1996);	1
28	Tempo de resposta a problemas	Baccarini (1999)	1
29	Adequação dos requisitos de reporte	Duffy e Thomas (1989)	1
30	Análise das conclusões	Barnes e Wearne (1993)	1
31	Apoio às decisões	Barnes e Wearne (1993)	1
32	Aproveitamento de lições aprendidas	Fortune e White (2006)	1
33	Atendimento a objetivos	Bryde (2003)	1
34	Atendimento a procedimentos	Bryde (2003)	1
35	Competências técnicas do gerente	De Wit (1988)	1
36	Compreensão do ambiente do projeto	De Wit (1988)	1
37	Confiabilidade	Shenhar <i>et al.</i> (2001)	1
38	Conhecimento dos requisitos da qualidade	Kumar e Wolf (1992)	1
39	Contribuição para melhoria contínua	Bryde (2003)	1
40	Definição de marcos	Nicholas (1989)	1
41	Desempenho da equipe	Yang e Peng (2008)	1
42	Desempenho de escopo	Baccarini (1999)	1

43	Desempenho de fornecedores	Fortune e White (2006)	1
44	Desempenho de qualidade	De Wit (1988)	1
45	Eficiência da execução do projeto	De Wit (1988)	1
46	Eficiência de contratação e compras	Shenhar <i>et al.</i> (2001)	1
47	Entendimento dos fatores de sucesso	Wateridge (1995)	1
48	Entendimento dos requisitos do cliente	Kumar e Wolf (1992)	1
49	Estruturação da organização do projeto	Duffy e Thomas (1989)	1
50	Feedback do resultado do trabalho	Kumar e Wolf (1992)	1
51	Gerenciamento de prazos	Yang e Peng (2008)	1
52	Gerenciamento de recursos	Yang e Peng (2008)	1
53	Grau de influência do gerente na equipe do projeto	Chen e Lee (2007)	1
54	Identificação de questões críticas para a qualidade do projeto	Kumar e Wolf (1992)	1
55	Orientação para o cliente	Yang e Peng (2008)	1
56	Padrões de qualidade x objetivos	Kumar e Wolf (1992)	1
57	Políticas para gerenciamento de projetos	De Wit (1988)	1

58	Premiações pessoais financeiras	Bryde (2003)	1
59	Premiações pessoais não financeiras	Bryde (2003)	1
60	Preparação para implantação	Nicholas (1989)	1
61	Processo de gerenciamento de projetos	Nicholas (1989)	1
62	Qualidade das decisões iniciais	Barnes e Wearne (1993)	1
63	Realização de atividades in-service	Yang e Peng (2008)	1
64	Realização de pagamentos e inspeção	Yang e Peng (2008)	1
65	Redução de perdas pelo cancelamento	Bryde (2003)	1
66	Relacionamento com outros departamentos na organização	Chen e Lee (2007)	1
67	Requisitos de reporte	Yang e Peng (2008)	1
68	Resolução de conflitos	Kumar e Wolf (1992)	1
69	Resposta a reclamações	Yang e Peng (2008)	1
70	Seleção da equipe	De Wit (1988)	1
71	Simplicidade e clareza da organização para o projeto	De Wit (1988)	1
72	Transferência para o cliente/ usuário	Bryde (2003)	1
73	Tratamento das barreiras de comunicação	Kumar e Wolf (1992)	1

74	Tratamento de restrições	Duffy e Thomas (1989)	1
75	Uso de técnicas de gerenciamento de projetos	Munns e Bjeirmi (1996)	1

Fonte: Lopes, 2009.

Os critérios “desempenho de escopo” e “gerenciamento dos recursos do projeto” são citados em apenas uma publicação sendo surpresas devido serem considerados importantes na literatura sobre o tema. O escopo é um dos componentes daquilo que os gerentes de projeto chamam de “restrição tripla” - escopo, tempo e custo do projeto - no gerenciamento de necessidades conflitantes do projeto (PMI, 2004).

O critério de desempenho de escopo recebeu apenas uma citação, porém, devido ao reconhecimento de sua importância para o projeto, será considerado para as análises nos estudos de caso. Já a alocação e o gerenciamento de recursos de projetos, citada duas vezes, é um dos maiores desafios encontrados pela equipe de gerenciamento de projetos, principalmente em situações de projetos concorrentes (Engwall e Jerbrant, 2003).

Outra surpresa é a citação de “percepção do cliente” em apenas duas publicações, uma vez que a satisfação do cliente é um ponto central dos modelos de gerenciamento da qualidade, fortemente relacionados ao tema de desempenho de gerenciamento de projeto (Bryde, 2003; Barak e Raz, 2000; Kerzner, 1994), além disso, este é considerado o principal critério para Bryde (2003).

Talvez esta ausência possa ser explicada pela ideia de que, com base na afirmação de Munns e Bjeirmi (1996), a percepção do cliente seria uma medida de resultado de longo prazo do projeto, com maior ênfase após a sua implantação, não tendo, portanto, grande influência na fase de gerenciamento de projetos. No entanto, nenhuma evidência disso foi identificada nas publicações consultadas. É importante ainda notar que apenas um critério relacionado ao gerenciamento dos *stakeholders* entrou na lista (“envolvimento de stakeholders”, com apenas duas citações).

O critério com maior número de citações foi comunicação, representando o desempenho do gerente e da equipe de projeto no planejamento e execução da comunicação do projeto, que foi citado em 11 das 18 publicações consultadas (Lopes, 2009). Em seguida aparece o critério de controle e monitoramento, representado o desempenho do gerente e da equipe do projeto nas atividades de medição do andamento do projeto frente ao planejamento e na correção dos rumos do projeto, citado em oito publicações.

Os resultados, também confirmam a afirmação de que custo, prazo e

cumprimento de requisitos do projeto devem ser considerados como critérios de avaliação do sucesso do gerenciamento do projeto, porém, a diferença entre o número de citações também confirma a ideia de que custo, nem sempre é tratado como o principal critério de avaliação do gerenciamento de projetos (Tukel e Rom, 2001). Como exemplo, em experiência vivida pelo autor no gerenciamento de um projeto de fusão de três empresas, apesar da previsão inicial de custo ter sido superado em aproximadamente 50%, a alta direção da empresa considerou o projeto e o serviço de gerenciamento de projeto como bem sucedidos, pois os três principais critérios de avaliação usados foram o cumprimento dos prazos, a realização do escopo e, com importância estratégica, o sigilo do processo de unificação, com o controle das informações tanto para o mercado externo (clientes, fornecedores e outros interessados) quanto para os funcionários não envolvidos diretamente na realização do projeto. Além disso, a previsão de ganhos de sinergia, com a união das três empresas, levou à avaliação positiva do resultado do projeto.

Porém, na comparação com os critérios de desempenho de prazo (seis citações) e de definição de requisitos (três citações), o desempenho de custo é citado em um maior número de publicações, aparecendo em terceiro lugar no ranking.

A maioria dos gerentes utiliza o conceito de FCS, mesmo que implicitamente. Mas, uma vez explicitados, a alocação de recursos poderá ser mais corretamente definida.

Os FCS estão relacionados às situações particulares de cada gerente, e que certamente irão diferir de um gerente para outro, de acordo com a sua localização na hierarquia da organização. Os FCS também podem variar com mudanças no ambiente da indústria, ou com problemas ou oportunidades de cada gerente. Os FCS não são um conjunto padrão de medidas, algumas vezes chamado de “indicadores-chave”, que podem ser aplicados em todas as divisões da empresa.

Ao contrário, os FCS são áreas de maior importância para um gerente em particular, de uma determinada divisão da empresa, em um determinado período no tempo.

Doloi (2012), em seu trabalho elencou 45 fatores mais abordados na bibliografia consultada (Quadro 6). Os fatores após serem identificados foram divididos em seis categorias:

- Relacionadas ao projeto

Foram todos os fatores indicados por autores que afetam a produtividade de uma forma ou de outra na concepção do projeto.

- Relacionados ao local

Fatores que da mesma forma afetam a produtividade oriundos das condições do local da obra

- Relacionados às questões processuais

Fatores relacionados aos processos construtivos, de logística, de fiscalização, de aprovação.

- Relacionados às pessoas

Fatores listados que afetam a produtividade em termos de relações entre pessoas.

- Relacionado à autoridade

Estes fatores foram selecionados pois afetam a autoridade do gestor, ou por problemas de legislação ou falta de habilidade do próprio gestor.

- Relacionados a problemas técnicos

Fatores que refletem os diversos problemas de natureza exclusivamente técnica que afetam os projetos.

Quadro 6: Identificação de Fatores de Sucesso e suas fontes

Categoria	Fatores de Impacto	Fonte
Relacionados a Autoridade	F1. Obter autorização das autoridades locais F2. Burocracia na organização do cliente F3. Estrutura organizacional deficiente F4. Mudanças nos regulamentos e leis governamentais F5. Falta de controle sobre o subempreiteiro F6. Meios de contratação deficiente	Assaf <i>et al.</i> (1995); Iyer e Jha (2005); Satyanarayana and Iyer (1996);
Relacionados ao projeto	F7. Aumento do escopo do trabalho F8. Ambiguidade nas especificações e interpretação conflitante do contratado e contratante F9. Problemas ou Inexistência de sondagem do solo F10. Retrabalho devido à mudança de projeto F11. Cronograma irrealista imposto em contrato F12. Não disponibilidade de projeto em tempo F13. Retrabalho devido a um erro na execução	Semple <i>et al.</i> (1994); Sambasivan e Soon (2007); Satyanarayana e Iyer (1996)
Relacionados ao local	F14. Problemas de acesso no local F15. Condições meteorológicas extremas F16. Demora na tomada de decisões pelo proprietário F17. Atraso no fornecimento de materiais pelos fornecedores F18. Acidentes devido a negligência F19. Acidentes devido à falta de medidas de segurança F20. Condições imprevistas do solo F21. Imposições legais F22. Especificação imprecisa da condição do local	Aibinu e Odeyinka (2006); Lo <i>et al.</i> (2006); Satyanarayana and Iyer (1996)

Relacionados ao Processo	F23. Atraso no material a ser fornecido pelo proprietário F24. Atraso na aprovação do trabalho concluído F25. Atraso na aquisição de materiais pelo contratado F26. Atraso na aprovação dos projetos F27. Atraso nos pagamentos ao contratado F28. Atraso na entrega do local F29. Atraso nos pagamentos para itens extras F30. Defeitos por armazenamento inadequado de materiais	Iyer e Jha (2005); Satyanarayana e Iyer (1996);
Relacionados com as Pessoas	F31. Relutância do contratado ou do arquiteto para mudanças F32. Má gestão e supervisão F33. Conflito entre proprietários e outras partes F34. Falta de operadores qualificados para equipamentos especializados F35. Má coordenação entre as partes F36. Mudança frequente de subcontratados	Iyer e Jha (2005); Satyanarayana e Iyer (1996); Sambasivan e Soon (2007)
Problemas técnicos	F43. Falta de motivação dos contratantes para o início do acabamento F44. Planejamento inadequado do empreiteiro durante a fase de licitação F45. Problemas financeiros dos contratantes F46. Fraca produtividade do trabalho R47. Experiência inadequada do contratante R48. Alteração dos preços dos materiais ou escalonamento dos preços R49. Uso ineficiente de equipamentos R50. Uso de métodos de construção impróprios ou obsoletos R51. Inspeção irrealista e métodos de ensaio propostos no contrato	Chan e Kumaraswamy (1997); Sambasivan e Soon (2007); Faridi e El-Sayegh (2006)

Fonte: Doloi, 2012.

Redes Neurais Artificiais

Existem diversas técnicas de modelagem de dados e produção de informações que buscam simular a inteligência humana, estratégia fundamental para habilitá-las a resolver problemas complexos, tais como: Testes de Hipóteses, Lógica Nebulosa, Sistemas Especialistas, Redes Neurais Artificiais, entre outras. Uma das técnicas de IA mais promissora é a que utiliza as Redes Neurais Artificiais (RNAs), método proposto para solucionar problemas complexos, baseado na construção de um modelo computacional composto de circuitos que simulam o funcionamento do cérebro humano.

As Redes Neurais Artificiais (RNA, ou, em inglês, Artificial Neural Networks – ANN), podem ser definidas, de maneira resumida, como uma técnica de Análise Multivariada de Dados, que utiliza o processamento de

informações em paralelo, visando simular o comportamento de uma rede neural biológica.

As técnicas multivariadas de análise de dados são ferramentas estatísticas que permitem acessar informações, explorar padrões e simplificar a estrutura de conjuntos de dados. Alguns resultados de análises geram inúmeras variáveis durante seus processos. Assim, para otimizar os resultados, essas condições ou variáveis são modificadas ou reduzidas. Nem sempre é possível otimizar todas elas simultaneamente. Deste modo, se faz necessário utilizar a análise multivariada, com algoritmos que identificam rapidamente as condições mais favoráveis, bem como selecionar as variáveis mais determinantes do processo estudado (FERRÃO, 2005). Existem muitas técnicas de análise multivariada, sendo que os principais algoritmos utilizados são os de análise por componentes principais (PCA), análise hierárquica de agrupamentos (HCA), regressão por mínimos quadrados parciais (PLS), regressão por mínimos quadrados parciais por intervalo (iPLS) e regressão por mínimos quadrados parciais por sinergismo de intervalo (siPLS). Análise por componentes principais (PCA) tem como principal objetivo reduzir a quantidade de dados originais mantendo as principais informações do sistema estudado. Assim, essas novas variáveis, chamadas de componentes principais, são obtidas pela projeção dos dados originais em um novo sistema de eixos de menor dimensão, portanto, deixando as informações mais fáceis de serem interpretadas (CHEN et al, 2008).

O seu uso, segundo Hayin (2001), tem sido motivado pelo fato de o cérebro humano ser, reconhecidamente, um computador altamente complexo, não-linear e paralelo, com capacidade de realizar certos processamentos, como reconhecimento de padrões, com velocidade muito maior do que os mais potentes computadores digitais existentes. E, apesar da alta capacidade de processamento, o mesmo ocorre em unidades de processamento bastante simples, chamadas neurônios, porém com interligações maciças.

As Redes Neurais Artificiais (RNA^s) são técnicas computacionais de abordagem não linear, baseadas em modelos matemáticos que utilizam inteligência artificial e que, assim como os demais modelos, objetivam representar ou aproximar sistemas (Haykin, 2001; Silva *et al.*, 2004). Em muitos casos, esses modelos se baseiam em observações e experimentos reais; entretanto, também podem ser utilizados como metamodelos, baseados em outros modelos, como a simulação computacional (Blannig, 1975; Meisel; Collins, 1973).

A fundamentação de RNA se deu na década de 1950 e ganhou atenção significativa na última década por conta do desenvolvimento de hardwares mais poderosos e com a criação de algoritmos tratando estes neurônios (Apanavičienė e Juodis, 2003), a sua utilização emerge como uma alternativa vantajosa baseada em conceitos estatísticos, uma vez que nenhuma hipótese prévia sobre a distribuição dos dados a serem classificados é exigida e os dados de entrada podem ter escalas diferentes, ou seja, os dados podem

apresentar em escalas de dados reais, inteiros, escalas logarítmicas, etc.

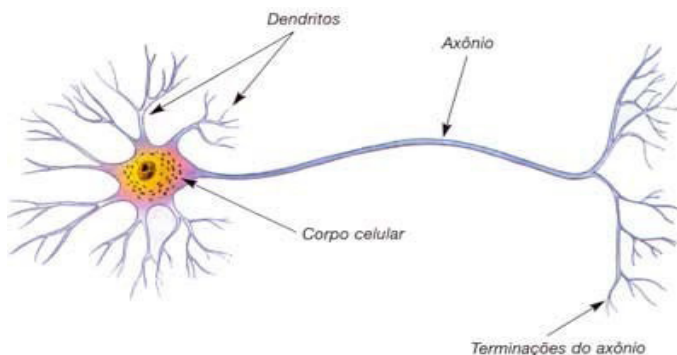
De acordo com Corrêa (2004), as RNAs constituem um paradigma computacional diferente do convencional, que tem por base um elemento processador central controlando o sistema. No paradigma neural o processamento é feito de forma distribuída, através dos neurônios artificiais. Os elementos processadores das RNAs operam de maneira paralela, interagindo-se entre si. A rede aprende a resolver uma tarefa que lhe é atribuída através de um algoritmo de treinamento. O funcionamento do modelo depende da dinâmica dos neurônios e da forma como eles são conectados, o que irá determinar o tipo de tarefa que será realizado pela rede. Como as redes são baseadas numa analogia do funcionamento do cérebro, no próximo item aborda-se, sumariamente, alguns aspectos relacionados à forma de operação deste.

As RNAs foram estudadas e exploradas por muitos pesquisadores com a aplicação e manipulação em quase todos os campos do conhecimento humano (Modelagem de Sistemas Identificação, Controle, Reconhecimento de Padrões, Pronúncia, Classificações de Sistemas, Diagnóstico Médico, Previsão, Visão Computacional, na Engenharia civil e Gestão) citados por Sinha *et al.* e McKim, 2000 e Wasserman, 1998. Alguns desses estudos abrangem a modelagem matemática de materiais estruturais não-lineares, detecção de danos, análise não destrutiva, terremoto, modelagem de sistemas dinâmicos, identificação e controle estrutural de sistemas lineares e sistemas não-lineares, modelagem da produtividade da construção (dá ao gerenciamento uma ideia sobre como as características organizacionais, medidas pelas variáveis identificadas vão influenciar no o desempenho geral), avaliação da tecnologia de construção, estimativa de custos, modelagem de eficácia organizacional e outros (Sinha *et al.* e McKim, 2000 e Wasserman, 1998). O modelo pode servir de desenvolvimento do sistema de apoio à decisão de gestão da construção e permite que os modelos desenvolvidos sejam sensíveis aos FCS identificados inicialmente.

Neurônio biológico e Neurônio Artificial

O neurônio é a célula elementar do sistema nervoso cerebral e seu papel se resume a conduzir impulsos (estímulos elétricos advindos de reações físico-químicas) sob determinadas condições de operação. Tal elemento biológico pode ser dividido em três partes principais, isto é, nos dendritos, no corpo celular (também conhecido como soma) e no axônio.

Figura 11: Modelo de um neurônio biológico



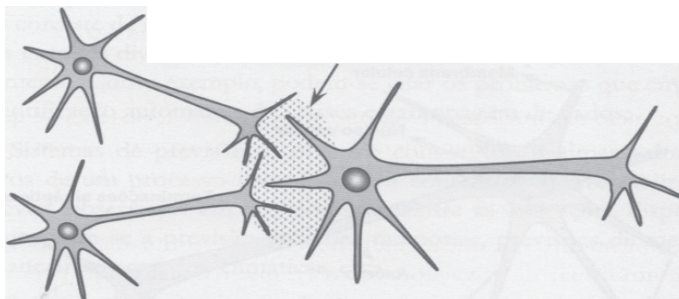
Fonte: Packter, 2005.

A árvore dendrital é constituída por vários finos prolongamentos, ou seja, os dendritos (Figura 11). A principal função dos dendritos dos neurônios consiste em captar, de forma contínua, os estímulos vindos de diversos outros neurônios (conectores) ou do próprio meio externo onde estes podem estar em contato (neurônios sensitivos).

O corpo celular é incumbido de processar todas as informações advindas dos dendritos a fim de produzir um potencial de ativação que indicará se o neurônio poderá disparar um impulso elétrico ao longo de seu axônio. E também no corpo celular que se encontram as principais organelas citoplasmáticas (núcleo, mitocôndria, centríolo, lisossomo etc.) do neurônio (Silva *et al.*, 2016).

O axônio é constituído por um único prolongamento, cuja missão é conduzir os impulsos elétricos para outros neurônios conectores ou para aqueles que se conectam diretamente com o tecido muscular (neurônios efetadores). A sua terminação é também constituída de ramificações denominadas terminações sinápticas (Figura 12).

Figura 12: Ilustração de conexões sinápticas entre neurônios

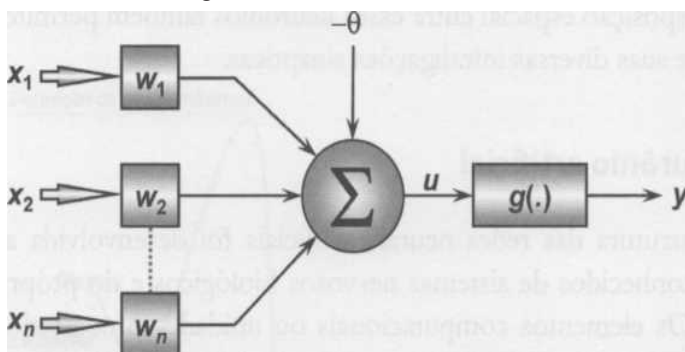


Fonte: Silva *et al.*, 2016.

As sinapses se configuram como as conexões que viabilizam a transferência de impulsos elétricos do axônio de um neurônio para os dendritos de outros, conforme ilustração mostrada na figura 12. Deve-se mencionar que inexistente contato físico entre os neurônios na junção (fenda) sináptica, sendo que elementos neurotransmissores liberados são os responsáveis por ponderar a transmissão de impulsos elétricos de um neurônio para o outro. Estima-se que esta rede neural biológica, com características bem excêntricas, seja constituída por cerca de 100 bilhões (10^{11}) de neurônios. Cada um destes é interligado por conexões sinápticas. Em suma, embora as atividades relacionadas aos neurônios biológicos parecerem inicialmente bem simples, tais elementos, atuando em conjunto, são os principais responsáveis por todos os processamentos executados e gerenciados pelo cérebro humano.

Uma Rede Neural Artificial (RNA) consiste em neurônios geralmente organizados em sequência de camadas com conexões completas ou parciais entre estas camadas sucessivas (Moselhi *et al.*, 1991). Silva *et al.* (2016) consideram que as ponderações exercidas pelas junções sinápticas do modelo biológico são representadas no neurônio artificial pelo conjunto de pesos sinápticos $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$. De forma análoga, a relevância de cada uma das entradas $\{x\}$ do neurônio é então executada por meio de suas multiplicações pelos respectivos pesos sinápticos $\{w\}$, ponderando-se, portanto, todas as informações externas que chegam ao neurônio. Assim, torna-se possível verificar que a saída do corpo celular artificial, denotado por u , é a soma ponderada de suas entradas (Figura 13).

Figura 13: Neurônio artificial.



Fonte: Silva *et al.*, 2016.

Os elementos básicos para o funcionamento do neurônio artificial são:

- a. Sinais de entrada $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$: Medidas advindas do meio externo e que representam os valores assumidos pelas variáveis de uma aplicação

específica. Os sinais de entrada são usualmente normalizados visando incrementar a eficiência computacional dos algoritmos de aprendizagem;

b. Pesos sinápticos $\{w, w_1, w_2, \dots, w_n\}$: São os valores que servirão para ponderar cada uma das variáveis de entrada da rede, permitindo-se quantificar as suas relevâncias em relação à funcionalidade do respectivo neurônio;

c. Combinador linear $\{\sum\}$: Sua função é agregar todos os sinais de entrada que foram ponderados pelos respectivos pesos sinápticos a fim de produzir um valor de potencial de ativação;

d. Limiar de ativação $\{\theta\}$: É uma variável que especifica qual será o patamar apropriado para que o resultado produzido pelo combinador linear possa gerar um valor de disparo em direção à saída do neurônio;

e. Potencial de ativação $\{u\}$: É o resultado obtido pela diferença do valor produzido entre o combinador linear e o limiar de ativação. Se tal valor é positivo, ou seja, se $u > 0$ então o neurônio produz um potencial excitatório; caso contrário, o potencial será inibitório;

f. Função de ativação $\{g\}$: Seu objetivo é limitar a saída do neurônio dentro de um intervalo de valores razoáveis a serem assumidos pela sua própria imagem funcional;

g. Sinal de saída $\{y\}$: Consiste no valor final produzido pelo neurônio em relação a um determinado conjunto de sinais de entrada, podendo ser também utilizado por outros neurônios que estão sequencialmente interligados.

h. As duas expressões seguintes sintetizam o resultado produzido pelo neurônio artificial proposto por McCulloch e Pitts, ou seja:

$$\sum W_i X_i \text{ e } y = g(u)$$

Assim, pode-se resumir o funcionamento de um neurônio artificial por meio dos seguintes passos:

- Apresentação de um conjunto de valores que representam as variáveis de entrada do neurônio;
- Multiplicação de cada entrada do neurônio pelo seu respectivo peso sináptico;
- Obtenção do potencial de ativação produzido pela soma ponderada dos sinais de entrada, subtraindo-se o limiar de ativação;
- Aplicação de uma função de ativação apropriada, tendo-se como objetivo limitar a saída do neurônio;
- Compilação da saída a partir da aplicação da função de ativação neural em relação ao seu potencial de ativação.

As funções de ativação podem ser divididas em dois grupos

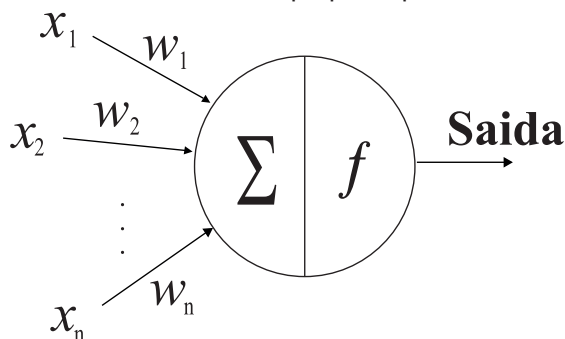
principais, isto é, funções parcialmente diferenciáveis e funções totalmente diferenciáveis, considerando-se para tanto todo o seu domínio de definição.

As redes neurais artificiais (também referidas como redes neurais), juntamente com a lógica fuzzy e algoritmos genéticos, pertencem ao grupo de métodos de cálculo inteligente e processamento de dados que operam de acordo com os princípios da soft computing (Silva *et al.*, 2016). As redes neurais são desenvolvidas como resultado das características de algumas direções de pesquisa diferentes: dados, processamento, neurobiologia e física. Eles são um típico exemplo de um campo interdisciplinar moderno que fornece os princípios básicos de conhecimento que vão resolver muitos problemas de engenharia complexa e problemas que não poderiam ser resolvidos de outra forma, ou seja, usando a modelagem tradicional e métodos estatísticos (Jeng e Cha; 2003).

Histórico de Redes Neurais Artificiais

A primeira publicação relacionada à neurocomputação data de 1943, por meio do artigo elaborado por McCulloch e Pitts (1943), conforme a figura 14. Os autores realizaram o primeiro modelamento matemático inspirado no neurônio biológico, resultando na primeira concepção de neurônio artificial.

Figura 14: Modelo de neurônio proposto por McCulloch e Pitts



Os dois foram os primeiros a descreverem um modelo artificial para um neurônio biológico em 1943. O modelo é formado por um vetor de entradas e as sinapses são representadas por pesos numéricos, a soma ponderada das entradas é submetida à uma função de transferência, ou função de ativação, que determina se a soma é maior que um valor numérico - o limiar do neurônio - se sim, o neurônio é ativado (valor 1) caso contrário, é desativado (valor 0). É muito simples: tudo o que o neurônio faz é responder se a soma recebida é maior que um valor numérico.

O estudo envolvia a análise do comportamento de um neurônio

biológico. Seu objetivo era criar um modelo matemático que simulasse o comportamento de um neurônio. Este trabalho estabeleceu muitos dos teoremas fundamentais que embasaram os futuros estudos sobre as RNAs.

A tese fundamental defendida por McCulloch e Pitts era de que todo fenômeno psicológico pode ser analisado e compreendido em termos da atividade em uma rede de dispositivos lógicos de dois estados. As conclusões da pesquisa, enumeradas abaixo, foram de extrema importância para a futura implementação computacional do neurônio formal:

a) a atividade do neurônio é do tipo *tudo ou nada* (0 ou 1);

ou seja, o neurônio estará no estado ativado se a sua saída ultrapassar um valor limite. Caso contrário, ficará no estado de repouso. Entende-se por estado ativado transmitir a saída a outros neurônios da rede;

b) a atividade de qualquer sinapse inibitória previne a excitação do neurônio naquele instante. Esta afirmação teve grande importância na construção do neurônio formal a partir do conceito de pesos, ou seja, cada entrada do neurônio terá um valor associado. Caso este seja positivo, tenderá a excitar a célula. Caso ele seja negativo, tenderá a inibir a mesma (Müller, 2007).

Matematicamente, o modelo de McCulloch e Pitts pode ser expresso pela equação 1:

$$x_i(n+1) = f(\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j(n) - \theta_i) \quad (1)$$

Em que:

x_i = estado do i nénsimo neurônio ($i = 1, \dots, n$);

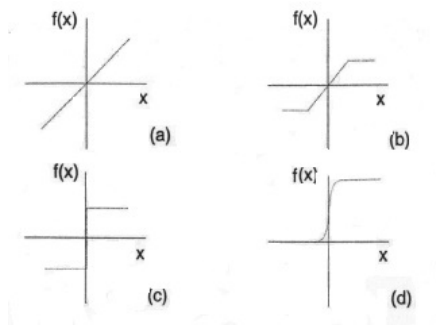
n = tempo;

f = função sinal;

w_{ij} = eficiência da conexão;

θ_i = limiar de operação.

Figura 15: Exemplos funções de ativação.



Com base no modelo de neurônio de McCulloch e Pitts diversos outros modelos foram derivados que possibilitam uma saída qualquer e com diferentes funções de ativação como, por exemplo: a função linear, Figura 15.a, a função rampa, Figura 15.b, a função degrau (*step*), Figura 15.c e a função sigmoidal, Figura 15.d.

Em 1949, o primeiro método de treinamento para redes neurais artificiais foi proposto, que se denominou de regra de aprendizado de Hebb sendo esta baseada em hipóteses e observações de caráter neurofisiológico (Hebb, 1949).

Diversos outros pesquisadores continuaram o trabalho de desenvolvimento de modelos matemáticos fundamentados no neurônio biológico gerando uma série de topologias (estruturas) e de algoritmos de aprendizado. Entre as linhas de pesquisa que surgiram destaca-se o trabalho de Frani Rosenblatt que, no período compreendido entre 1957 e 1958, desenvolveu: primeiro neurocomputador, denominado *Mark I — Perceptron*, idealizando o modelo básico do *Perceptron* (Rosenblatt, 1958). O modelo do *Perceptron* despertou interesse devido à sua capacidade em reconhecer padrões simples. Widrow e Hoff (1960) desenvolveram um tipo de rede denominada *Adaline*, que é a abreviatura de *Adaptive Linear Element*. Posteriormente, propôs-se o *Madaline* e *Adaline* múltipla, que é uma rede cujo aprendizado é fundamentado na chamada regra Delta, também conhecida como algoritmo de aprendizado *LMS (least mean square)*. Em seguida, após esses trabalhos pioneiros, muitos pesquisadores da época ficaram incentivados a realizar pesquisas relacionadas com esta frente de investigação.

Em 1969, a neurocomputação sofreu um revés com a publicação do clássico livro *Perceptrons — an introduction to computational geometry* por Minsky e Papert (1969). Os autores demonstraram de forma enfática a limitação de redes neurais artificiais, constituídas de apenas uma única camada, como o *Perceptron* e o *Adaline*, em aprender o relacionamento entre as entradas e saídas de funções lógicas. De forma mais específica, nesta publicação houve a demonstração da impossibilidade de as redes realizarem a correta classificação de padrões para classes não linearmente separáveis.

A partir de reflexos desta publicação, teve-se então um período em que pouquíssimas pesquisas eram desenvolvidas, cujos destaques foram a derivação de algoritmos de predição utilizando gradiente reverso (Werbos, 1974), a implementação da rede *ART (adaptive resonance theory)* por Grossberg (1980), a formulação de mapas auto-organizáveis por Kohonen (1982), e a proposição por Hopfield (1982) de redes recorrentes baseadas em funções de energia, sendo que esta última fez com que a área de redes neurais artificiais retomasse o destaque que possuía antes de 1969.

Somente no final dos anos 1980, ainda com o impulso inicial dos trabalhos citados no parágrafo anterior, é que os pesquisadores voltaram a ter significativo interesse nesta área. A retomada definitiva das pesquisas se deve a diversos fatores, tais como o desenvolvimento de computadores com

maior tenacidade de processamento, a criação de algoritmos de otimização mais eficientes e robustos e, finalmente, as novas descobertas sobre o sistema nervoso biológico.

Um dos principais realces naquele período foi a publicação do livro de Rumelhart, Hinton e Williams (Rumelhart *et al.*, 1986), em que os autores desenvolveram um algoritmo que permitia ajustar os pesos em uma rede com mais de uma camada, solucionando-se inclusive o antigo problema de aprendizado dos padrões da função lógica X_{QR} (ou-exclusivo). A proposição de tal algoritmo, denominado *backpropagation*, reascendeu e motivou definitivamente as pesquisas em redes neurais artificiais.

Mais recentemente, além de inúmeras aplicações práticas em diferentes rumos do conhecimento, dezenas de novas outras contribuições têm permitido alavancar os desenvolvimentos teóricos associados às redes neurais artificiais.

Em especial se podem destacar a proposição de algoritmos de aprendizado baseados no método de Levenberg-Marquardt, permitindo-se incrementar a eficiência do treinamento de redes neurais artificiais em diversas aplicações (Hagan e Menhaj, 1994); as redes neurais artificiais baseadas em máquinas de vetores suporte (*support vector machines* — SVM), que podem também ser utilizadas em classificação de padrões e regressão linear (Vapnik, 1998); a implementação de circuitos integrados neurais com diversas configurações de tipologia (Beiu *et al.*, 2003).

Propriedades Principais das Redes Neurais Artificiais

Silva *et al.* (2016) descrevem as características mais relevantes envolvidas com aplicação de redes neurais artificiais que são:

- a. Adaptação por experiência: as adaptações dos parâmetros internos da rede, tipicamente seus pesos sinápticos, são executadas a partir da apresentação sucessiva de exemplos (padrões, amostras, medidas) a partir de um conjunto conhecido de seus valores representativos. As aplicações são as mais diversas possíveis, sendo que envolvem normalmente o mapeamento de processos cuja modelagem por técnicas convencionais é de difícil obtenção;
- b. Controle de processos: o objetivo consiste em identificar ações de controle que permitam o alcance dos requisitos de qualidade, eficiência e segurança do processo. Entre as várias aplicações disponíveis destacam-se os controles empregados em robótica, aeronaves, elevadores, eletrodomésticos, satélites etc.; relacionados ao comportamento do processo, possibilitando a aquisição do conhecimento por experimentação;
- c. Capacidade de aprendizado: por intermédio da aplicação de um método de treinamento, a rede consegue extrair o relacionamento existente entre as diversas variáveis que compõem a aplicação;

d. Habilidade de generalização: após o processo de treinamento da rede, essa é capaz de generalizar o conhecimento adquirido, possibilitando estimar soluções que eram até então desconhecidas;

e. Organização de dados: baseada em características intrínsecas envolvendo determinado conjunto de informações a respeito de um processo, a rede é capaz de realizar a sua organização interna visando possibilitar o agrupamento de padrões que apresentam particularidades em comum;

f. Tolerância a falhas: devido ao elevado nível de interconexões entre os neurônios artificiais, a rede neural torna-se um sistema tolerante a falhas quando parte de sua estrutura interna é sensivelmente corrompida;

g. Armazenamento distribuído: o conhecimento a respeito do comportamento de determinado processo dentro de uma arquitetura neural é representado de forma distribuída entre as diversas sinapses de seus neurônios artificiais, permitindo então um incremento da robustez da arquitetura frente a eventuais neurônios que se tornaram inoperantes;

h. Facilidade de prototipagem: a implementação da maioria das arquiteturas neurais pode ser facilmente, dependendo da especificidade da aplicação, prototipada em hardware ou em software, pois, após o processo de treinamento, os seus resultados são normalmente obtidos por algumas operações matemáticas elementares.

Uso de Redes Neurais Artificiais na Engenharia Civil

Na engenharia civil a maioria das aplicações está concentrada na utilização da classe de rede neural mais popular, que é rede neural retropropagação. Seu uso se dá nas mais diversas áreas da Engenharia civil, quais sejam:

a. Estradas e Transportes: Estudos estatísticos são predominantes na caracterização e idealização de rodovias, como também nos estudos do tráfego urbano. A aplicação recente de redes neurais nessas análises vem acrescentar maior precisão e interação entre os dados. Abordam os principais temas abaixo: - classificação de rodovias considerando o estudo do fluxo do tráfego regional. (Mussa *et al.*, 2006); - previsão do fluxo de tráfego sazonal. (Faghri, 1995); - previsão de incidentes e congestionamentos no tráfego, com ou sem a utilização de dados via GPS. (Adeli e Karim, 2000).

b. Hidráulica: O estudo das águas pela engenharia civil é abrangente, passando pelos domínios da hidráulica, hidrologia, meteorologia, geologia e demais ciências interligadas. A estatística é uma ferramenta fundamental na análise de vários fenômenos. As redes neurais estão sendo utilizadas para uma maior precisão dos resultados. Por exemplo, o estudo do fluxo de um rio 6 que abastece uma cidade e irriga seus campos (Kisi, 2004). Os modelos adotados recaem em variáveis advindas da hidrologia, meteorologia, geologia e outras mais, formando um sistema matemático complexo. A formulação de uma rede neural adequada e sem a utilização

de parâmetros físicos, resolveu satisfatoriamente o problema de previsão de fluxo ao longo do tempo. Esse tipo de problema multidisciplinar é comum e as redes neurais estão contribuindo com soluções acuradas e simplificadas. As principais aplicações são referentes a: - otimização de modelos para adutoras. (Broad, 2005); - modelagem quantitativa e qualitativa de recursos hídricos. (Vemula, 2004); - avaliação de ciclos hidrológicos; - otimização na rede de distribuição de águas. (Jung, 2006); - estudo da renovação das bacias hidrográficas; - fluxo hidráulico em represas e rios. (Kisi, 2004); - controle, gerenciamento e otimização no tratamento da água (floculação, coagulação e sedimentação). (Zhang, 1999); - controle e gerenciamento no fluxo de reservatórios. (Birikundavyi, 2002); - controle biológico de superfícies de água. (Neelakanten, 2002); - monitoramento e controle de resíduos por imagens. (Yu, 2005).

c. Estruturas: Em estruturas, também, é frequente depararmos com problemas sem solução algébrica exata, principalmente quando se trata da caracterização técnica de materiais compostos e sua inserção em uma modelagem estrutural. As principais aplicações de redes neurais no campo de estruturas recaem sobre: - controle e monitoramento de sensores. (Ankireddi, 1999); - estimativa das características técnicas de materiais compostos (concreto, concreto com fibras etc.). (Haj-Ali, 2001); 7 - monitoramento para detecção e localização de falhas estruturais. (Hera, 2004); - otimização na utilização de concretos. (Yeh, 1999); - monitoramento, controle e previsões em estruturas por cabos. (Domer, 2003); - identificação do período natural na dinâmica dos edifícios e otimização de modelos dinâmicos em estruturas. A utilização das redes neurais toma forma nos diversos seguimentos da engenharia civil, passando por desenvolvimento crescente nos dias de hoje. Sua implementação em problemas específicos requer experiência e imaginação.

d. construção civil: Estudos complexos relativos a custos e benefícios, envolvendo desde a aceitabilidade de projetos a gerenciamento de obras, vem se utilizando de soluções baseadas nas redes neurais.

Chua *et al.* (1997), ao estudarem redes neurais para determinar o sucesso de projetos na construção civil, encontram modelos de RNA s desenvolvidos a partir de dados de campo que incluem determinantes potenciais do sucesso do projeto de construção. No total, oito principais fatores de gerenciamento de projetos foram identificados: (1) número de níveis organizacionais entre o gerente de projeto e os trabalhadores de artesanato; (2) quantidade de projeto detalhado concluída no início da construção; (3) número de reuniões de controle durante a fase de construção; (4) número de atualizações orçamentárias; (5) implementação de um programa de construtibilidade; (6) rotatividade de equipe; (7) quantidade de dinheiro gasto no controle do projeto; (8) a experiência técnica do gerente de projeto. O modelo final, após treinamento suficiente, também pode ser usado como uma ferramenta preditiva para prever o desempenho orçamentário de um projeto

de construção.

Chua *et al.* (1999) aplicaram a abordagem de rede neural em dados de 75 projetos de construção para a determinação de FCS para o desempenho orçamental e também usaram o RNA para distinguindo os fatores críticos de sucesso para diferentes objetivos do projeto.

Cheng *et al.* (2003) realizou uma análise comparativa entre sistemas construtivos, determinando o seu grau de aceitabilidade e fornecendo níveis de desempenho para a relação projeto/construção (desempenho de uma obra leva em consideração a eficiência, qualidade, produtividade, qualidade de vida, inovação).

Dov (2006) também identificou cinco pontos chaves para o desempenho do cronograma de construção usando a abordagem de rede neural. As cinco chaves determinantes incluem (em ordem decrescente de significado): quantidade de tempo de projeto (tempo dedicado pelos gerentes dos projetos), frequência das reuniões que os gerentes de projeto, incentivo monetário para o designer, implementação de programa de construtibilidade e experiência do gerente de projetos com projetos.

Mori (2008) utilizou redes neurais artificiais para desenvolver um sistema de informação gerencial, para fazer predição dos níveis de produtividade que devem ocorrer frente a condições ambientais pré-determinadas, considerando o conjunto de fatores mais influentes na produtividade do trabalho do serviço de alvenaria de elevação.

Elwakil *et al.* (2009) em seus estudos sobre modelagem de fatores críticos de sucesso com o uso de redes neurais artificiais a nível de projeto determinaram que o modelo gerado pode ser usado para prever o desempenho de uma organização de construção baseada no valor de seus fatores críticos de sucesso.

Zayed *et al.* (2012) usou as redes neurais artificiais para determinar os fatores críticos de sucesso mais importantes na avaliação de desempenho das organizações na indústria da construção civil. Determinaram dois modelos de previsão de desempenho que foram desenvolvidos com a análise de regressão e RNA, que mostram resultados robustos quando verificados e testados. A análise mostrou que os modelos desenvolvidos são sensíveis aos fatores críticos de sucesso identificados.

Nos estudos de modelagem da eficácia na gestão de projetos na construção com o uso de redes neurais, Apanaviciene e Juodis (2011) identificaram doze fatores-chave de gerenciamento de construção (nas áreas relacionadas ao gerente de projeto, equipe de projeto, planejamento de projeto, organização e controle). O modelo de rede neural estabelecido pode ser utilizado durante o processo de licitação para avaliar o risco de construção e prever a variação dos custos de construção. O modelo permite que os gerentes de projetos de construção mantenham o foco nos fatores críticos de sucesso reduzindo desta forma o risco de construção.

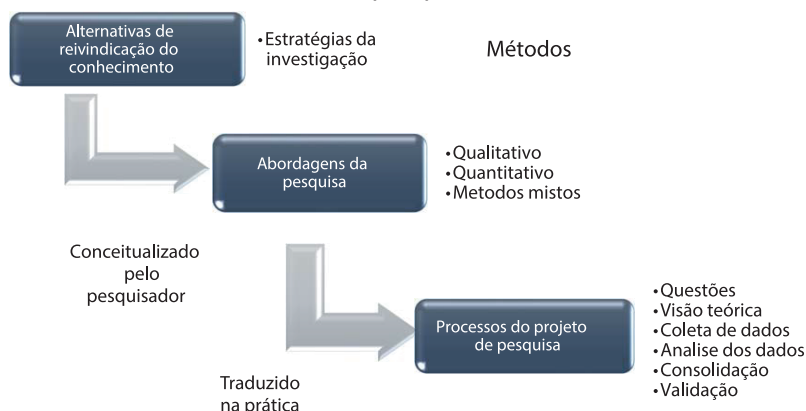
Al-Zwainy *et al.* (2012) aplicaram modelagem usando redes neurais artificiais para determinação da produtividade na construção civil para indústria do mármore e acabamento de pavimentos. Identificaram dez fatores críticos (idade, experiência, número de mão-de-obra assistida, piso, tamanho das telhas de mármore, condições de segurança, estado de saúde da equipe de trabalho, condições climáticas, disponibilidade de materiais de construção). Verificou-se que as RNAs têm a capacidade de prever a produtividade de trabalhos de acabamento com um grau muito bom de precisão do coeficiente de correlação (R) foi de 89,55%, e porcentagem de precisão média de 90,9%. E ainda Alias *et al.* (2015) estudaram modelos usando RNA, para prever o custo do sistema estrutural em projetos de construção.

França (2016) aplicou a RNA para através da metodologia adaptative neuro-fuzzy Inference system (ANFIS) para analisar riscos de projetos da indústria da construção civil e concluíram que o gerenciamento de risco pode ser realizado por meio da modelagem da experiência de julgamentos humanos e sem a presença de especialistas, desde que estes sejam estruturados de forma matemática.

METODOLOGIA

Segundo Creswell (2003) os três elementos da investigação (ou seja, métodos, estratégias e alternativas de reivindicações de conhecimento) combinam-se para formar diferentes abordagens para a pesquisa, que são convertidas em processos no projeto de pesquisa, com a determinação das etapas na concepção de uma proposta de pesquisa, e realizando a avaliação das reivindicações do conhecimento, a fim de ponderar a estratégia da investigação para então identificar os métodos específicos (Figura 16).

Figura 16: Elementos da investigação, abordagens da pesquisa e processos de pesquisa



Fonte: Adaptado de Creswell, 2003.

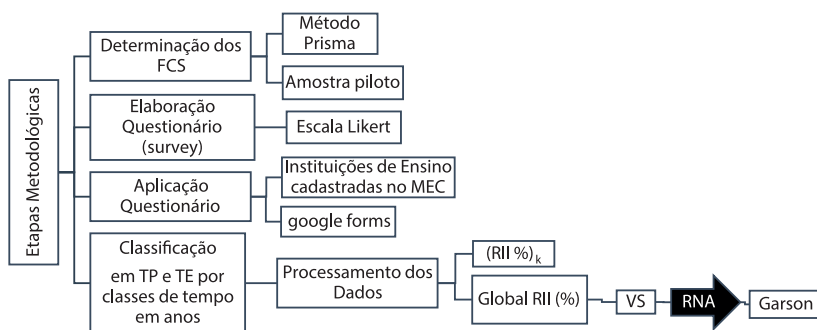
Neste trabalho, a opção é pelas estratégias para métodos mistos, envolvendo a coleta e análise de ambas as formas de dados em um único estudo. Nos métodos mistos, as abordagens associadas a métodos de campo, tais como as observações e questionário estruturado (dados qualitativos) são combinadas com pesquisas (*surveys*) tradicionais (dados quantitativos).

A triangulação de fontes de dados, fornece um meio para a busca de convergência através de métodos qualitativos e quantitativos, para fortalecer esta ideia, os resultados de um método podem ajudar a desenvolver ou informar o outro método e ainda, um método pode ser incluído dentro de outro método para fornecer visões em diferentes níveis ou unidades de análise (Creswell, 2003).

Na abordagem de métodos mistos, o pesquisador tende a basear as reivindicações de conhecimento em motivos pragmáticos. Ele emprega estratégias de investigação que envolvem a coleta de dados simultaneamente ou sequencialmente para melhor compreender os problemas de pesquisa. A coleta de dados envolve informações numéricas (por exemplo, em instrumentos de pesquisa), bem como informações de texto (por exemplo, em entrevistas) para que o banco de dados final represente informações tanto quantitativas como qualitativas.

Com base nestas informações define-se que para este trabalho foi utilizada a abordagem com métodos mistos, ainda terá a reivindicação do conhecimento pragmático e coleta de dados qualitativos e quantitativos sequencialmente. O estudo começa com uma fase qualitativa (análise de conteúdo), seguido de uma fase quantitativa por meio de um levantamento (*survey*) para generalizar os resultados de uma população Figura 17.

Figura 17: Etapas Metodológicas da pesquisa

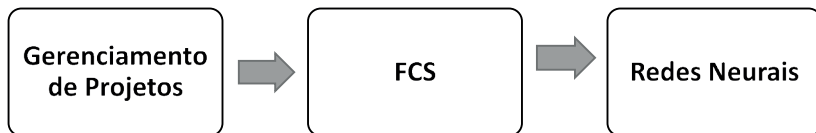


Para atingir os objetivos propostos a pesquisa foi estruturada em quatro etapas:

1. Definição de um modelo conceitual
2. Coleta de dados (Fase Qualitativa/Quantitativa)

3. Tratamento dos dados (Fase Qualitativa/Quantitativa)
4. Análise e Validação dos Resultados (Figura 18)

Figura 18: Modelo de análise e validação dos resultados



Definição do Modelo Conceitual

Modelos conceituais trazem clareza às características a serem estudadas, principais fatores e variáveis, com as correlações entre elas (Robison, 2011). O autor ainda fala que o desenvolvimento de um modelo conceitual força ao pesquisador a ser mais explícito nas suas ponderações, e ser mais seletivo na análise e na coleta dos dados.

A pesquisa exploratória é um processo de duas etapas onde o pesquisador começa coletando e analisando dados qualitativos na qual se caracteriza como primeira etapa. A partir dos primeiros resultados exploratórios, o pesquisador elabora uma segunda etapa, na qual dados quantitativos são coletados e analisados.

Inicialmente foi feita uma revisão sistemática sobre identificação de fatores críticos de sucesso com ênfase no Gerenciamento de Projetos na indústria da construção, de acordo com metodologia apresentada por Yi e Chan (2013) e Freitag (2015), apresentando estudos existentes com definições de Gerenciamento de Projetos e Fatores Críticos de Sucesso, esta busca se torna importante para a construção do questionário com a identificação de fatores já estudados na bibliografia.

Esta revisão inicia com a procura de dados qualitativos nas bases científicas Scopus e SciELO que de acordo com Treinta *et al.* (2013) com relação à avaliação de jornais e revistas [...] o Scopus é atualmente a maior base de dados, tendo em vista a ampla cobertura de resumos e citações de literatura que oferece, além de possuir diversas ferramentas que possibilitam ao pesquisador acompanhar, analisar, visualizar e exportar pesquisas. Atualmente, o Scopus disponibiliza o Journal Analyzer, que oferece uma visão rápida do desempenho dos períodos, sendo que em 2010 adicionou duas novas métricas de periódicos: SNIP e SJR.

A utilização de ambos os indicadores evita que a avaliação das publicações fique restrita a uma única métrica. Além disso, ambos os indicadores conseguem atuar de forma realmente complementar, além de serem métricas públicas e com suas metodologias de cálculo publicadas e SciELO (O Programa SciELO existe há 15 anos em prol do melhoramento dos

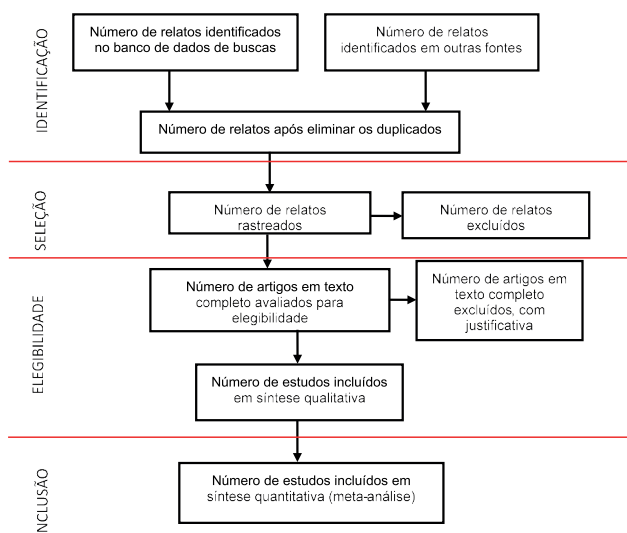
periódicos científicos que indexa e publica em acesso aberto, teve origem no Brasil e se expandiu para outros 15 países), a partir do ano 2000, abordando o Gerenciamento de Projetos por meio de frases de pesquisa e palavras chaves, com resultados limitados a *articles* e *reviews*. Foram relacionados todos os trabalhos tendo como referência produtividade, gerenciamento de projetos na construção civil, nos fatores críticos de sucesso (FCS) e redes neurais artificiais (RNA) aplicadas na construção civil.

Coleta de Dados

Seguindo a metodologia Freitag (2015), que faz uma verificação dos dados qualitativos (refinação dos artigos encontrados na etapa I) através da análise dos documentos utilizando método PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises do inglês “*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*”), onde esta análise é composta de quatro etapas distintas: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Inclusão conforme apresentado na Figura 19.

Esta fase de utilização do método Prisma consiste em um *checklist* com 27 itens (ANEXO 1) com o objetivo de ajudar a melhorar o relato de revisões sistemáticas e meta-análises, com a leitura dos resumos e eliminação de registros incompletos ou não aderentes, onde permanecerão somente documentos que, após análise de conteúdo, sejam considerados de relevante contribuição ao trabalho proposto.

Figura 19: Fluxo da informação com as diferentes fases de uma revisão sistemática



Fonte: disponível em scielo.iec.pa.gov.br/doc/ess/v24n2/a17ms01.doc.

Frases de pesquisa utilizadas e registros encontrados

As bases científicas SciELO e Scopus tiveram acesso pelo portal de periódicos da CAPES/MEC, via Instituto Federal do Tocantins (IFTO) e pela Universidade de Brasília (UnB). A pesquisa contabilizou registros limitados aos tipos de documento *article* e *review* na base Scopus, que é utilizada especificamente para obtenção do estado-da-arte de conhecimento a respeito de Gerenciamento de Projetos, Fatores Críticos de Sucesso e Redes Neurais Artificiais, as frases/termos utilizados para a pesquisa foram: Project management, Critical Success Factors e Artificial neural networks.

Seleção e determinação das Variáveis (Fatores)

Na abordagem do método científico, inicia-se com uma teoria, e com a coleta de dados esta teoria é confirmada ou refutada, para então realizar as revisões necessárias a serem ratificadas por testes adicionais que se julgue necessários. Existem as estratégias de investigação, que fornecem uma direção específica para os procedimentos em um projeto de pesquisa. No caso deste trabalho, a opção foi pelas estratégias de abordagem quantitativa. As estratégias de investigação associadas a pesquisas quantitativas incluem os experimentos verdadeiros e experimentos menos rigorosos chamados quase-experimentos e estudos correlacionais, bem como experimentos únicos de assunto específico (Creswell, 2003).

Segundo Freitag (2015) surgiram estratégias quantitativas que envolveram experimentos complexos com muitas variáveis e tratamentos (por exemplo, experimentos fatoriais e projetos de medições repetidas). Elas também incluíram modelos sofisticados de equações estruturais que incorporaram caminhos causais e a identificação da força coletiva de múltiplas variáveis. Estratégias de investigação comumente utilizadas são experimentos e *surveys*:

- **Experimentos:** incluem experimentos verdadeiros, com a atribuição aleatória dos sujeitos às condições de tratamento, bem como quase-experimentos que usam projetos não aleatórios, que incluem os projetos de assunto único.
- **Surveys:** incluem estudos transversais e longitudinais, utilizando questionários ou entrevistas estruturadas para a coleta de dados, com a intenção de generalizar a partir de uma amostra de uma população.

O mesmo autor salienta que um elemento importante que entra em uma abordagem de pesquisa é o método específico de coleta de dados e análise. Na abordagem quantitativa o pesquisador desenvolve seu conhecimento a respeito do assunto pesquisado (ou seja, pensamento de causa e efeito, redução para variáveis específicas e hipóteses e questões, uso de medição e observação e o teste de teorias), emprega estratégias de investigação como experimentos e *surveys*, e coleta dados com instrumentos pré-determinados que geram dados estatísticos.

Inicialmente foi elaborado questionário piloto (Apêndice I) com um conjunto de 120 FCS selecionados por Fortune e White (2006), Lopes (2009), Doloi (2012) e Morioka e Carvalho (2014), onde foram excluídos os repetidos e enviado para profissionais e pesquisadores dos cursos de graduação e pós-graduação de Engenharia Civil cadastrados no Ministério da Educação (MEC) num total de 90 e-mails (cerca de 10% do total da população), selecionados aleatoriamente pelo método proposto por Tippet (1952), neste questionário os estes profissionais foram convidados a escolher os FCS (sem limite) que na sua percepção são os importantes para se obter sucesso no Gerenciamento de Projetos na ICC, onde após o retorno de 43 respondentes (47,7% do total de e-mails enviados), foram determinados os 20 fatores mais importantes na gestão de projetos. A identificação destes fatores para o estudo e preparação do questionário é um passo essencial para o sucesso da pesquisa.

Elaboração do questionário

O questionário é um instrumento de coleta de dados que traduz os objetivos do estudo com variáveis mensuráveis e ajuda a organizar, normalizar e a controlar os dados para que as informações procuradas possam ser recolhidas de uma maneira rigorosa (Fortin, 2000). Os tipos de medida de um questionário podem ser categorizados em objetivos e subjetivos. As medidas objetivas estão relacionadas com factos, características dos indivíduos, os seus conhecimentos e os seus comportamentos. As medidas subjetivas referem-se a atitudes, isto é, ao que as pessoas pensam, sentem, aos julgamentos que fazem e compreendem, medidas de opinião, de satisfação, de percepção, de valores e de intenções de comportamento (Freixo, 2013).

Quanto ao conteúdo das questões, estas podem dividir-se entre aquelas que se focalizam nos fatos (toda a informação detida pelos sujeitos que é suscetível de ser conhecida através de outra forma que não seja um inquérito) e as questões de opinião que, sendo de natureza mais subjetiva, debruçam-se sobre opiniões, atitudes, crenças, preferências etc.

Quanto à forma, as questões podem ser perguntas fechadas, em que as pessoas escolhem as suas respostas entre duas ou mais opções, e perguntas abertas às quais as pessoas respondem usando o seu próprio vocabulário fornecendo pormenores e fazendo comentários, permitindo assim investigações mais precisas e profundas, embora apresentem maiores dificuldades no tratamento estatístico (Freixo, 2013).

Cohen *et al.* (2007) sugerem normas para incrementar a eficácia dos questionários online: versões simples cujo download se torne rápido; inclusão de uma pequena introdução que motive os inquiridos; apresentação clara de instruções de preenchimento, localizadas junto da questão à qual dizem respeito; questões simples, de fácil compreensão e resposta; utilização de formatações simples, próximas das usadas em suporte papel; tamanho de

linha curto para ser visível em qualquer monitor; transição fluida entre as questões.

Depois de identificados os potenciais fatores de sucesso (FS) que podem afetar o Gerenciamento de Projetos, foi preparado um questionário como instrumento de pesquisa (*survey*) para a coleta de dados, para avaliar e validar o efeito de cada fator. Esse questionário é um instrumento sem interferência de nenhum entrevistador na obtenção das informações, onde esses fatores foram coletados da literatura existente.

Com o questionário desenvolvido é possível identificar fatores percebidos como influenciadores no Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil, em uma abordagem abstrata. Este questionário está composto por duas partes, onde a primeira parte (I) Se refere ao tempo de experiência na área de construção civil e seu tempo em pesquisas relacionadas ao Gerenciamento de Projetos. Na segunda parte do questionário os entrevistados são convidados a avaliar uma série de fatores relacionados a práticas em termos da extensão em que impactam no Gerenciamento de Projetos na Indústria da construção civil. Para avaliar estas práticas foi optada por utilização baseada na escala Likert (LIKERT, 1932), de 5 pontos, por se tratar de percepção onde a opinião baseada na sua vivência é requerida, as respostas possíveis são:

- Muito Baixo impacto;
- Baixo impacto;
- Médio impacto;
- Alto impacto;
- Muito alto impacto.

Esta escala foi utilizada por ser a mais usada quando medimos atitudes. De acordo com Appolinário (2007), a escala de Likert pode ser definida como um “tipo de escala de atitude na qual o respondente indica seu grau de concordância ou discordância em relação a determinado objeto”. Aguiar *et al.* (2011) assim conceituam a escala de Likert: É uma das escalas de autorrelato mais difundida, consistindo em uma série de perguntas formuladas sobre o pesquisado, onde os respondentes escolhem uma dentre várias opções, normalmente cinco. Uma escala tipo Likert é constituída por questões que o respondente além de concordar ou não, apresenta o grau de intensidade das respostas (CUNHA, 2007; ALEXANDRE *et al.*, 2003).

O número de itens na escala é validado por Dalmoro e Vieira (2013) quando avaliaram a influência do número de itens na escala tipo Likert e obtiveram como resultados que a escala de três pontos é menos confiável e tem menos capacidade de demonstrar com precisão a opinião do entrevistado, mas foi considerada a escala mais fácil e veloz. A escala de cinco pontos teve, em média, a mesma precisão e mostrou-se mais fácil e mais rápida que a escala de sete pontos. Portanto, para este estudo a escala que se mostrou mais adequada foi a de cinco pontos.

Os respondentes são convidados a determinarem o grau de impacto que o fator correspondente tem sobre o Gerenciamento de Projetos, baseando sua resposta na experiência e/ou conhecimentos adquiridos em função das pesquisas realizadas sobre o tema onde a realização da coleta de dados quantitativos tem a heterogeneidade da amostra mantida.

A heterogeneidade dos entrevistados é um critério importante nesta coleta dos fatores de impacto nas atividades (Sambasivan e Soon, 2007), com a implementação de uma amostra, não probabilística, formada por professores e pesquisadores envolvidos com atividades relacionadas a pesquisa e estudos sobre as diferentes regiões do Brasil no setor de construção civil.

Para que o instrumento de coleta de dados atinja os objetivos esperados, é fundamental que antes da aplicação definitiva ele passe por um período de teste.

Para MATTAR (1993), os objetivos de se pré-testar o questionário são verificar se a terminologia utilizada nas perguntas é compreendida pelos respondentes; o correto entendimento das perguntas; se as alternativas de resposta, no caso das perguntas fechadas, estão completas; se a sequência das perguntas é a mais indicada; se não há objeções por parte dos respondentes; se a apresentação da pergunta não acarreta nenhum tipo de viés. Outra recomendação do autor é que o pré-teste seja realizado junto a respondentes que façam parte da população-alvo da pesquisa.

Para que atingisse a sua finalidade, o instrumento de coleta de dados, antes da sua aplicação, foi pré-testado com uma amostra-piloto de 38 divididos entre professores universitários e pesquisadores da área, o que possibilitou a realização de ajustes que tornaram o questionário adequado ao perfil dos respondentes sem, no entanto, comprometer, na essência, a informação que se procurou obter.

O resultado do pré-teste possibilitou a revisão final do instrumento de coleta de dados conforme o retorno sobre a compreensão do questionário. Para a validação dos fatores críticos de sucesso foi elaborado um questionário de pesquisa, que após respondido por profissionais do setor e analisado através de ferramentas estatísticas (índice de importância relativa e índice de importância relativa global).

A busca de respondentes com potenciais para fornecerem os dados necessários para este trabalho se configurou pelas suas características. Inicialmente com a varredura de todos os cursos de graduação e pós-graduação de Engenharia Civil nas Instituições de Ensino cadastradas no Ministério da Educação (MEC). A caracterização da amostra se baseia na aleatoriedade e na heterogeneidade da devolução dos questionários, pois o envio tem a intenção de atingir a totalidade da população descrita, e como a coleta de dados foi realizada exclusivamente por meio eletrônico (*Google Forms*) com envio de um link por e-mail e/ou celular utilizando o aplicativo

WhatsApp, para preenchimento de um formulário virtual, entre os meses de maio e junho de 2018, não há a possibilidade interferência por parte do autor neste retorno, caracterizado a imparcialidade e aleatoriedade da amostra coletada.

Tratamento dos Dados

Após a coleta de dados, teve definição a classificação inicial fornecendo pesos oriundos da própria origem destes dados, ou seja, do grau de importância conforme as respostas dos entrevistados.

Classificação pelo Índice de Importância Relativa

A interpretação dos resultados da pesquisa teve realização com a elaboração de um *ranking* das práticas do Gerenciamento de Projetos, calculando as importâncias relativas dos fatores de sucesso para determinação dos FCS utilizando as respostas dos respondentes. Existem vários métodos para avaliar a importância de fatores independentes, que afetam o desempenho de um critério dependente, neste trabalho será utilizado o coeficiente alfa crombach.

Para analisar os dados, utilizou-se o Índice de Importância Relativa (RII). Este índice é calculado para cada fator específico para cada ano de experiência dos participantes, usando a Equação 2 (Lim e Alum, 1995; Enshassi et al, 2007; Jarkas e Bitar, 2012 e El-Gohary e Aziz, 2013):

$$(RII\%)_k = \frac{5(n5)+4(n4)+3(n3)+2(n2)+n1}{5(n1+n2+n3+n4+n5)} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

$(RII\%)_k$, é o percentual anual do Índice de importância relativa de cada fator, que é calculado separadamente para o ano de experiência correspondente (k) dos entrevistados categorizados;

k, é o número que representa os anos de experiência de respondentes categorizados (desde o primeiro ano de experiência k = 1 para o último ano de experiência k = K);

n1, n2, n3, n4, n5 e n6 são os números dos entrevistados que escolheram: “1”, para muito baixo impacto, “2”, para baixo impacto, “3”, para médio impacto; “4”, para alto impacto, e “5”, para o impacto muito alto.

Portanto, a Equação 3 é usada para calcular o Índice global de Importância Relativo (Global RII) para cada fator de todos os entrevistados, considerando todos os anos de experiência dos entrevistados juntos, que é calculado como uma média ponderada de Riik obtido a partir da equação.

$$Global\ RII(\%) = \frac{\sum_{k=1}^{k=K} (k \times RII_k)}{\sum_{k=1}^{k=K} k} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

Global RII (%) é a percentagem da média ponderada total do Índice importância relativa de cada fator, que é calculada com base em todos os anos de experiência e tempos de pesquisa dos entrevistados juntos;

k, é o número que representa os anos de experiência de respondentes categorizados (a partir de um ano de experiência; k = 1 para o último ano de experiência; k = K);

RII_k é a experiência percentual anual do Índice de importância relativa de cada fator, que é calculado separadamente para o ano correspondente (k) experiência dos entrevistados categorizados e calculada pela equação anterior.

Na presente pesquisa, a RNA é usada para avaliar os fatores de sucesso mais significativos usando o software Neuro4 (O Neuro4 é a atualização do NeuroForest, software Brasileiro e desenvolvido para a geração e aplicação de RNA em diversos treinamentos e estruturas de algoritmos desejados) na versão 4.0.2. Isso ocorre porque o software Neuro4 recebe a informação de cada peso contribuinte de cada fator e com essa informação realiza o processo de treinamento. Portanto a seguir, são apresentados detalhes sobre esses procedimentos do RNA.

Para inserção no software Neuro4, é necessário um valor de saída, para estas variáveis, por este motivo foi optado pela Média Ponderada conforme a Equação 4:

$$V_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} \times GII_j)}{\sum_{j=1}^n GII_j} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

x_{ij} = valor de cada fator conforme a percepção do respondente (Likert);

GII_j = índice de importância de cada Fator (Equação 3).

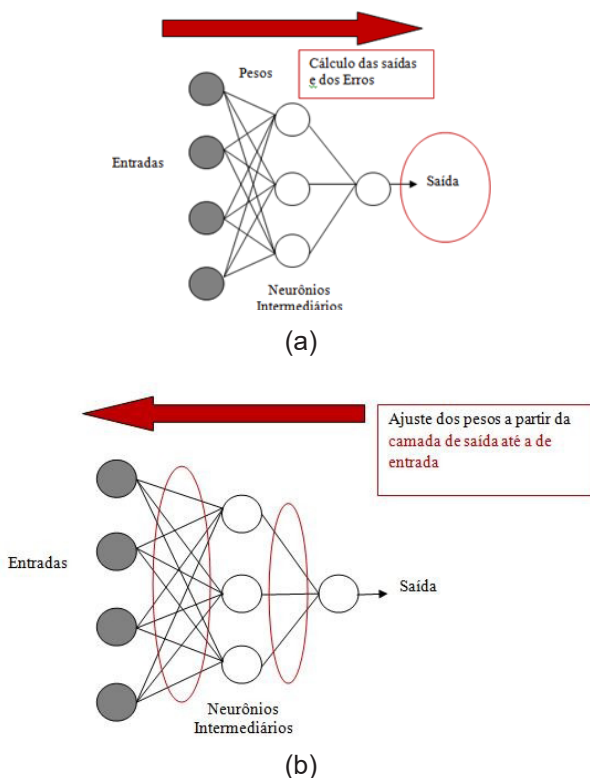
Treinamento de Redes Neurais Artificiais

O treinamento ou aprendizado de uma RNA consiste no processo iterativo de ajuste dos seus parâmetros, ou seja, pesos e limiar de excitação (tratado com um peso) a partir de apresentações sucessivas de um conjunto de exemplos a um algoritmo de treinamento, até que um critério de parada seja atingido, finalizando o processo (Binoti, 2012).

Os algoritmos propagativos de treinamento são utilizados para o treinamento de RNA que se enquadram no paradigma de aprendizado do tipo supervisionado, ou seja, o algoritmo de treinamento recebe um par de entradas e com suas respectivas saídas desejadas. O algoritmo de propagação vai passar por uma série de iterações, visando minimizar o erro das estimativas.

Em cada iteração todos os dados são apresentados à rede, a cada observação apresentada, a matriz de pesos é alterada pelas etapas conhecidas como *forward* (para frente) e *backward* (para trás). Na etapa *forward* (Figura 20a), os valores de entrada são apresentados à rede e propagados até a camada de saída que gera uma resposta, as estimativas obtidas são comparadas com os valores observados, obtendo dessa forma o erro. Ressalta-se que nesta etapa, os pesos da rede são todos fixos. A etapa *backward* (Figura 20b) consiste na propagação do erro da camada de saída em direção à camada de entrada, ou seja, para trás através da rede, direcionando o ajuste dos pesos de acordo com uma regra de correção de erro, para que o valor da saída da rede seja o mais próximo do desejado.

Figuras 20a e 20b: Fase forward do algoritmo backpropagation e Fase backward do algoritmo backpropagation.



Fonte: Lima, 2012.

Diversos algoritmos podem ser utilizados para o treinamento de RNA. Buscou-se implementar o *algoritmo Resilient Propagation* (Riedmiller e Braun, 1993) que na sua concepção foi pensado para otimização de processos de Retro Propagação (*BackPropagation*) na obtenção de RNA satisfatórias.

O método *Resilient Backpropagation* (Rprop) é um algoritmo utilizado para treinamento supervisionado da rede neural que se assemelha ao algoritmo de retropropagação padrão. Porém, o *Resilient Backpropagation* possui duas vantagens principais. A primeira é que o treinamento com o Rprop é frequentemente mais rápido que o treinamento com a retropropagação padrão. A segunda vantagem é que o Rprop não requer que você especifique nenhum valor de parâmetro livre, ao contrário da retropropagação padrão, que precisa de valores para a taxa de aprendizado. A principal desvantagem do Rprop é que é um algoritmo mais complexo de implementar do que a retropropagação padrão.

O princípio básico do funcionamento do Rprop é eliminar a influência prejudicial do tamanho da derivada parcial na etapa de peso. Como consequência, apenas o sinal da derivada é considerado para indicar a direção da atualização de peso. O tamanho da mudança de peso é determinado exclusivamente por um valor de atualização específico do peso $\Delta_{ij}^{(t)}$ (Equação 5):

$$\Delta_{ij}^{(t)} = \begin{cases} -\Delta_{ij}^{(t)}, & \text{se } \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} > 0 \\ +\Delta_{ij}^{(t)}, & \text{se } \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} < 0 \\ 0, & \text{senão} \end{cases} \quad \text{Equação 5}$$

Em que $\frac{\partial E^{(t)}}{\partial}$ denota a informação gradiente somada sobre todo o padrão do conjunto de padrões.

A segunda etapa do aprendizado *Rprop* é determinar os novos valores de atualização $\Delta_{ij}^{(t)}$. Isso é baseado em um processo de adaptação dependente de sinais, semelhante à adaptação da taxa de aprendizado em (Jacobs, 1988; Tollenare, 1990).

$$\Delta_{ij}^{(t)} = \begin{cases} n^+ \cdot \Delta_{ij}^{(t-1)}, & \text{se } \frac{\partial E^{(t-1)}}{\partial w_{ij}} \cdot \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} > 0 \\ n^- \cdot \Delta_{ij}^{(t-1)}, & \text{se } \frac{\partial E^{(t-1)}}{\partial w_{ij}} \cdot \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} < 0 \\ \Delta_{ij}^{(t-1)}, & \text{senão} \end{cases} \quad \text{Equação 6}$$

A regra de adaptação funciona da seguinte maneira: Toda vez que a

derivada parcial do peso correspondente ∂w_{ij} , muda seu sinal, o que indica que a última atualização foi muito grande e o algoritmo saltou sobre um mínimo local, o valor de atualização $\Delta_{ij}^{(t)}$ (Equação 6) é diminuído pelo fator η^- . Se a derivada retém seu sinal, o valor de atualização é ligeiramente aumentado para acelerar a convergência em regiões superficiais. Além disso, no caso da mudança de sinal, não deve haver adaptação na etapa de aprendizagem subsequente. Na prática, isso pode ser alcançado definindo-se $\frac{\partial E^{(t-1)}}{\partial w_{ij}} = 0$ na regra de adaptação acima.

A fim de reduzir o número de parâmetros livremente ajustáveis, muitas vezes levando a uma busca tediosa no espaço de parâmetros, o fator de aumento e diminuição são definidos para valores fixos.

A escolha do fator de diminuição η^- foi conduzida pelas seguintes considerações. Se o salto acima de um mínimo ocorreu, o valor de atualização anterior era muito grande. Em média, será um bom palpite reduzir para metade o valor de atualização (estimador de máxima probabilidade), então escolhemos $\eta^- := 0.5$. O fator de aumento η^+ , por um lado, tem que ser grande o suficiente para permitir o rápido crescimento do valor de atualização em regiões rasas da função de erro, mas por outro lado o processo de aprendizado pode ser consideravelmente perturbado, se um fator de aumento muito grande a mudanças persistentes da direção da etapa de peso. Em vários experimentos do problema examinado, a escolha de $\eta^+ = 1.2$ deu resultados muito bons, independente do problema examinado (Riedmiller, 1994). Pequenas variações desse valor não melhoraram nem deterioraram o tempo de convergência. Então, a fim de obter a escolha de parâmetros mais simples, decidimos fixar constantemente o parâmetro de aumento para $\eta^+ = 1.2$ (Riedmiller, 1994). Para a Rprop tentar adaptar seu processo de aprendizado à topologia da função de erro, segue o princípio da aprendizagem por época. Isso significa que a atualização de peso e a adaptação são realizadas depois que as informações de gradiente de todo o conjunto de padrões são calculadas.

Alguns algoritmos requerem a definição de parâmetros específicos como a taxa de aprendizado e o *momentum*. A taxa de aprendizado mede a rapidez com que os pesos são atualizados. O *momentum* é adicionado à equação de ajuste dos pesos para acelerar o processo de treinamento e evitar mínimos locais, reduzindo a instabilidade.

No campo das redes neurais artificiais, tem havido vários desenvolvimentos no treinamento de algoritmos que aceleraram a convergência (Mosca e Magoulas, 2015). A regra de atualização de peso de Propagação Resiliente (RProp) foi inicialmente introduzida como uma possível solução para o problema de “gradientes de fuga”: conforme a profundidade e complexidade de uma rede neural artificial aumentam, o gradiente propagado para trás pela retropropagação padrão (*BackPropagation*) torna-se cada vez menor para atualizações de peso insignificantes, que retardam consideravelmente a formação. O Rprop resolve esse problema usando um

valor fixo de atualização, que é aumentado ou diminuído multiplicativamente em cada iteração por um fator assimétrico, essa “Regressão” permite que Rprop convirja para um mínimo local, o Rprop força artificialmente o produto gradiente a ser 0, de modo que a interação a seguir é ignorada (Riedmiller e Braun, 1993).

O processo iterativo de busca por uma solução compreende as seguintes etapas: geração de uma população inicial aleatória formada por um conjunto aleatório de indivíduos (possíveis soluções); seleção de indivíduos mais adaptados; reprodução gerando novos indivíduos (cruzamentos (crossover), mutações ou recombinação genética); até a obtenção de uma solução satisfatória (critério de parada).

O treinamento de uma rede é finalizado quando um determinado critério de parada é atingido, neste estudo, são utilizados três critérios: erro médio, número de ciclos e convergência. Considerando a k-ésima amostra de treinamento, a função erro quadrático mede o desempenho dos valores produzidos pelos neurônios de saída (j), ou seja (Equação 7):

$$e(k) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \left(y_d^j(k) - y_j(k) \right)^2 \quad \text{Equação 7}$$

Em que:

y_d^j é o valor desejado da saída;

y_j é o valor obtido pela rede.

Considerando um conjunto de treinamento composto por p amostras (Equação 8), o desempenho global do algoritmo de treinamento pode ser medido pelo erro quadrático médio (e_M), ou simplesmente erro médio:

$$e_M = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p e(k) \quad \text{Equação 8}$$

Um ciclo (ou época) corresponde à apresentação completa de todos os elementos do conjunto de treinamento acompanhada dos ajustes dos pesos da rede. Portanto, um critério de parada com base no número de ciclos, encerra o treinamento de uma rede após atingir uma determinada quantidade de ciclos. O critério denominado convergência define o número de ciclos após o qual, se o erro médio não diminuir, o treinamento é finalizado.

Os dados obtidos após aplicação da RNA, serão utilizados para possível desenvolvimento de um aplicativo, onde servira de parâmetros para análise da gestão de projetos da indústria da construção civil.

Antes de a RNA ser treinada, os critérios de treinamento devem ser

especificados antecipadamente, que incluem erros absolutos máximos e mínimos e número de ciclos de treinamento sem melhorias.

O espaço de dados é dividido em dois conjuntos de dados: treinamento e validação. O conjunto de dados utilizados durante a fase chamada de “treinamento”, é usado para treinar a RNA, nesta fase o erro é calculado em relação aos ciclos de treinamento, onde os dados são usados para testar a rede durante o desenvolvimento/treinamento realizando correções continuamente e ajustando os pesos das ligações de rede para reduzir o erro. O conjunto de validação é a parte de dados que é usada para validar o(s) modelo(s).

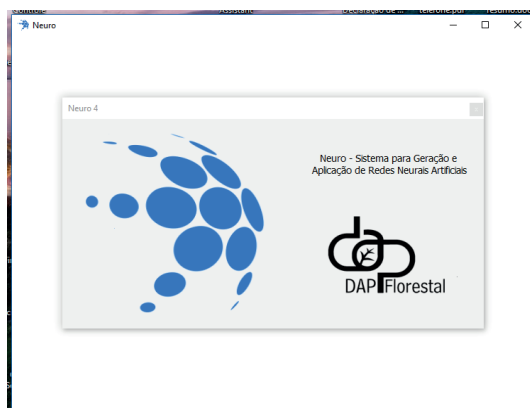
Além disso, a análise descritiva também será realizada utilizando os fatores críticos de sucesso obtidos na pesquisa. A análise descritiva é uma medida importante para a classificação nos termos do espírito crítico dos respondentes.

Isto é semelhante à análise das estatísticas básicas sobre amostras coletadas para investigar as tendências de percepção de certas práticas do setor com base em experiências de primeira mão dos praticantes. Como tal análise não fornece quaisquer resultados significativos em termos de compreensão dos efeitos de agrupamento dos fatores semelhantes e a capacidade de previsão, é necessário a utilização de métodos estatísticos avançados para uma análise mais adequada.

Treinamento do Neuro4

Para a inserção dos dados coletados e classificados conforme os Índices de Importância Relativa é necessário entender o funcionamento do Neuro4 (Figura 21) que para o treinamento são necessárias as caracterizações das variáveis inseridas, para isso foram caracterizadas todas as Variáveis “Fatores” como quantitativas e a variável “ V_s ” como variável de saída.

Figura 21: Tela Inicial Neuro4



Com a configuração ajustada optou-se por treinar 100 redes com a utilização do algoritmo *Resilient Propagation*, sendo ajustados os critérios de parada, número de ciclos e a convergência.

Com esse processamento foram obtidos os valores estatísticos Soma do Quadrado Médio do Erro (RQME), Variância, SQR (Soma do Quadrado do Resíduo e Correlação variando o número de neurônios na camada oculta até a verificação da estabilidade.

Após a obtenção da melhor configuração para o treinamento os dados foram novamente inseridos no NEURO, para a obtenção dos pesos para a caracterização das variáveis, nesta fase o NEURO foi configurado para que separe 70% dos dados (134 respondentes) de modo aleatório para o treinamento e destinando 30% (57 respondentes) para a validação.

Caracterização das Variáveis para o Treinamento

No aprendizado de máquina, estatística e seleção de características, também conhecido como seleção de variáveis, é uma técnica que consiste na seleção de um subconjunto das características mais relevantes de um determinado conjunto de dados. Para este trabalho foi utilizado o algoritmo de Garson.

A seleção das redes utilizadas para a continuidade do processamento foi conforme o melhor desempenho da análise estatística dos valores obtidos da Soma do Quadrado Médio do Erro (RQME), da Variância, da SQR (Soma do Quadrado do Resíduo e da Correlação, optando-se por valores que melhor se enquadrem num critério estabelecido pelo pesquisador.

O algoritmo original proposto por Garson (1991) envolve essencialmente o particionamento dos pesos das conexões entre a camada escondida e a de saída de cada neurônio intermediário em componentes associados com cada neurônio de entrada.

Classificação utilizando Redes Neurais Artificiais

É uma técnica que consiste na seleção de um subconjunto das características mais relevantes de um determinado conjunto de dados. Para este trabalho foi utilizado o algoritmo de Garson.

O algoritmo original proposto por Garson (1991) envolve essencialmente o particionamento dos pesos das conexões entre a camada escondida e a de saída de cada neurônio intermediário em componentes associados com cada neurônio de entrada.

Para a obtenção da importância relativa de cada variável o algoritmo executa os seguintes passos:

1. Para cada neurônio intermediário i , o valor absoluto do peso da conexão entre este neurônio e um de saída é multiplicado pelo valor absoluto do peso da conexão entre o mesmo neurônio escondido e um neurônio de

entrada. Este cálculo deve ser feito para todos os j -ésimos neurônios da camada de entrada. Então o produto P_{ij} é obtido através da Equação 9:

$$P_{ij} = w_{ij} \times w_{i0} \quad \text{Equação 9}$$

2. Para cada neurônio escondido, divide-se P_{ij} pela soma de todos os P_{ij} para cada neurônio de entrada, obtendo Q_{ij} (Equação 10) Assim:

$$Q_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}} \quad \text{Equação 10}$$

3. Para cada neurônio de entrada, os valores de Q_{ij} são somados obtendo-se S_j (Equação 11)

$$S_j = \sum_{i=1}^n Q_{ij} \quad \text{Equação 11}$$

4. Dividindo-se cada valor de S_j pela soma de todos os valores de S_j , obtemos a importância relativa R (Equação 12) para cada variável, j :

$$R_j = \left(\frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j} \right) \times 100 \quad \text{Equação 12}$$

O algoritmo de Garson utiliza valores absolutos dos pesos das conexões para o cálculo da contribuição da variável, não permitindo uma análise da direção das modificações ocorridas na variável de saída quando ocorre alteração nas variáveis de entrada. (Valença, 2007).

Análise e Validação dos Resultados

Após o tratamento dos dados e realizados as classificações dos FCS os resultados foram analisados e discutidos utilizando os dados estatísticos gerados pelo NEURO4.

De acordo com Haykin (2001), o desempenho do modelo é avaliado pela média do erro quadrado obtida na validação de todas as tentativas do experimento. Para avaliar os resultados das etapas de treinamento e teste, são analisados os valores da soma dos erros quadrados e do erro relativo. Para a etapa de validação, é analisado o valor do erro relativo. De acordo com Bortolini (2015), o valor de erros quadrados se refere ao somatório do quadrado da diferença entre o valor estimado pela rede e o valor real. O valor referente ao erro relativo é a taxa de previsões incorretas obtidas, comparando-se o valor estimado pela rede e o valor real. A amostra de validação permite que se tenha uma estimativa de como a rede neural artificial se comportará em um ambiente real, pois usa um conjunto de dados não utilizado no treinamento e no teste do modelo. Nesse sentido, nesta

pesquisa foi requerida uma acuracidade mínima de 70% para as amostras de treinamento e de 30% para validação.

Uma observação importante sobre o algoritmo, já mencionada anteriormente, é que, ao usar a regra da cadeia, cada camada oculta recebe uma estimativa do erro da camada subsequente, de forma que, quanto maior for o número de camadas, maior será a incerteza do valor do erro que a camada de entrada receberá. Uma abordagem mais completa do algoritmo pode ser encontrada em Hagan *et al.* (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no item anterior, e considerando que este trabalho é de natureza estratégica, especificamente voltado para o setor de Gerenciamento de Projetos da Construção civil, visando criar uma ferramenta de auxílio na gestão de projetos, que permeia toda a empresa, pretende-se responder à questão central por meio dos objetivos específicos deste trabalho, a seguir descritos.

Bibliografia dos Fatores no Gerenciamento de Projetos

Inicialmente será exposto os resultados de fase bibliográfica sendo responsável pela fiel representação da trabalhos encontrados onde os temas Gerenciamento de Projetos, Fatores Críticos de Sucesso e Redes Neurais Artificiais, a primeira buscando somente por temas relacionados ao Gerenciamento de Projetos na Construção civil sendo encontrados um total de 37.882 artigos divididos e 2.348 revistas.

Em um segundo momento foi realizada a busca por Fatores Críticos e Gerenciamento de Projetos onde foram encontrados 997 artigos em 78 revistas, continuamente por Fatores Críticos e RNAs, com 200 em 10 revistas, ainda Gerenciamento de Projetos e RNAs com 125 artigos em 3 revistas e por último Gerenciamento de Projetos e Fatores Críticos e RNAs com 4 artigos os resultados estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Quantidade de arquivos por palavra-chave

Frases da Pesquisa	Artigo	Revista
1. Project Management	37.882	2.348
2. Critical Factors AND Project Management	997	78
3. Critical Factors AND Artificial Neural Networks	200	10
4. Project Management AND Artificial Neural Networks	125	3
5. Project Management AND Critical Factors AND Artificial Neural Networks	4	2

Foi realizada a busca utilizando a referência ao sucesso na

Construção civil, inicialmente foram encontrados 1913 e Fatores Críticos de Sucesso na construção onde foram listados 157 artigos no período de 2014 até 2018, sendo que no mesmo período o Journal of Construction Engineering and Management foi o que mais publicou artigos relacionados com o tema.

Tabela 4: Frases de busca sobre Fatores Críticos de Sucesso

Frases da Pesquisa	Quantidade de Documentos
Success in construction	1913
Success in construction AND productivity	62
Critical factors for success in construction	157
Critical factors for productivity AND profitability in construction	3
Critical factors for reducing waste in buildings	4
Critical factors for efficiency in construction	84
Efficiency AND productivity in construction	232
Efficiency in the construction of large buildings	282
Achieving better profitability in construction	1
Total	2738

Também foi realizada a busca por trabalhos com referência exclusiva em termos da Rede Neural Artificial na construção civil e foram encontrados 2628, onde foram listados na tabela 5.

Tabela 5: Frase de busca para RNAs

Frases da Pesquisa	Quantidade de Documentos
Management AND Critical Success Factors	58
Management AND Artificial Neural Networks	165
Construction AND Critical Success Factors	142
Construction AND Artificial Neural Networks	465
Construction AND Productivity AND Artificial Neural Networks	9
Construction AND Productivity AND Critical Success Factors	13
Effectiveness AND Critical Success Factors	199
Effectiveness AND Construction AND Critical Success Factors	17
Effectiveness AND Building AND Artificial Neural Networks	36
Effectiveness AND Building AND Critical Success Factors	12
Effectiveness AND Artificial Neural Networks	1512
Total	2628

Conforme tabela 6 foi listado a quantidade de trabalhos em jornais com várias referências onde o foco é Redes Neurais Artificiais, totalizando 645.

Tabela 6: Documentos por Jornal com o tema RNA

Título da Fonte	Quantidade de Documentos
International Journal of Productivity and Quality Management	3
International Journal of Civil Engineering and Technology	8
Journal Of Construction Engineering and Management	31
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	4
Journal Of Management in Engineering	11
Engineering Construction and Architectural Management	7
International Journal of Project Management	12
Neurocomputing	338
Journal Of Civil Engineering and Management	12
IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems	59
Neural Networks	90
Total	645

Identificação dos Fatores Críticos no Gerenciamento de Projetos na Indústria da Construção civil

Após a análise das respostas do questionário piloto (Apêndice 1) foram relacionados os 20 fatores (Quadro 7) determinados após a aplicação do questionário-piloto, que foram utilizados para a elaboração do questionário final (Apêndice 2). A identificação destes fatores para o estudo e preparação do questionário é um passo essencial para o sucesso da pesquisa.

Quadro 7: Relação dos Fatores de Sucesso do Projeto selecionados.

Cód.	Fatores de Sucesso
F1	Aumento do escopo do trabalho
F2	Ambiguidade nas especificações e/ou interpretação conflitante
F3	Retrabalho devido à mudança de projeto
F4	Cronograma irrealista imposto em contrato
F5	Retrabalho devido a um erro na execução
F6	Especificação imprecisa da condição do local
F7	Dificuldade de acesso às informações, materiais e equipamentos no escritório de projeto
F8	Má coordenação entre as partes interessadas (Stakeholders)

F9	Falta de cadastro de empresas para subcontratos
F10	Relutância do engenheiro ou do arquiteto para mudanças
F11	Conflito entre proprietários e outras partes
F12	Obtenção de autorização das autoridades locais
F13	Mudanças nos regulamentos e leis governamentais
F14	Simplicidade e Clareza nas especificações entre projetos
F15	Má coordenação entre as partes do projeto
F16	Falta de realimentação das informações do projeto
F17	Falta de conhecimento dos requisitos da qualidade
F18	Definição clara do escopo do projeto
F19	Falta de experiência da equipe de projeto
F20	Inspecção irrealista e métodos de ensaio propostos no contrato

Identificação e Determinação do Público-alvo

Inicialmente será a traçado um rápido perfil dos respondentes, pois após o envio dos questionários esta caracterização se torna importante pois demonstra a heterogeneidade das respostas.

Foram enviados 874 e-mails a todas a instituições de ensino cadastradas com cursos de graduação e/ou pós-graduação em Engenharia Civil no sistema e-mec disponível no site do Ministério da Educação, sendo obtidos um total de 191 questionários, não tendo um número exato de pessoas atingidas pois a grande maioria destas, não relaciona os professores por área de atuação em seus cursos.

O tamanho da amostra para o objetivo pretendido é validado pelos autores Hair *et al.* (1998) que recomendam que a amostra seja de pelo menos cinco vezes o número de variáveis estudadas, embora diga que o número mais aceitável seja a razão de dez para um e por Malhotra (2001), que recomenda que o tamanho da amostra tenha ao menos quatro a cinco vezes mais observações do que o número de variáveis.

Crocker e Algina (1986) em seu trabalho indicam a regra geral do uso de 10 sujeitos por variável, com um mínimo de 100 sujeitos na amostra total. Já Gorsuch (1983) declara que na análise fatorial a amostra deve ter no mínimo 5 participantes por variável e uma amostra total mínima de 200 sujeitos.

A partir de um estudo tipo *Monte Carlo*, os autores sugerem que o tamanho desejado de uma amostra depende do tamanho das cargas fatoriais obtidas. Com cargas fatoriais em torno de 0, 80, obtêm-se soluções fatoriais altamente estáveis em amostras de 50 pessoas. Quando as cargas fatoriais estão ao redor de 0, 40, porém, amostras de 300 a 400 sujeitos são necessárias para atingir soluções estáveis (LAROS, 2012).

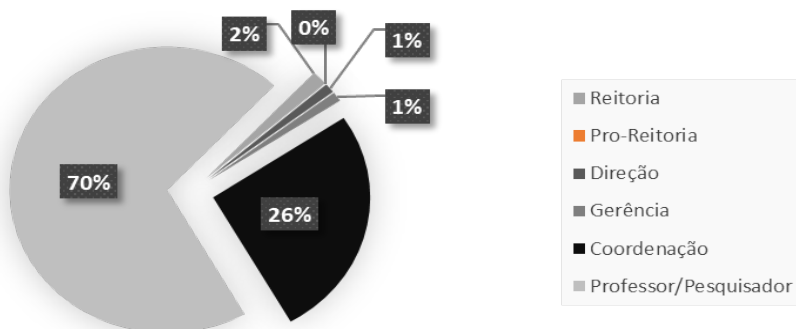
Outra análise importante para se determinar a adequação da amostra é a significância estatística. Cargas fatoriais maiores do que 0, 30

são significativas somente para tamanhos de amostra superiores a 350; para uma amostra de 100 respondentes, a carga fatorial deve ser de pelo menos 0, 55 para possuir um grau adequado de significância; para 50 respondentes, a carga fatorial deve ser de pelo menos 0, 75 (HAIR *et al.*, 1998 *apud* AFFONSO NETO, 2003).

Considerando os 191 questionários obtidos e os 20 FCS contempladas na pesquisa de campo, obtém-se uma relação questionário/variável da ordem de 9, 55, o que é maior que o limite superior sugerido por Malhotra (2001) e atende a Hair *et al.* (1998), esta ainda é reforçada por Guadagnoli e Velicer (1988) *apud* Laros (2012), que, ao desafiarem o critério de Gorsuch, argumentaram que nenhuma base teórica ou empírica existe para recomendações de relação entre o número de participantes e o número de variáveis.,

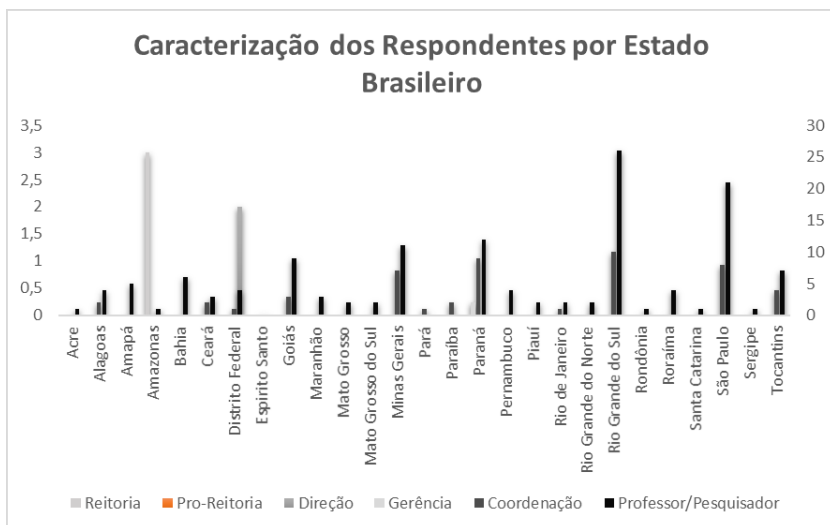
Após a coleta de dados podemos caracterizar os estados onde os respondentes residem que conforme demonstrados nas figuras 24 e 25, estão colocados os 191 respondentes distribuídos nos 27 estados brasileiros, onde podemos perceber que 70% ocupavam o cargo de professor/pesquisador, 26% eram coordenadores, 2% ocupavam cargo de Reitor e 1% de Direção e Gerência (Figura 22).

Figura 22: Caracterização da atuação do respondente
Atuação dentro da Instituição de Ensino



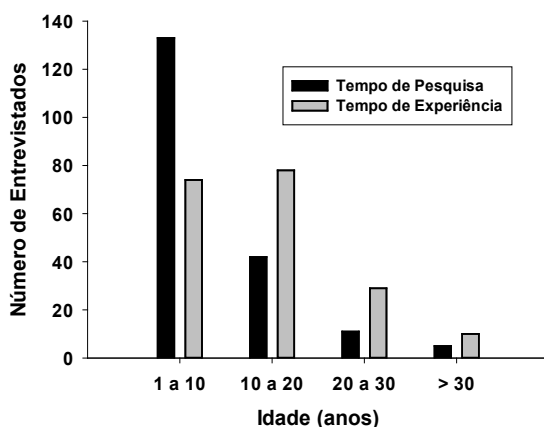
A resposta ao questionário enviado demonstrou claramente a aleatoriedade da coleta pois foram bastante diversificados os estados de atuação dos respondentes onde verificamos que do Rio Grande do Sul foram 26 professores e 10 coordenadores responderam, de São Paulo foram 21 professores e 8 coordenadores, Paraná 12 professores e 9 coordenadores, Minas Gerais 11 professores e 7 coordenadores em Goiás 9 professores e 3 coordenadores e no Tocantins 7 professores e 4 coordenadores, sendo que do Espírito Santo nenhum respondeu ao questionário, conforme apresentado na figura 23.

Figura 23: Distribuição dos respondentes por estado brasileiro



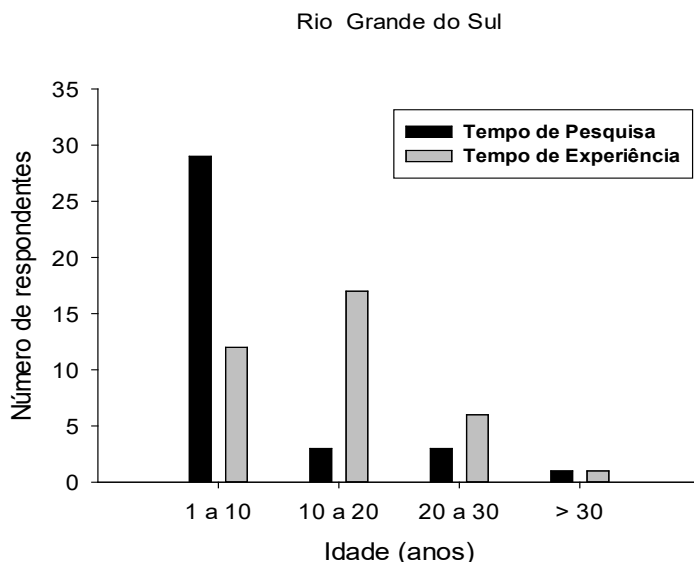
Sendo que o perfil demonstrado pelo tempo de pesquisa dos respondentes, se concentraram com 1 a 10 anos de experiência em pesquisas com 70% e 22% entre 10 e 20 anos, 6% de 20 a 30 anos e somente 2% acima de 30 anos, com relação ao tempo de experiência os percentuais dos respondentes com até 10 anos e entre 10 e 20 anos, foram bastante próximos, 39 e 41%, respectivamente, e 15% para 20 a 30 anos e 5% acima de 30 anos (Figura 24).

Figura 24: Distribuição dos respondentes por tempos de pesquisa e de experiência



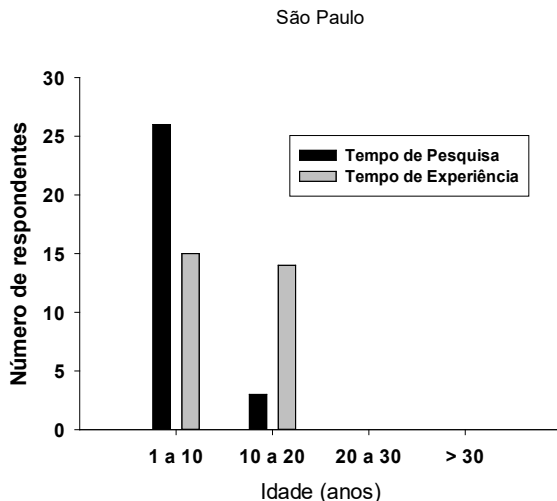
Dentro destes totais o estado do Rio Grande do Sul segue nesta proporcionalidade mantendo 81% de respondentes até 10 anos de pesquisa, 8% entre os 10 e 20 anos, também 8% entre 20 e 30 anos e 3% acima dos 30 anos de pesquisa e seguindo na mesma proporcionalidade o Rio Grande do Sul quando se refere ao tempo de experiência, 33% até 10 anos, 47% entre 10 e 20 anos, 17% entre 20 e 30 anos e 3% acima de 30 anos (Figura 25).

Figura 25: Distribuição por tempos de pesquisa e de experiência no estado do Rio Grande do Sul



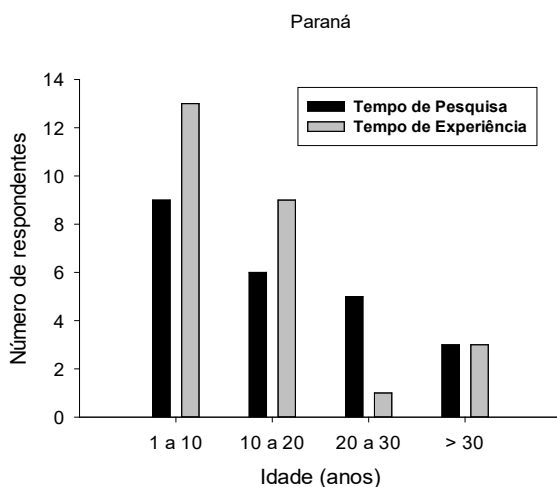
Em São Paulo (SP), os percentuais se mantêm como tempo de pesquisa do Rio Grande do Sul só que não se verificou respostas de profissionais acima de 20 anos de pesquisa, sendo 90% até 10 anos e 10% entre 10 e 20 anos, e no tempo de experiência os percentuais ficam com 52% e 48%, respectivamente (Figura 26).

Figura 26: Distribuição por Tempo de Pesquisa e de Experiência no Estado de São Paulo



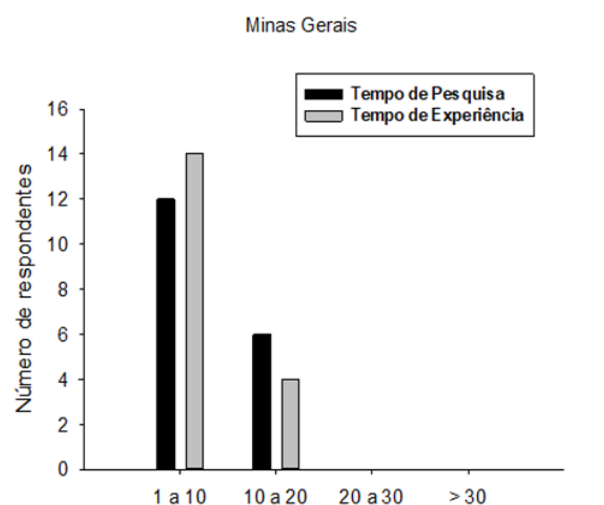
Do estado do Paraná (PR) temos 50% de respondentes até 10 anos de pesquisa, e 39% para o tempo de experiência, 35% entre 10 e 20 anos para TP e 26% para TE, 4% entre 20 e 30 anos para TP e 22% para TE e ainda 11% de profissionais com mais de 30 anos de pesquisa e 13 de experiência (Figura 27).

Figura 27: Distribuição por Tempo de Pesquisa e de Experiência no estado do Paraná



Já em Minas Gerais (MG) novamente não foi verificado respondentes acima de 20 anos de pesquisa, sendo 78% até 10 anos e 22% entre 10 e 20 anos de pesquisa e 67% com até 10 anos de experiência e 33% entre 10 e 20 anos de TE (Figura 28).

Figura 28: Distribuição por TP no estado de Minas Gerais



Percebemos uma predominância de respondentes tanto quanto ao tempo de Pesquisa quanto ao Tempo de Experiência, nas faixas etárias mais baixas, chegando a ser inexistentes as faixas mais altas nos estados de São Paulo e Minas Gerais, provavelmente pela expansão da Universidades e Institutos pelo interior do Brasil.

Classificação dos FCS conforme índice de importância

Todo projeto apresenta uma lista específica de FCS os quais podem não ser utilizados para outro projeto segundo Liu (2006). Desta forma os projetos de construção civil, podem até se equivaler em relação a seus processos porém no âmbito do gerenciamento de projetos, cada projeto apresenta uma particularidade singular que o torna único assim como diferentes FCS.

Para responder à questão central deste trabalho “Qual o Modelo para Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso no Gerenciamento de Projetos na indústria da construção civil com a utilização das Redes Neurais Artificiais através da aplicação do Algoritmo *Resilient Propagation*”, é importante antes relembrar alguns conceitos e definições sobre Fatores Críticos de Sucesso (FCS), identificados anteriormente:

Para Alves (2009), com base em Rockart (1981), os FCS apresentam três características importantes, são específicos, temporais e mensuráveis, e podem ter diversas fontes: natureza da indústria, estratégia competitiva, fatores ambientais (externos), fatores temporais e posição gerencial (qualidade, produção, finanças etc.). Os FCS não são um conjunto padrão de medidas, algumas vezes chamado de “indicadores-chave”, que podem ser aplicados em todas as divisões da empresa. Ao contrário, os FCS são áreas de maior importância para a empresa, em um determinado período no tempo.

Moura e Botter (2011) compilaram um conjunto de conceitos e definições sobre FCS disponíveis na literatura, incluindo:

- Podem ser definidos como fatores necessários para assegurar efetivamente a implantação de um sistema que garanta a qualidade do produto em todas as etapas de seu ciclo, desde o desenvolvimento do projeto até a fase final da manufatura do produto;
- Devem ser analisados não de forma estática e individual, e sim de maneira global, avaliando-se o impacto no desempenho operacional e na melhora da produtividade de uma organização.

Moraes e Laurindo (2003) comentam em seu trabalho os principais FCS podem ser identificados na estrutura do setor, na estratégia competitiva, na posição da indústria, na localização geográfica e nos fatores ambientais e temporais.

Didenko e Konovets (2008) identificaram os FCS mais influentes de 26 identificados na literatura de GP. A análise foi realizada no setor da construção de moradias, com foco nas peculiaridades do mercado ucraniano. Foram enviados questionários para 110 gestores experientes em projetos de construção de moradias dos quais obtiveram 26 respostas com a classificação dos FCS de acordo com o seu impacto no sucesso do projeto, divididos nas seguintes categorias: gestão de projetos; aspetos humanos e ambiente.

Também Pakseresht e Asgari (2012) identificaram 26 FCS através de um questionário dirigido a um total de 58 pessoas, dos quais gestores de recursos humanos, gestores de projetos e especialistas técnicos da empresa Pars Garma Company, a qual atua em várias áreas, como construção de barragens, redes de irrigação e drenagem, construção rodoviária, construção de pontes, escavação de túneis, construções em betão, construções metálicas e construção de edifícios residenciais. Os FCS identificados foram selecionados em 7 categorias, sendo fatores relacionados com: a gestão de projetos; o empregador; a logística do projeto; a equipa de projeto do consultor; o empreiteiro; o gestor de projeto, e fatores ambientais relacionados com o ambiente de negócios do projeto.

Morioka e Carvalho (2014) propuseram uma classificação em cinco dimensões de FCS para implantação de projetos: planeamento e controle, natureza do projeto, recursos humanos, *stakeholders* e meio externo ao projeto.

Inicialmente, faz-se necessário priorizar os 20 fatores de impacto no Gerenciamento de Projetos, vinculados aos 10 tipos de conhecimento do PMBOK (2018), base do instrumento de pesquisa deste estudo, que foi respondido por 191 entrevistados. O objetivo foi estabelecer um *ranking*, que permita subsidiar a decisão quanto aos fatores que serão priorizados, e aos quais serão direcionados atenção especial nas áreas de conhecimento do guia PMBOK.

Após, foram calculados os índices relativos de importância de acordo com as percepções sobre o quanto os fatores têm impacto no gerenciamento de projetos e considerando os tempos de pesquisa (Tabela 7) e os tempos de Experiência (Tabela 8) de cada um dos respondentes, com o intuito de ranquear a importância de cada fator fornecendo o peso inicial de cada fator.

Tabela 7: Classificação dos Fatores considerando o Tempo de Pesquisa

Fat	Descrição	Índ.
8	Má coordenação entre as partes interessadas (Stakeholders)	88,67%
4	Cronograma irrealista imposto em contrato	87,10%
19	Falta de experiência da equipe de projeto	87,07%
3	Retrabalho devido à mudança de projeto	86,72%
5	Retrabalho devido a um erro na execução	86,09%
18	Definição clara do escopo do projeto	85,28%
16	Falta de realimentação das informações do projeto	84,47%
1	Aumento do escopo do trabalho	83,76%
14	Simplicidade e Clareza nas especificações entre projetos	83,48%
11	Conflito entre proprietários e outras partes	82,06%
15	Má coordenação entre as partes do projeto	81,55%
2	Ambiguidade nas especificações e/ou interpretação conflitante	81,37%
6	Especificação imprecisa da condição do local	79,32%
20	Inspeção irrealista e métodos de ensaio propostos no contrato	79,11%
10	Relutância do engenheiro ou do arquiteto para mudanças	78,49%
7	Dificuldade de acesso às informações, materiais e equipamentos no escritório de projeto	75,11%
12	Obtenção de autorização das autoridades locais	73,38%
17	Falta de conhecimento dos requisitos da qualidade	73,36%
13	Mudanças nos regulamentos e leis governamentais	69,29%
9	Falta de cadastro de empresas para subcontratos	66,43%

Observa-se que a adequação ao planejamento e às especificações

é considerada mais um FCS a qual depende não somente da conduta do gerente de projetos responsável pelo seu contrato mas pela equipe e pessoas envolvidas com o projeto. Ao adequar um projeto, o gerente está alinhando o cronograma das etapas de execução. Segundo Toor *et al.* (2009) o planejamento e controle de projetos atinge uma série de outros aspectos como definição de objetivo, risco contratual de contratos. A construção civil em larga escala precisa de um plano e projeto muitos cuidadosos.

Pode-se observar pela Tabela 7 em comparação com a Tabela 8 que o Fator 4 teve um alto índice de Impacto considerando tanto o tempo de pesquisa quanto ao tempo de experiência dos respondentes, tendo percentuais de 87, 1% e 83, 8% respectivamente, igualmente o Fator 8 obteve alto índice considerando o tempo de pesquisa 88, 7% ficando o índice mais alto e ficando na terceira posição quando foi considerado o tempo de experiência com 82, 8%.

Tabela 8: Classificação dos Fatores considerando o Tempo de Experiência

Fat	Descrição	Índ.
4	Cronograma irrealista imposto em contrato	83,80
19	Falta de experiência da equipe de projeto	82,98
8	Má coordenação entre as partes interessadas (Stakeholders)	82,75
5	Retrabalho devido a um erro na execução	82,31
3	Retrabalho devido à mudança de projeto	81,70
16	Falta de realimentação das informações do projeto	81,60
18	Definição clara do escopo do projeto	81,28
11	Conflito entre proprietários e outras partes	81,06
15	Má coordenação entre as partes do projeto	80,38
1	Aumento do escopo do trabalho	79,96
10	Relutância do engenheiro ou do arquiteto para mudanças	75,98
14	Simplicidade e Clareza nas especificações entre projetos	75,57
20	Inspeção irrealista e métodos de ensaio propostos no contrato	75,20
2	Ambiguidade nas especificações e/ou interpretação conflitante	74,82
6	Especificação imprecisa da condição do local	72,48
7	Dificuldade de acesso às informações, materiais e equipamentos no escritório de projeto	70,93
17	Falta de conhecimento dos requisitos da qualidade	70, 59
12	Obtenção de autorização das autoridades locais	69, 54
13	Mudanças nos regulamentos e leis governamentais	66, 25
9	Falta de cadastro de empresas para subcontratos	63, 27

Fonte: Autor

Resultado semelhante a este estudo foi encontrado por Saqib *et al.*, (2008) que com a aplicação de um questionário ao público em comum e aos profissionais envolvidos na indústria da Construção civil. Estes consideraram a eficácia na tomada de decisão, o esforço de planejamento e a experiência anterior em gestão de projetos como FCS na gestão de projetos.

Paschoal (2014) ao avaliar FCS na influência no desempenho de projetos de Construção civil determinou quatro dimensões de sucesso (eficiência, aprendizagem operacional, satisfação do cliente e preparação para o futuro) e seus FCS que afetam o gerenciamento de projetos. Sendo que o fator competência do gerente do projeto aparece nas três primeiras dimensões, o fator experiência do gerente do projeto só não aparece na dimensão satisfação do cliente e conflitos ocorridos entre membros da equipe aparece na dimensão aprendizagem e preparação para o futuro.

Jordão *et al.* (2015) na determinação de fatores críticos na gestão de projetos na Construção civil utilizando a metodologia de questionários aplicados a gestores e funcionários envolvidos em atividades de projetos, determinaram que , de forma geral, os itens considerados mais críticos pela equipe foram os relacionados ao planejamento e suporte gerencial, tais como definição dos objetivos, envolvimento dos clientes, definição do planejamento, capacidade de seguir o planejamento, comunicação entre os integrantes, aquisição de materiais, *feedback* do trabalho, suporte gerencial, gerenciamento dos riscos e gerenciamento dos gastos.

Kikuti (2016) ao analisar FCS em projetos internacionais de Construção civil com aplicação de questionário a 27 profissionais da área de gestão determinaram que os dez FCS em projetos propostos por Pinto e Slevin (1988) contemplam os processos a serem considerados na execução de projetos.

Leite (2018) ao avaliar Fatores Críticos de Sucesso em Projetos de Construção civil utilizando a metodologia de revisão sistemática de literatura e sua posterior validação com a aplicação de questionário semiestruturado, composto por questões fechadas e abertas, aos gestores de projeto portugueses encontrou no que diz respeito à categoria gestão de projetos, os três FCS considerados mais relevantes como sendo a monitorização e feedback do projeto, gestão de risco do projeto e a gestão de alterações ao projeto. Sendo fatores que corroboram com este estudo.

Aplicação da Rede Neural Artificial (RNA)

Configuração para o Treinamento da Rede Neural

Nesta fase após a classificação dos Fatores conforme os Índices de Importância Relativa e encontrados conforme as equações 2 e 3, e com a definição dos valores de saída (V_s) foi obtida a matriz de dados (Tabelas 9 e 10) a ser inserida no NEURO4.

Após a obtenção das tabelas 7 e 8 com a classificação dos fatores

de acordo com o Índice de Importância Relativa Global obtidos conforme as equações 2 e 3, e com a definição dos valores de saída (V_s), através da Equação 4, para os tempos de Pesquisa (Tabela 7) e da Tabela 8 quando considerados os Tempos de Experiência, foi obtido o valor de saída (Equação 4) e confeccionada a matriz a ser inserida no Neuro4 conforme tabelas 9 e 10, para os respectivos treinamentos.

Tabela 9: Matriz de respostas para uso da Rede Neural Artificial considerando TP

Resp	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	Vs
1	4	4	5	4	5	5	4	4	2	5	4	5	3	5	4	4	5	4	4	5	4,09
2	5	3	4	4	5	4	5	4	5	4	5	3	3	4	4	5	4	5	5	4	4,30
3	5	3	5	4	3	4	4	4	3	4	5	4	2	4	4	4	4	5	4	5	3,84
4	5	3	4	4	5	3	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	4	5	5	4	4,28
5	4	3	5	4	5	5	4	4	2	5	4	3	4	4	4	5	5	4	5	4	4,5
.																					
.																					
188	4	5	4	5	5	3	2	4	5	4	3	5	2	4	5	4	3	5	3	4	4,26
189	3	5	5	4	5	4	4	5	4	5	3	3	2	2	4	4	3	4	2	1	4,07
190	4	5	3	4	5	4	2	5	4	3	4	3	4	5	5	4	5	3	5	3	4,35
191	5	5	5	5	5	2	2	4	4	5	5	5	1	3	4	4	3	3	4	3	4,14

Tabela 10: Matriz de respostas para uso da Rede Neural Artificial considerando TE

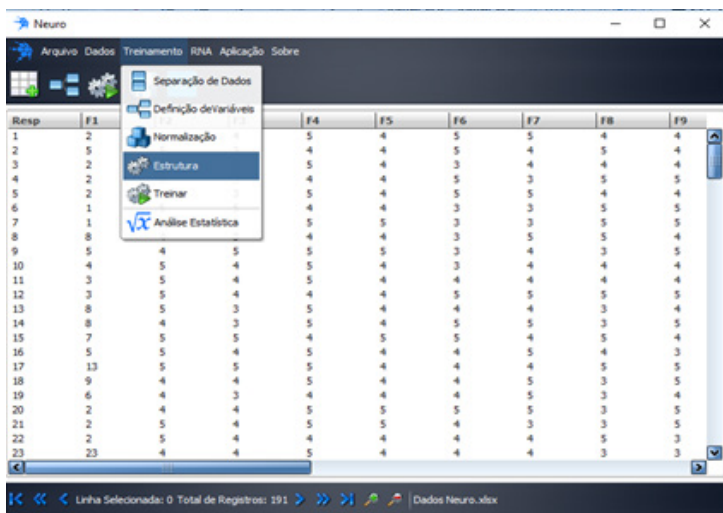
Resp	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	Vs
1	4	4	5	4	5	5	4	4	2	5	4	5	3	5	4	4	5	4	4	5	4,27
2	5	3	4	4	5	4	5	4	5	4	5	3	3	4	4	5	4	5	5	4	4,26
3	5	3	5	4	3	4	4	4	3	4	5	4	2	4	4	4	4	5	4	5	4,03
4	5	3	4	4	5	3	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	4	5	5	4	4,42
5	4	3	5	4	5	5	4	4	2	5	4	3	4	4	4	5	5	4	5	4	4,18
.																					
.																					
188	4	5	4	5	5	3	2	4	5	4	3	5	2	4	5	4	3	5	3	4	3,97
189	3	5	5	4	5	4	4	5	4	5	3	3	2	2	4	4	3	4	2	1	3,62
190	4	5	3	4	5	4	2	5	4	3	4	3	4	5	5	4	5	3	5	3	4,02
191	5	5	5	5	5	2	2	4	4	5	5	5	1	3	4	4	3	3	4	3	3,89

Com estes dados inseridos no NEURO (Figura 21), foram caracterizadas as variáveis Fatores como quantitativas e a variável V_s como variável de saída e após a configuração ajustada com 10 neurônios na camada oculta, foi realizado o processamento (treinamento) do Neuro4 onde foram treinadas 100 redes com algoritmo *Resilient Propagation* com critérios de parada após um erro médio 0, 0001 e 3000 ciclos com 20 de convergência (Apêndices I a XII).

Para o processamento dos dados foram necessários alguns testes da configuração na estrutura do software, o algoritmo selecionado foi o *Resilient*

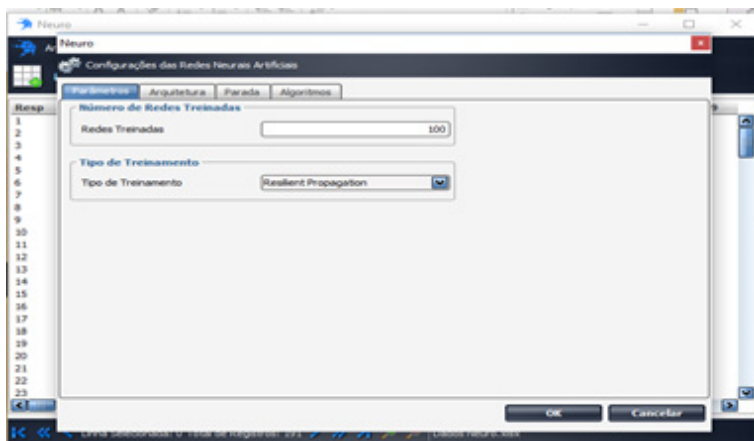
Propagation por se caracterizar num dos algoritmos que melhor se adaptam na determinação de variáveis independentes e não lineares conforme figura 29 foi necessária a configuração da estrutura do treinamento.

Figura 29: Tela inicial de configuração da estrutura



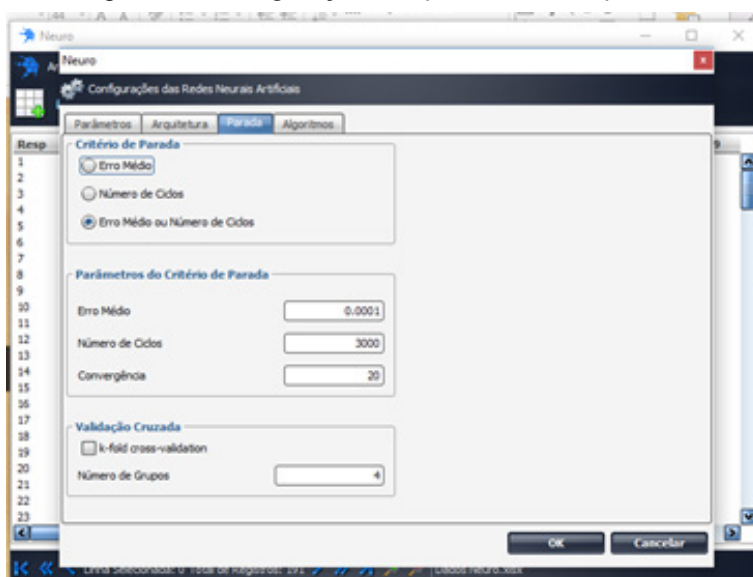
Nesta estrutura foi configurado para o treinamento com a determinação um número de 100 redes para cada configuração conforme figura 30, esta opção de 100 redes foi opção do pesquisador.

Figura 30: Configuração dos Parâmetros da estrutura



Sendo necessária a configuração dos critérios de parada (Figura 31) para isso foi optado por um erro médio de 0,0001 por ser considerado um valor suficiente para os objetivos da pesquisa e número de ciclos (Barros, 2018), conforme será demonstrado em seguida, o número de ciclos determinado foi de 3000 ciclos, por ser um valor semelhante aos valores obtidos de 4000 ciclos, onde inúmeros testes demonstrou ser o ideal para os objetivos desta pesquisa.

Figura 31: Configuração dos parâmetros de parada

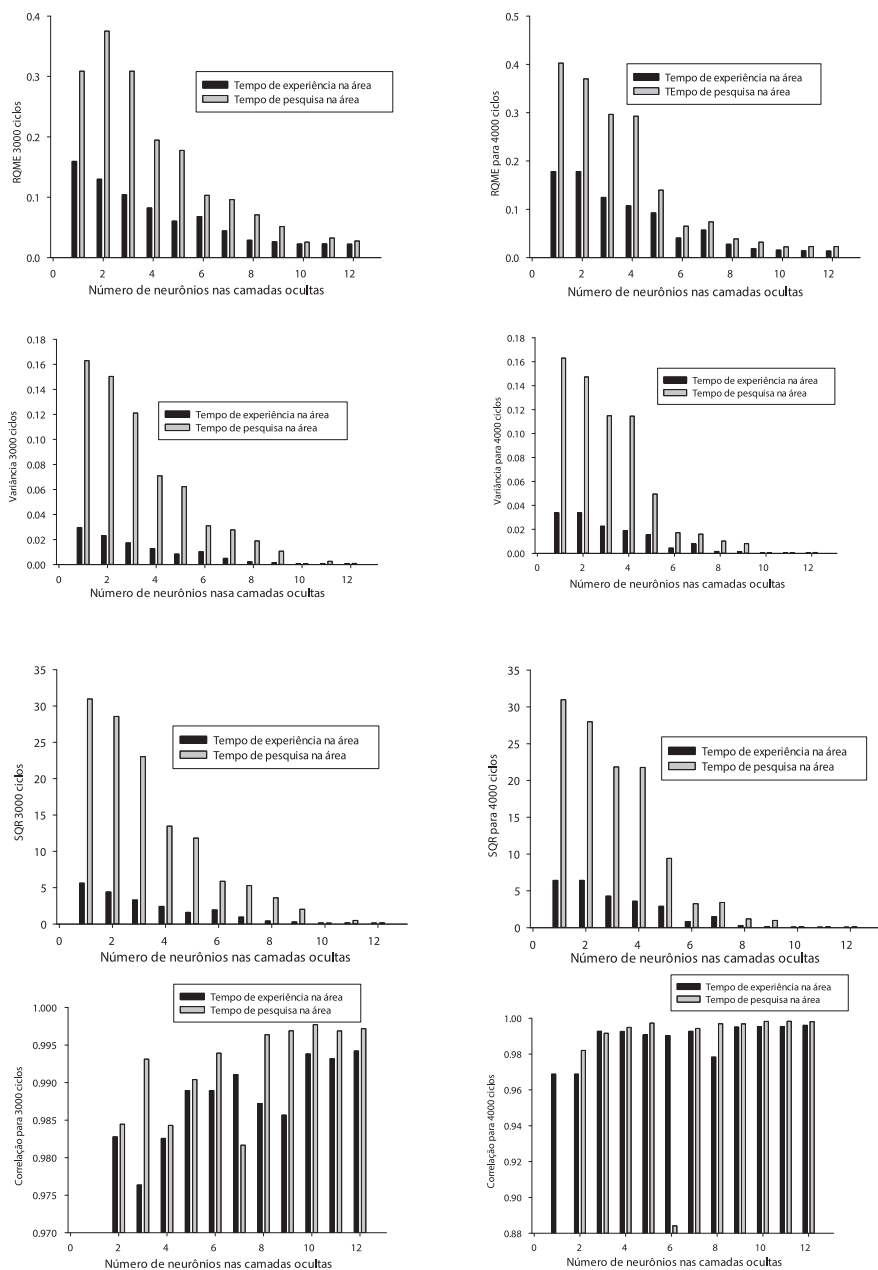


Na configuração dos parâmetros de parada da estrutura, foram testados inicialmente as variações do erro médio e depois testando esta configuração com variações o número de ciclo, percebendo claramente que após 3000 ciclos a convergência do erro não apresenta grandes alterações nos valores médios, considerando as 100 redes testadas por processamento.

Os atributos conseguiram classificar bem o desempenho do algoritmo nas diferentes arquiteturas, podendo visualizar claramente quais os FCS e arquiteturas obtiveram os melhores desempenhos e quais os que não conseguiram obter bons desempenhos.

Após este processamento (treinamento) foram obtidos os valores estatísticos como Soma do Quadrado Médio do Erro (RQME), Variância, Soma do Quadrado do Resíduo (SQR) (Figura 32).

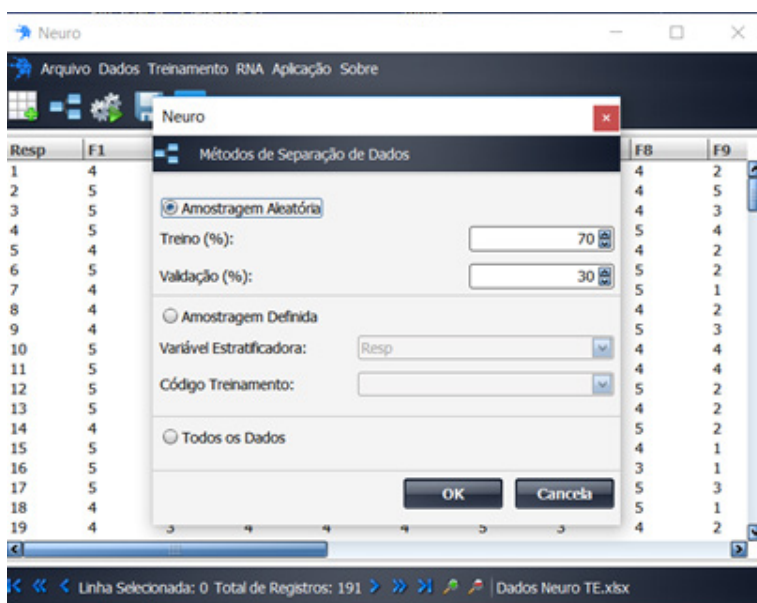
Figura 32: Análise Estatística dos Processamentos



Como mostrado na figura 32 percebemos a estabilização dos valores com 10 Neurônios na camada oculta, sendo assim considerando a configuração ideal para este processamento. Também nesta figura é mostrado os valores da Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME), da Variância, da Soma dos Quadrados dos Resíduos e da Correlação e após a verificação da proximidade nos processamentos com 3000 e 4000 ciclos e os testes das configurações determinados, podemos considerar os resultados da análise fatorial mostrados para os Tempos de Pesquisa e para os Tempos de Experiência, onde foram realizados demonstrando o comparativo dos processamentos, sendo facilmente percebido a estabilização quando se atinge 10 neurônios na camada oculta.

Após a determinação da melhor configuração para este treinamento o NEURO4 foi configurado para em seu processamento realizasse a separação de 70% dos dados para o treinamento e 30% para a validação, conforme apresentado na figura 33.

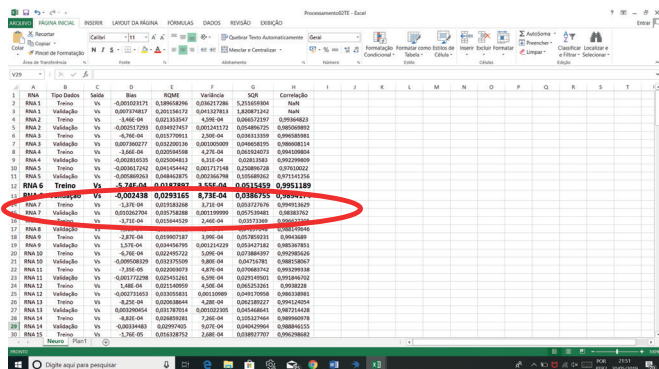
Figura 33: Tela da amostragem aleatória, com separação de dados



Foi utilizando o algoritmo resilient propagationnn, com a análise dos resultados das 100 redes testada, exportando estes dados onde foi realizada uma varredura, por redes que apresentam resultados estatísticos mais significativos, com o auxílio do Software Excel. Nessa busca dos resultados mais significativos foram realizados 29 (vinte e nove) processamentos no Neuro para os Tempos de Pesquisa e 32 (trinta e dois) para os Tempos de Experiência e selecionadas entre 4 e 6 redes em cada processamento

totalizando 100 redes para cada um dos tempos, como por exemplo a 6ª (sexta) rede, fruto do 18º (decimo oitavo) treinamento (Figura 34), para aplicar o algoritmo de Garson.

Figura 34: Seleção de Redes por análise das respostas estatísticas

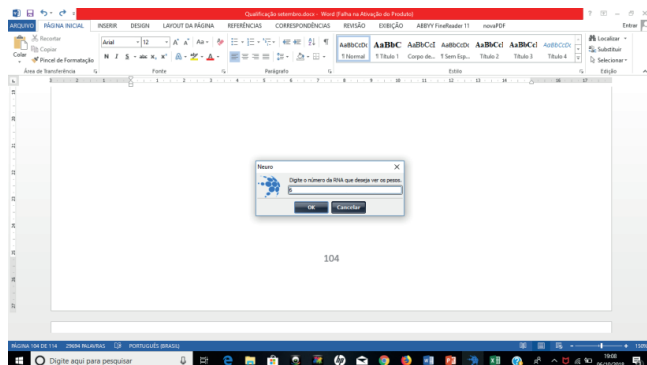


RNA	Tempo	Variação	RQME	SQR	Correlação
RNA 1	Treino	0.001033171	0.38964826	0.06027288	0.51503804
RNA 1	validação	0.00170867	0.261164372	0.04137661	0.50870242
RNA 2	Treino	0.001353457	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 2	validação	0.001037018	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 3	Treino	0.00170867	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 3	validação	0.001353457	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 4	Treino	0.001033171	0.38964826	0.06027288	0.51503804
RNA 4	validação	0.00170867	0.261164372	0.04137661	0.50870242
RNA 5	Treino	0.001353457	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 5	validação	0.001037018	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 6	Treino	0.00170867	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 6	validação	0.001353457	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 7	Treino	0.001033171	0.38964826	0.06027288	0.51503804
RNA 7	validação	0.00170867	0.261164372	0.04137661	0.50870242
RNA 8	Treino	0.001353457	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 8	validação	0.001037018	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 9	Treino	0.00170867	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 9	validação	0.001353457	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 10	Treino	0.001033171	0.38964826	0.06027288	0.51503804
RNA 10	validação	0.00170867	0.261164372	0.04137661	0.50870242
RNA 11	Treino	0.001353457	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 11	validação	0.001037018	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 12	Treino	0.00170867	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 12	validação	0.001353457	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 13	Treino	0.001033171	0.38964826	0.06027288	0.51503804
RNA 13	validação	0.00170867	0.261164372	0.04137661	0.50870242
RNA 14	Treino	0.001353457	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 14	validação	0.001037018	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 15	Treino	0.00170867	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 15	validação	0.001353457	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 16	Treino	0.001033171	0.38964826	0.06027288	0.51503804
RNA 16	validação	0.00170867	0.261164372	0.04137661	0.50870242
RNA 17	Treino	0.001353457	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 17	validação	0.001037018	0.348218547	0.04137661	0.50870242
RNA 18	Treino	0.00170867	0.3486 04	0.06032237	0.50504623
RNA 18	validação	0.001353457	0.348218547	0.04137661	0.50870242

Nesta seleção os resultados estatísticos como a correlação foi bastante alta enquanto os valores de RQME, SQR e Variância consideravelmente baixos, sendo então adotado neste trabalho o valor de referência de correlação de 0, 995 para o treinamento e 0, 989 para a validação (Apêndice XIV), considerando somente as redes que apresentavam, simultaneamente, correlação no mínimo igual a este critério de seleção, nas quais foram aplicadas o Garson (Apêndice XV).

Após a seleção das redes que apresentassem os valores estatísticos estabelecidos, foi necessário visualizar os pesos atribuídos pelo Neuro em todas as 10 camadas ocultas de neurônios. Com a rede selecionada o Neuro nos fornece o peso conforme a Figura 35.

Figura 35: Escolha da rede para visualização dos pesos.



Com os valores dos pesos extraídos do Neuro (Figura 36) da rede selecionada foi aplicado o algoritmo de Garson. (APENDICES XV E XVI).

Figura 36: Pesos dos Fatores na rede selecionada.

Para esta fase é necessário extrair os valores de cada peso atribuído pelo neuro nas 10 camadas ocultas onde a simbologia destes valores está representada na figura 37.

Figura 37: Simbologia dos Pesos utilizados para o Algoritmo de Garson

PARÂMETROS FORNECIDOS PELO NEURO4

1-->H0,1	13-->H0,1	15-->H0,1	17-->H0,1	19-->H0,1	I11-->H0,0	I13-->H0,0	I15-->H0,0	I17-->H0,0	I19-->H0,0	bias-->H0,0
11-->H0,1	13-->H0,1	15-->H0,1	17-->H0,1	19-->H0,1	I11-->H0,1	I13-->H0,1	I15-->H0,1	I17-->H0,1	I19-->H0,1	bias-->H0,1
11-->H0,2	13-->H0,2	15-->H0,2	17-->H0,2	19-->H0,2	I11-->H0,2	I13-->H0,2	I15-->H0,2	I17-->H0,2	I19-->H0,2	bias-->H0,2
11-->H0,3	13-->H0,3	15-->H0,3	17-->H0,3	19-->H0,3	I11-->H0,3	I13-->H0,3	I15-->H0,3	I17-->H0,3	I19-->H0,3	bias-->H0,3
11-->H0,4	13-->H0,4	15-->H0,4	17-->H0,4	19-->H0,4	I11-->H0,4	I13-->H0,4	I15-->H0,4	I17-->H0,4	I19-->H0,4	bias-->H0,4
11-->H0,5	13-->H0,5	15-->H0,5	17-->H0,5	19-->H0,5	I11-->H0,5	I13-->H0,5	I15-->H0,5	I17-->H0,5	I19-->H0,5	bias-->H0,5
11-->H0,6	13-->H0,6	15-->H0,6	17-->H0,6	19-->H0,6	I11-->H0,6	I13-->H0,6	I15-->H0,6	I17-->H0,6	I19-->H0,6	bias-->H0,6
11-->H0,7	13-->H0,7	15-->H0,7	17-->H0,7	19-->H0,7	I11-->H0,7	I13-->H0,7	I15-->H0,7	I17-->H0,7	I19-->H0,7	bias-->H0,7
11-->H0,8	13-->H0,8	15-->H0,8	17-->H0,8	19-->H0,8	I11-->H0,8	I13-->H0,8	I15-->H0,8	I17-->H0,8	I19-->H0,8	bias-->H0,8
11-->H0,9	13-->H0,9	15-->H0,9	17-->H0,9	19-->H0,9	I11-->H0,9	I13-->H0,9	I15-->H0,9	I17-->H0,9	I19-->H0,9	bias-->H0,9
I2-->H0,0	I4-->H0,0	I6-->H0,0	I8-->H0,0	I10-->H0,0	I12-->H0,0	I14-->H0,0	I16-->H0,0	I18-->H0,0	I20-->H0,0	H0,0-->O0
I2-->H0,1	I4-->H0,1	I6-->H0,1	I8-->H0,1	I10-->H0,1	I12-->H0,1	I14-->H0,1	I16-->H0,1	I18-->H0,1	I20-->H0,1	H0,1-->O0
I2-->H0,2	I4-->H0,2	I6-->H0,2	I8-->H0,2	I10-->H0,2	I12-->H0,2	I14-->H0,2	I16-->H0,2	I18-->H0,2	I20-->H0,2	H0,2-->O0
I2-->H0,3	I4-->H0,3	I6-->H0,3	I8-->H0,3	I10-->H0,3	I12-->H0,3	I14-->H0,3	I16-->H0,3	I18-->H0,3	I20-->H0,3	H0,3-->O0
I2-->H0,4	I4-->H0,4	I6-->H0,4	I8-->H0,4	I10-->H0,4	I12-->H0,4	I14-->H0,4	I16-->H0,4	I18-->H0,4	I20-->H0,4	H0,4-->O0
I2-->H0,5	I4-->H0,5	I6-->H0,5	I8-->H0,5	I10-->H0,5	I12-->H0,5	I14-->H0,5	I16-->H0,5	I18-->H0,5	I20-->H0,5	H0,5-->O0
I2-->H0,6	I4-->H0,6	I6-->H0,6	I8-->H0,6	I10-->H0,6	I12-->H0,6	I14-->H0,6	I16-->H0,6	I18-->H0,6	I20-->H0,6	H0,6-->O0
I2-->H0,7	I4-->H0,7	I6-->H0,7	I8-->H0,7	I10-->H0,7	I12-->H0,7	I14-->H0,7	I16-->H0,7	I18-->H0,7	I20-->H0,7	H0,7-->O0
I2-->H0,8	I4-->H0,8	I6-->H0,8	I8-->H0,8	I10-->H0,8	I12-->H0,8	I14-->H0,8	I16-->H0,8	I18-->H0,8	I20-->H0,8	H0,8-->O0
I2-->H0,9	I4-->H0,9	I6-->H0,9	I8-->H0,9	I10-->H0,9	I12-->H0,9	I14-->H0,9	I16-->H0,9	I18-->H0,9	I20-->H0,9	H0,9-->O0
										bias-->O0

Determinação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS)

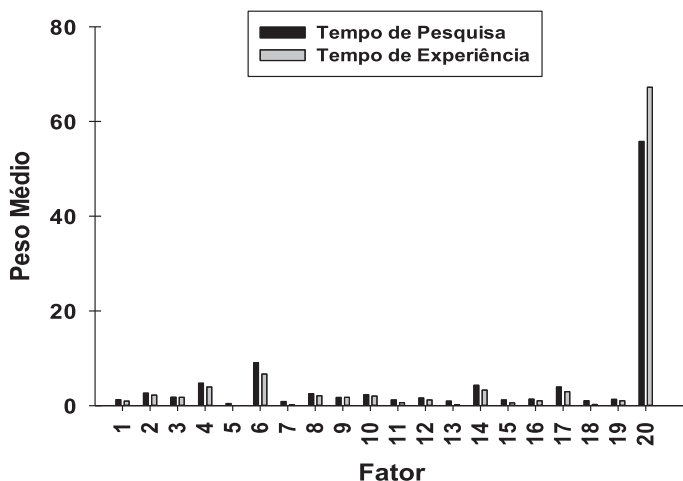
Considerando que a metrificac o organizacional tem o intuito de aperfeiçoar, desenvolver ou extirpar fatores que prejudicam ou dificultam o sucesso das organiza es, faz-se necessária a compreensão de quais fatores estamos considerando, quais recursos estamos analisando e sob qual olhar quer-se entender a conjectura analisada.   fundamental compreender o que deve ser analisado, porque quer se medir, o que se pretende mensurar, quem quer medir e quais a es serão geradas do material proveniente da

mensuração.

Desta forma foram selecionadas 100 (cem) redes sempre buscando as redes que melhor se caracterizavam nos parâmetros estatísticos, como já mostrado, e com isso podemos determinar os Fatores que representam maior impacto, na percepção dos respondentes, no Gerenciamento de Projetos na Indústria da Construção.

Com relação a isso, verificamos que conforme a figura 38, onde foram considerados os tempos de pesquisa e de experiência, respectivamente, verificamos que o Fator 20 aparece prioritariamente nas duas interpretações, demonstrando que para os respondentes foi incontestavelmente o fator com maior impacto para o Gerenciamento de Projetos na Construção civil.

Figura 38: Gráfico dos pesos médios dos fatores considerando o Tempo de Pesquisa e de Experiência



Após a classificação dos fatores em ordem decrescente (Tabela 11), em cada processamento, verificamos que o Fator nº 20 que salienta a “Inspeção irrealista e os métodos de ensaio propostos no contrato” foi o que mais se destacou, considerando o TE e o TP ficando com pesos médios de 67, 24 e 55, 79, respectivamente, em 100 redes como o fator que mais impacta no Gerenciamento de Projetos, e fator 7 com 6, 66 em 2º lugar, seguido pelos fatores 18 e 1 com pesos de 3, 94 e 3, 28, respectivamente considerando o TE e os fatores 6, 4 e 14 com pesos médios de 9, 05, 4, 73 e 4, 30, respectivamente considerando o TE.

Tabela 11: Número de Pesos Médios dos FCS em ordem decrescente considerando os Tempos de Experiência e Pesquisa

TE		TP	
Fator	Peso Médio	Fator	Peso Médio
20	67,24	20	55,79
7	6,66	6	9,05
18	3,94	4	4,73
1	3,28	14	4,30
14	2,96	17	3,93
10	2,22	2	2,63
3	2,09	8	2,50
4	2,03	10	2,31
5	1,76	3	1,77
16	1,75	9	1,73
8	1,21	12	1,62
9	1,03	16	1,36
2	1,03	19	1,32
15	0,95	1	1,26
19	0,61	11	1,21
13	0,57	15	1,20
17	0,23	18	1,02
6	0,21	13	0,96
12	0,20	7	0,87
11	0,03	5	0,44

O TE está diretamente relacionado com a experiência do gerente de projetos que é um fator crítico de grande peso para garantia do sucesso à medida que auferir se o gerente possui a bagagem necessária para enfrentar situações críticas encontradas no projeto, sendo que a experiência do gerente pode afetar a percepção da importância de aspectos que influenciam no ambiente de trabalho.

Desta forma fica claro que a delimitação tanto do conteúdo do escopo e esclarecimento dos objetivos principais acaba por fortalecer o vínculo do participante do projeto com seu comprometimento. O conhecimento do que deve ser feito contribui para motivar ou desmotivar a equipe podendo trazer resultados mais expressivos em termos de desempenho.

O FCS que mais apareceu de acordo com o tempo de experiência e tempo de pesquisa na área condiz com o encontrado por Kog *et al.* (2012) que determinaram que os mecanismos de incentivo no contrato com os

fornecedores, obrigações realistas, motivações e incentivos contratuais estão entre os dez mais importantes fatores críticos de sucesso em projetos de Construção civil.

Estes resultados aqui obtidos corroboram com os encontrados por Constantino et al (2015) que desenvolveram, através de RNA um sistema de suporte à decisão para prever o desempenho do projeto para qualquer conjunto de FCS, classificando-o em relação ao nível de risco como projetos bem-sucedidos e mal sucedidos e também por Waziri *et al.* (2017) no uso de Redes neurais artificiais em Engenharia de Construção e Gestão, que concluíram a possibilidade de encontrar aplicações bem sucedidas de RNAs na predição de custos, otimização e programação, avaliação de riscos, resultados de resolução de reclamações e fazer. Observou-se que as RNAs foram aplicadas a problemas de difícil solução com os tradicionais recursos matemáticos e Métodos estatísticos. A integração da RNA com outros métodos de computação soft como o Algoritmo Genético, Fuzzy Logic, Ant Colony Otimização, Colônia de Abelhas Artificiais e Otimização de Enxames de Partículas também foram exploradas, o que geralmente indica melhores resultados quando comparado com as RNAs convencionais. O estudo fornece reputação abrangente de RNA em engenharia de construção e gestão para aplicação em diferentes áreas para melhor precisão e previsões confiáveis.

Asgari *et al.* (2017) ao estudarem os Fatores Críticos de Sucesso que afetam os projetos com o uso de RNA na indústria macro da energia da Construção civil determinaram dez indicadores de sucesso do projeto divididos em cinco categorias (financeiro, processos de interação, mão de obra, configurações do contrato e característica do projeto). Depois de treinar a RNA, o modelo de sucesso do projeto foi fornecida tendo os fatores “Inserção de compromissos realistas”, “descrição de serviços”, propósitos especificados no contrato” e “Competência profissional do gerente de projetos” como os que mais afetam o sucesso dos projetos na área de energia.

De acordo com as argumentações transcorridas podemos observar que esta pesquisa tem relevância do ponto de vista socioeconômico pois à medida que avanços nos estudos podem acarretar melhorias na gestão de projetos da ICC, sendo um dos setores que apresentam grande relevância no PIB brasileiro; tem relevância do ponto de vista empresarial pois quando nota-se que os estudos da área de gerenciamento de projetos permitirá um avanço gerencial resultando em uma sugestão de aprimoramento das práticas de gestão, sobretudo no desenvolvimento destes gerentes de projeto de Construção civil e relevância do ponto de vista científico pois não há ainda consenso na literatura sobre FCS em gerenciamento de projetos na construção civil segundo levantamento bibliográfico elaborado nesta pesquisa.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso de RNAs considerando que todo o processo foi baseado em percepções dos profissionais envolvidos em pesquisa em projetos, relacionada a um modelo formal deve ser considerada de maneira multidimensional, de acordo com as associações que compõem a rede sociotécnica em que o modelo participa e que emaranha constitutivamente elementos humanos (ou sociais) com artefatos formais (ou técnicos). Não devem ser consideradas como um atributo da interpretação e da ação humanas isoladamente, nem como uma característica inerente aos modelos de projeto.

Estas percepções devem ser vistas, como uma propriedade emergente de cada uma das múltiplas dimensões das complexas atividades que envolvem a elaboração, execução e condução das atividades em torno de um modelo de processo e das efetivas práticas dessa rede.

A busca inicial de referências forneceu elementos consistentes de artigos dos mais diversos da Construção civil, que proporcionaram uma visão mais abrangente do estado da arte de Gerenciamento de Projetos, FCS e RNA, podendo assim consolidar a expectativa deste trabalho.

A seleção de fatores críticos já consolidados na bibliografia propiciou a construção, formulação e aplicação do questionário, que atingiu seu objetivo de fornecer subsídios para a análise do trabalho.

Com a caracterização dos respondentes pode-se determinar que os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, foram os que forneceram o maior número de questionários, onde os Tempos de Experiência na Construção civil e os Tempos de Pesquisa em Gerenciamento de Projetos, foram utilizados para a comparação e validação do modelo.

O método de classificação pelo Índice de Importância Relativa (RII) fornecido por Lim e Alum, 1995; Enshassi et al, 2007; Jarkas e Bitar, 2012 e El-Gohary e Aziz, 2013, proporcionou uma matriz válida e consistente para a utilização no processamento das RNA.

O algoritmo Resilient Propagation demonstrou ser eficaz, a partir dos Tempos de Experiência na Construção civil e dos Tempos de Pesquisa em Gerenciamento de Projetos, no treinamento das RNAs, pois forneceu uma matriz de pesos consistentes para a aplicação do Algoritmo de Garson.

O modelo descrito por 3000 ciclos e 4000 ciclos, 100 redes e 10 camadas ocultas com os FCS descritos foi constatado que a “inspeção irrealista e métodos de ensaio propostos no contrato” representada pelo Fator 20 é o que mais impacta o gerenciamento de projetos na Indústria da Construção civil.

Os resultados obtidos após o treinamento com as RNA permitiram concluir que a utilização das RNAs é uma ferramenta eficaz na estimativa de funções não lineares.

O uso do *software* simulador de Redes Neurais Artificiais utilizado,

o *NEURO4*, é de fácil manuseio, requerendo maiores cuidados somente no tratamento dos dados de entrada, e dispondo de interface amigável com o operador.

A utilização de RNAs, produziu subsídios para se conhecer a relevância das variáveis de entrada adotadas, através de posterior uso do método Garson, onde este se mostrou uma importante ferramenta de classificação de variáveis não lineares. Onde a importância das variáveis associadas aos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) usadas conjuntamente foi aqui confirmada.

Com a proximidade dos resultados obtidos nos dois processamentos onde foram considerados os Tempos de Pesquisa e Experiência percebemos que a validação é verificada, contudo futuros trabalhos nesta linha deverão aplicar a visão multidimensional do projeto para análise de outras percepções de FCS em projetos, de modo a ampliar esta validação dos resultados aqui obtidos.

A compreensão multidimensional das percepções dos FCS nos projetos na ICC, proposta neste artigo pode, portanto, ser de grande valia para lidar com a delicada questão de como obter uma melhor visão dos fatores que impactam na prática dos processos nas atividades envolvidas. Para melhor entender a questão em um projeto particular de modelagem do processo, deve-se, realizar uma análise dos fatores impactantes em cada situação envolvidas de modo a discernir as consequências das relações estabelecidas pelas suas diferentes percepções constituintes e identificar quais são as dimensões de atividades e fatores relevantes para o projeto.

A análise aqui empreendida oferecerem uma base para uma definição mais consciente e minuciosa de estratégias para obter o Sucesso em projetos da Indústria da Construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOURIZK, S. M.; WALES, R. J. **Incorporating weather effects in project simulation**. In: COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 5., 1993. New York. Proceedings... New York: ASCE, p. 1190-1197, 1993.

ABOURIZK, S.; KNOWLES, P.; HERMANN, U. **Estimating labor productivity rates for industrial construction activities**. Journal of Construction Engineering and Management. v.127, n.6, p. 502-511, 2001.

ABRAHAM, G. **Identification of Critical Success Factors for Construction Organizations in the Architectural/Engineering/Construction (A/E/C) Industry**, Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA. 2002.

ADELI, H.; KARIM, A. Fuzzy-wavelet RBFNN model for freeway incident detection. **Journal of Transportation Engineering**, New York, v.126, n.6, p.464-471, 2000.

AGUIAR, B.; CORREIA, W.; CAMPOS, F. Uso da Escala Likert na Análise de Jogos. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GAMES (SBGAMES), 10., 2011, [s.l.]. **Anais...** [s.l.], 2011. p. 1-5.

ALEXANDRE, J. W. C. *et al.* Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: [s.l.], 2003.

ALIAS, M.; RAND, D.; RAMASAMY, G. Study on Factors Affecting the Performance of Construction Projects and Developing a Cost Prediction Model Using ANN, **International Journal of Earth Sciences and Engineering** ISSN 0974-5904, Vol. 08, No. 05, October, pp. 2189-2194, 2015.

ALMAJED, A.I.; MAYHEW, P. An empirical investigation of IT project success in developing countries. **Science and Information Conference (SAI)**, p. 984-990, 2014.

ALVES, R. O. **Melhores práticas em implantação de escritório de gerenciamento de projetos**. Dissertação apresentada ao curso de mestrado em engenharia de produção da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.

AL-ZWAINY FAIQ, M. S. The Use of Artificial Neural Networks for Productivity Estimation of finishing Stone works for Building Projects. **Journal of Engineering and Development**. 16(2): 42-60, 2012.

AMARAL, L. A. M. do. **PRAXIS: Um Referencial para o Planejamento de Sistemas de Informação**. Universidade do Minho, 1994.

ANKIREDDI, S.; YANG, H.T.Y. Neural networks for sensor fault correction in structural control. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.125, n.9, p.1056-1064, 1999.

APANAVICIENE, R.; JUODIS, A. Construction projects management effectiveness modelling with neural networks. **Journal of Civil Engineering and Management**, 9(1), p.59- 67, 2003.

APPOLINÁRIO, F.; ATLAS, (Ed.) **Dicionário de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

AQUERE, A. L. **Célula de Projectos: a organização celular do processo de projecto de edifícios**. Tese, Universidade do Minho, Portugal, 2010

APANAVICIENE, R.; DAUGELIENE, A. New Classification of Construction Companies: Overhead Costs Aspect. **Journal of Civil Engineering and Management**, 17(4), p. 457-466, 2011.

ARAMAYO, J. L. S. **Modelagem do desempenho ambiental dos projetos de exploração e produção aplicando equações estruturais**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: UFRN, 2013.

ASGARI, M.; KHEYRODDIN A.; NADERPOUR, H. A Proposal Model for Estimation of Project Success in Terms of Radial Based Neural Networks: A Case Study in Iran. **Civil Engineering Journal**, Vol. 3, No. 10, October 2017.

ASGARI, H.; ODESHI, A.; HOSSEINKHANI, K.; MOHAMMADI, M. (2018). **On dynamic mechanical behavior of additively manufactured AlSi10Mg_200C**. *Materials Letters*, 211, 187–190.

ASSAF, S. A.; KHALIL, M.; M. AL-HAZMI. Causes of delay in large building construction projects. **Journal of Management and Engineering**, 11(2), p.45-50, 1995.

ATKINSON, R. Project management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it's time to accept other success criteria. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 6, p. 337–342, 1999.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. PhD Thesis–Faculty of Engineering, The University of Birmingham. Birmingham, 2000.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Economia Bancária – 2017**. Brasília. 132p. Disponível em: www.bcb.gov.br/content/publicacoes/relatorioeconomiabancaria/REB_2017.pdf.

BARNES, M.; WEARNE, S. The Future for Major Projects Management. **International Journal of Project Management**, v. 11, n. 3, p. 135-142. DOI: 10.1016/0263-7863(93)90046-P. 1993.

BARAK, M.; RAZ, T. Contribution of Quality Management Tools and Practices to Project Management Performance. **International Journal of Quality e Reliability Management**, Vol. 17, Nº 4/5, p. 571-83, 2000.

BARROS, V. P. A. **Avaliação do Desempenho de Algoritmos de retropropagação com redes neurais artificiais para a resolução de problemas não lineares**. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Diretoria de pesquisa e pós-graduação em ciência da computação. Ponta Grossa. 135p.2018.

BELASSI, W.; TUKEL, O. I. A new framework for determining critical success/failure factors in projects. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 3, p. 141-51, 1996.

BERNARDI, A. C. de C.; RODRIGUES, A. de A.; MENDONÇA, F. C.; TUPY, O.; JUNIOR, W. B.; PRIMAVESI, O. Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste. **Gest. Prod.** Vol. 17. No. 2. São Carlos, 2010.

BEIU, V.; QUINTANA, J. M.; AVEDILLO, M. J. Vlsi implementation of threshold logic-a comprehensive survey. **IEEE Transactions on Neural Networks**, 14(5): p.1217–1243, 2003.

BINOTI, M. L. M. da. S. **Emprego de Rede Neurais Artificiais em Mensuração e**

Manejo Florestal. Tese. 130 p. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.

BITENCOURT, C. C. Gestão de Competências e Aprendizagem nas Organizações. 3ª. Edição. Porto Alegre/RS: Ed. Unisinos, 2005.

BIONDI, L.; GOMES, E.; MELLO, J.; MEZA L. Redes Neurais Artificiais para Estimativa de Custos de Construção civil. **VII Simpósio de Pesquisa Operacional de Logística da Marinha.** Rio de Janeiro, 2004.

BIRIKUNDAVYI, S.; LABIB, R.; TRUNG, H.T.; ROUSSELLE, J. Performance of neural networks in daily streamflow forecasting. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v.7, n.5, p.392-398, 2002.

BLANNING, R. W. Response to michel, kleijnen and permut. **Interfaces**, vol. 5, n. 3, p. 24–25.1975.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Construção civil no Brasil: investimentos e desafios.** Disponível em: www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/liv_perspectivas/09_Perspectivas_do_Investimento_2010_13_CONSTRUCAO_CIVIL.pdf. Acesso em 28 jan 2016.

BOYNTON, A. C.; ZMUD, R. W. An Assessment of Critical Success Factors. **Sloan Management Review.** Cambridge, v.2, 1984.

BROAD, D. R.; DANDY, G. C.; MAIER, H. R. Water distribution system optimization using metamodels. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, v.131, n.3, p.172- 180, 2005.

BRYDE, D. J. Modeling Project Management Performance. **International Journal of Quality e Reliability Management**, v. 20, n. 2, p. 229-254, 2003.

BULLEN, C. V.; ROCKART, J. F. **A primer on critical success factors.** Massachusetts: Center for Information Systems Research, Sloan School of Management, MIT, v. 69, 1981.

BOWEN, P.A.; CATTEL, K. S.; HALL, K. A.; EDWARDS, P. J.; PEARL, R. G. Perceptions of Time, Cost and Quality Management on Building Projects. Australasian. **Journal of Construction Economics and Building**, 2(2), p. 48–56, 2012.

CARLI, P. C. de; DELAMARO, M. C.; SALOMON, V. A. P. Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital. **Prod.** Vol. 20. No. 4. São Paulo. Oct./Dec., 2010.

CARVALHO, J. S. S. Fatores Críticos de Sucesso na Implementação de Sistemas de Gestão de Conhecimento. **Knowledge Management.** Universidade Portucalense Infante D. Henrique, 2008.

CARVALHO, M. M. **Qualidade em Projeto.** In: AMATO NETO, J. (Org.). Manufatura

classe mundial: conceitos, estratégias e aplicações. São Paulo, p. 131-145 .2001.

CARVALHO, M.; RABECHINI JR, R. Construindo Competências para Gerenciar Projetos. São Paulo: Atlas, 2008.

CARVALHO, M.; RABECHINI JR, R. Impact of risk management on project performance: the importance of soft skills. **International Journal of Production Research**, 53(2), 1-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.919423>.2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: www.cbic.org.br. Acesso em: 06 jan de 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Disponível em www.cbicdados.com.br/menu/home/pib-2015. Acesso em: 30 de julho de 2017.

CASAROTTO, F.; FAVERO, N.; CASTRO, J. S. Gerência de Projetos e Engenharia Simultânea 2ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2009.

CHAN, A.P.; SCOTT, D. Factors affecting the success of a construction project. **Journal of construction engineering and management**. 130: p.153-155, 2004.

CHAO, L. C.; SKIBNIEWSKI, M. J. Estimating construction productivity: Neuralnetwork-based approach. **Journal of Computing in Civil Engineering**. v. 8, n. 2, p. 234-251, 1994.

CHEN, Q.; ZHAO, J.; LIU, M.; CAI, J.; LIU, J. Determination of total polyphenols content in green tea using FTNIR spectroscopy and different PLS algorithms. **J Pharm Biomed Anal**, 46(3), 568-573, 2008.

CHENG, X. W.; KUZUYA, M.; KANDA, S.; MAEDA, K.; SASAKI, T.; WANG, Q. L.; MORI N. T., SHIBATA, T.; IGUCHI, A. N., Epigallocatechin-3-gallate binding to MMP-2 inhibits gelatinolytic activity without influencing the attachment to extracellular matrix proteins but enhances MMP-2 binding to TIMP-2. **Archives of biochemistry and biophysics**, New York, v. 415, n. 1, p. 126-32, 2003.

CHIOCCHIO, F. Project Team Performance: A Study of Electronic Task and Coordination Communication. **Project Management Journal**, March, Vol. 38, N° 1, 2007.

CHUA, D. K. H.; KONG, Y. C.; LOH, P. K. Critical success factors for different project objectives. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 3, p. 142-150. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:3\(142\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:3(142)). 1999.

CHUA, D. K. H.; LOH, P. K.; KONG, Y. C.; JASELSKIS, E. J. Neural networks for construction project success. **Expert Systems with Applications**. Volume 13, Issue 4, November 1997, Pages 317-328. 1997

CLARK, A. A Practical Use of Key Success Factors to Improve the Effectiveness of Project Management. **International Journal of Project Management**, June, Vol. 17, Issue 3, p. 139-141, 1999.

COLAUTO, D. R.; GONÇALVES, M. C.; BEUREN, M. I.; SANTOS, N. Os Fatores Críticos de Sucesso como Suporte ao Sistema de Inteligência Competitiva: O Caso de uma Empresa Brasileira. **Revista de Administração Mackenzie**, Ano 5, n.2, p. 119-146, 2004.

COOKE-DAVIES, T. The “real” success factors on projects. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 3, p. 185-190, 2002.

CONSTANTINO, F.; DI GRAVIO, G.; NONINO, F. Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 8, p. 1744-1754, 2015.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. Research methods in education. Routledge, Ed., **British Journal of Educational Studies** (Vol. 55), 2007.

CORRÊA, L. G. **Memória Associativa em Redes Neurais Realimentadas**. 2004. 119p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches**. Thousand Oaks, Sage Publications, 2nd ed, 2003.

CUNHA, L. M. da. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. 78 f. 2007. Dissertação – Mestrado em Probabilidades e Estatística. Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2007.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. (2013). Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **Revista Gestão Organizacional**, 6(3), 161–174.

DeWit, A. Measurement of project success. **International Journal of Project Management**, v.6, n. 3, p. 164-170, 1988.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (2013). **Decisão Rio – Investimentos 2014/2016**. Acesso em jul. 2015.

DIDENKO, I.; KONOVS, I. **Success Factors in Construction Projects: A Study of Housing Projects in Ukraine**. Umea University, 2008.

DVIR, D.; LIPOVETSKYA, S., A.; SHENHAR, B, A.; TISHLER, C. In search of project classification: a non-universal approach to project success factors. **Research Policy**, Amsterdam, v. 27, n. 9, p. 915–935, Dec. 1998.

DIAS, F. **Gerenciamento dos Riscos em Projetos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Elsevier, 2014.

DIDRAGA, O. The Role and the Effects of Risk Management in IT Projects Success. **Informatica Economica**, p.86-98, 2013.

DOMER, B.; FEST, E.; LALIT, V.; SMITH, I. F. C. Combining dynamic relaxation method with artificial neural networks to enhance simulation of tensegrity structures. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.129, n.5, p.672-681, 2003.

DOLOI, H. Cost overruns and failure in project management - understanding the roles of key stakeholders in construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943- 7862.0000621, 2012.

DORNYEI, Z. **Teaching and researching motivation**. Harlow: Longman, 2001b.

DUFFY, P. J.; THOMAS, R. D. Project Performance Auditing. **International Journal of Project Management**, May, Vol. 7, Issue 2, p. 101-104, 1989.

ENGWALL, M.; JERBRANT, A. The Resource Allocation Syndrome: The Prime Challenge of Multi-Project Management? **International Journal of Project Management**, Vol. 21, p. 403-409, 2003.

ELWAKIL, E.; AMMAR, M.; ZAYED, T.; MAHMOUD, M.; EWEDA, A.; MASHOUR, I. **Investigation and modeling of critical success factors in construction organizations**. Construction Research Congress. 2009.

FAGHRI, M.; HUA, J. Roadway seasonal classification using neural networks. **Journal of Computing in Civil Engineering**, New York, v.9, n.4, p. 209-215, 1995.

FARIDI, A. S.; EL-SAYEGH, S. M. Significant factors causing delay in the UAE construction industry. **Construction Management Economics**, 24(11), p. 1167-1176, 2006.

FERRÃO, M. F. Espectroscopia no infravermelho por reflexão total atenuada horizontal (HART) aplicada na identificação de óleos vegetais comerciais. **Tecnológica**, 2005.

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, p. 214, 1988.

FORTUNE, J.; WHITE, D. Framing of project critical success factors by a systems model. **International Journal of Project Management**, Guildford, v. 24, n. 1, p. 53–65, Jan. 2006.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. London: Sage, 2005.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2017). **Cadeia Produtiva da Construção**. Acesso em: 15 jan 2019.

FLORES, F. **Management and communication in the office of the future**. PhD Dissertation, University of California at Berkeley, 1982.

FOSTER, N.; ROCKART, J. **Critical Success Factors: An Annotated Bibliography**. Working Paper n. ° 191. Center for Information Systems Research, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 1989.

FORTIN, M. F. **O processo de investigação - da concepção à realização.** Lusodidacta Ed., 2000.

FRANÇA, D. C. de. **Modelagem de um Adaptive Neuro Fuzzy Inference System para análise de risco em projetos.** Dissertação – Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia. Programa de pós-graduação em Engenharia de produção. 103p. 2016.

FREITAG, A. E. B. **Fatores críticos de sucesso para adoção da gestão enxuta pela indústria da Construção civil do Estado do Rio de Janeiro.** Niterói, 2015.

FREIXO, M. J. V. **Metodologia científica - fundamentos, métodos e técnicas.** Ed. I. Piaget, 4ª ed., 2013.

FOUCQUIER, A. *et al.* State of the art in building modeling and energy performances prediction: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 272-288. 2013.

FUTRELL, C. **Sales Management – Teamwork, leadership, and technology.** 6ª Edição, Harcourt College Publishers. Chicago, 2001

GAMBÔA, F. A. R.; CAPUTO, M.; BRESCIANI FILHO, E. Método para gestão de riscos em implementações de sistemas ERP baseado em fatores críticos de sucesso. **Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação – TECSI.** São Paulo: FEAUSP, v. 1, n. 1, 2004.

GARSON, D.G. Interpreting neural-network connection weights. **AI Expert**, n.6, v.4, p.47-51, 1991.

GHANBARIPOUR, A. N.; LANGSTON, C.; YOUSEFI, A. Implementation of 3D Integration Model for Project Delivery Success: Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2017.

GROSSBERG, S. How does a brain build a cognitive code? **Psychological Review**, v. 87, p.1-51, 1980.

GUDIENE, N.; BANAITIS, A.; PODVEZKO, V.; BANAITIENE, N. Identification and evaluation of the critical success factors for construction projects in Lithuania: AHP approach. **Journal of Civil Engineering and Management**, p.350-59, 2014.

HAGAN, M. T.; MENHAJ, M. Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. **IEEE Transactions on Neural Networks**, Vol. 5, p. 989-993, 1994.

HAIJ-ALI, R.; PECKNOLD, D. A.; GHABOUSSI, J.; VOYIADJIS, G. Z. Simulated micromechanical models using artificial neural networks. **Journal of Engineering Mechanics**, New York, v.127, n.7, p.730-738, 2001.

HAIR, J. F. JR. *et al.* **Multivariate data analysis.** New Jersey: Prentice Hall, 1998.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HAYES, B. E. **Measuring Customer Satisfaction: Survey design, use, and statistical analysis methods**. Milwaukee, Wisconsin: ASQC Quality Press, 1998.

HEBB, D. O. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory. **Science Editions Inc.**, 1949.

HERA, A.; HOU, Z. Application of wavelet approach for ASCE structural health monitoring benchmark studies. **Journal of Engineering Mechanics**, New York, v.130, n.1, p.96-104, 2004.

HODGKIN, A. F.; HUXLEY, A. L. A quantitative description of membrane current and its application to conduction in nerve. **Journal of Physiology**, v.117, p. 500–544, 1952.

HOLOPHAN, J. Use of Executive Information System in Measuring Business Performance. **Journal of Information Technology**, 7(3), p. 177-86, 1992.

HÖLZING, J. Die Kano-Theorie der Kundenzufriedenheitsmessung: Eine theoretische und empirische Überprüfung. **Wiesbaden**, Fachverlage GmbH, 2008.

HOPFIELD, J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 79, p. 2554- 2558, USA, 1982.

HORNBY, A. S. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English. Oxford: Oxford University Press.2011.

HYVÄRI, I. Project Management Effectiveness in Project-Oriented Business Organizations. **International Journal of Project Management**, April, Vol. 24, Issue 3, p. 185-276, 2006.

IBERT, O. Projects and firms as discordant complements: Organisational learning in the Munich software ecology. **Research Policy**, 33, 1529-1546. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2004.08.010>. 2004.

IBGE. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html. Acesso em: 19 jan. 2019

ISIK, Z.; ARDITI, D.; BIRGONUL, M. T. Impact of Resources and Strategies on Construction Company Performance. **Journal of Management in Engineering**, v. 26, n. 1, p. 9-18, 2010.

JARDIM, C. P. G.; SALGADO JÚNIOR, A. P.; PACAGNELLA JÚNIOR, A. C.; BERALDO, C. G. L. Identificação e análise de Fatores Críticos de sucesso em Projetos de Inovação Tecnológica. **Iberoamerican Journal of Project Management (IJoPM)**. ISSN 2346-9161. Vol.5, No.2, A.I., pp.70-95. 2014.

JENG, D. S.; CHA, D. H. Effects of dynamic soil behaviour and wave non-linearity on the wave-induced pore pressure and effective stresses in porous seabed. **Ocean Eng** 30(16): p. 2065–2089, 2003.

JIMÉNEZ, M. J. *et al.* **Data analysis methods for building energy performance characterization: context and CIEMAT experiences in applications to test campaigns in warm sunny weather.** Workshop on High Performance Buildings - Design and Evaluation Methodologies. Brussels Institute for Energy and Transportation - European Commission, 2013. 12 p.

JORDÃO, R. V. D.; PELEGRINI, F. G.; JORDÃO, A. C. T.; JEUNON, E. Fatores críticos na gestão de projetos: um estudo de caso numa grande empresa latino-americana de classe mundial. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 280-294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1091-13>. 2015.

JUGDEV, K.; MULLER, R. A retrospective look at our evolving understanding of project success. **Project Management Journal**, 36(4), p. 19–31, 2005.

JUNG, B. S.; KARNEY, B. W. Hydraulic optimization of transient protection devices using GA and PSO approaches. **J. of Water Resources Planning and Management**, New York, v.132, n.1, p.44-52, 2006.

KALOGIROU, S. A. Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.5, n.4, p.373-401. 2001.

KARSHENAS, S.; FENG, X. Application of neural networks in earthmoving equipment production estimating. In: Computing in Civil Engineering and Geographic Information systems, 8, New York. **Proceedings...** New York: ASCE, 1992. p. 841-847, 1992.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos**. 2ª. Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

KERZNER, H. **Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. New York: John Wiley & Sons. 2013.

KING, N. C. O. **Desenvolvimento de um processo para análise da Produtividade Sistêmica**. Curitiba: PUC – PR, 2007.

KISI, O. River flow modeling using artificial neural networks. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v.9, n.32, p.60-63, 2004.

KIKUTI, K. **Fatores Críticos de Sucesso em Projetos Internacionais da Construção Civil**. Dissertação. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Departamento de Administração. Mestrado em Empreendedorismo. 108p, 2016.

KOG, Y. C.; LOH, P. K. Critical Success Factors for Different Components of Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 138, No. 4, 2012.

KOHONEN, T. Self-organized formation of topologically correct of feature maps. **Biological Cybernetics**, v. 22, p. 159-168, 1982.

KNOWLES, R. P. **Predicting construction labour productivity using neural networks**. Dissertação (Mestrado) – Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alberta, Alberta, 1997.

KOVÁCS, Z. L. **Redes neurais artificiais - fundamentos e aplicações**. São Paulo: Acadêmica, 1996.

KUMAR, C. C. P. C.; WOLF, C. Assessing Project Quality. *Transactions of the American Association of Cost Engineers*, Vol. 2, 1992.

KUMARASWAMY, M. M.; CHAN, D. W. M. Contributors to construction delays, **Construction Management and Economics**, 16, p. 17-29, 1998.

LAROS, J. A. O Uso da Análise Fatorial: Algumas Diretrizes para Pesquisadores. In book: Análise fatorial para pesquisadores Chapter: O uso da Análise Fatorial: Algumas diretrizes para pesquisadores. **Publisher: LabPAM Saber e Tecnologia**, Brasília – DF, 2012

LEITE, A. C. P. **Fatores Críticos de Sucesso em Projetos de Construção**. Escola Superior de Tecnologia e Gestão Politécnico do Porto. Dissertação. Felgueiras, 55p., 2018.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Arch Psychol.** 140: p.1-55. 1932.

LIM, C. S.; MOHAMED, Z. Criteria of Project Success: an exploratory re-examination. **International Journal of Project Management**, p.243-248, 1999.

LIM, C. S.; MOHAMED, M. Z. Criteria of project success: an exploratory re-examination. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 4, p. 243-248, 1999

LIMA, A. H. C. de. **Seleção de características de dados utilizando redes neurais artificiais**. Monografia de ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Sistemas de Informação para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação. Lavras, 2012.

LIMMER, C. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1997.

LOESCH, C.; SARI, S. T. **Redes neurais artificiais: fundamentos e modelos**. Blumenau: FURB, 1996.

LOPES, D. **Critérios de avaliação do desempenho de gerenciamento de projetos: uma abordagem de estudo de casos**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LORENZI, A.; SILVA, B. V.; BARBOSA, M. P.; SILVA FILHO, L. C. P. Aplicação de redes neurais artificiais na predição da aderência aço-concreto em ensaios do tipo pull-out. **IBRACON Structures and Materials Journal**, vol. 10, nº 5. p. 1051 – 1074.

LYER, K. C.; JHA, K. N. Factors affecting cost performance: evidence from Indian construction projects. **International Journal of Project Management**, 23, p. 283-295, 2005.

MADHOUSHI, M.; SADATI, A.; DELAVARI, H.; MEHDIVAND, M.; MIHANDOST, R. Entrepreneurial Orientation and Innovation Performance: The Mediating Role of Knowledge Management. **Asian Journal of Business Management**, v. 3, n. 4, p. 310–316, nov. 2011.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de mercado: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANTOVANI, B.; OLIVEIRA, J. P. N. de. Gestão e integração de projetos no setor da Construção civil. **Revista Eletrônica Eng Tech Science** ANO III, Vol. 04, N. 1. Jaboatão dos Guararapes: 2016.

MATOS, S.; LOPES, E. Prince2 or PMBOK – A Question of Choice. **Procedia Technology**, 9, p. 787–794, 2013.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, 5, p. 115-133, 1943.

MEDEIROS, M. **Gestão do conhecimento aplicada ao processo de projeto na Construção civil: estudos de caso em construtoras**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2012.

MELO, A. P. **Desenvolvimento de um método para estimar o consumo de energia de edificações comerciais através da aplicação de redes neurais**. Tese de doutorado – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MEHRDAD, M.; ABDOLRAHIM, S.; DELAVARI. Entrepreneurial Orientation and Innovation Performance: The Mediating Role of Knowledge Management. **Asian Journal of Business Management** 3(4): 310-316, 2011 ISSN: 2041-8755 pp.310-313. www.Emeralinsight.com., Journal of Business Venturing, 26(3), p, 341, 2011.

MEISEL, W. S.; COLLINS, D. C. Repro-Modeling: An Approach to Efficient Model Utilization and Interpretation. **IEEE Systems, Man and Cybernetics Society**, v. 3, n. 4, julho p. 349-358, 1973

MEREDITH, J. R.; MANTEL, S. J. Project Management a Managerial Approach. John Wiley e Sons. A inovatividade em indústria de alimentos: Estudo com médias e grandes empresas do Sul do Brasil (PDF Download Available). Availablefrom:https://www.researchgate.net/publication/271082738_A_inovatividade_em_industria_de_alimentos_Estudo_com_medias_e_grandes_empresas_do_Sul_do_Brasil [accessed

Oct 23 2017].2009.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em: michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php. Acesso em: 10 abr. 2017.

MINSKY, M.; PAPERT, S. Perceptrons: an introduction to computational geometry. **MIT Press, Massachusetts**. 1969.

MIRZA, M.N.; POURZOLFAGHAR, Z.; SHAHNAZARI, M. Significance of Scope in Project Success. **Procedia Technology**, p.722-29, 2013.

MORAES, R. O.; LAURINDO, F. J. B. Um estudo de caso de gestão de portfólio de projetos de tecnologia da informação. **Gestão e Produção**, v. 10, n. 3, p. 311-328, 2003.

MORI, L. M. de. **Sistema de Informação Gerencial para previsão de Produtividade do Trabalho na alvenaria de elevação**. Tese – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, 232p, 2008.

MORIOKA, S.; CARVALHO, M. M. Análise de fatores críticos de sucesso de projetos: um estudo de caso no setor varejista. **Produção**, 24(1), 132-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132013005000015>. 2014.

MORRIS, P. Reconstructing project management revisited: A knowledge perspective. **Project Management Journal**, 44(5), p. 6-23, 2013.

MOSCA, A.; MAGOULAS G. (2015) **Adapting Resilient Propagation for Deep Learning**.

MOSELHI, O.; HEGAZY, T.; FAZIO, P. Neural network as tool in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 117, n. 4, p. 606–623, 1991.

MOURA, D. A.; BOTTER, R. C. Análise da competitividade da indústria marítima brasileira: associação dos fatores críticos de sucesso com suas dimensões. **Produção**, 21(4), p. 594-609, 2011.

MÜLLER, R.; TURNER, J. R. Matching the project manager's leadership style to project type. **International Journal of Project Management**, 25(1), p. 21–32, 2007.

MULLER, R.; JUGDEV, K. Critical success factors in projects. **International Journal of Managing Projects in Business**.2012.

MUNNS, A.K.; BJEIRMI, B.F. The role of Project management in achieving Project success. **International Journal of Project Management**, 14 (2), p. 81-87, 1996.

MUSSA, R.; KWIGIZILE, V.; SELEKWA, M. Probabilistic neural networks application for vehicle classification. **Journal of Transportation Engineering**, New York, v.132, n.4, p.293-302, 2006.

NEELAKANTEN, T.R.; LINGIREDDY, S.; BRION, G.M. Effectiveness of different artificial neural network training algorithms in predicting protozoa risks in surface waters. **Journal of Environmental Engineering**, New York, v.128, n.6, 2002, p.533-542, 2002.

NETO, A. **Estratégia Competitiva: Análise de processos de formulação estratégicas dos bancos que atuam no Brasil em um contexto de globalização de mercados**. Tese – Doutorado em Administração. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

NFUKA, E. N.; RUSU, L. Critical success factors for effective IT governance in the public sector organizations in a developing country: the case of Tanzania. In: 18th EUROPEAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 18. **Anais...**, 2010.

NGUYEN, L. D.; OGUNLANA, S.O.; LAN, D. T. X. A study on project success factors in large construction projects in Vietnam. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 11, n. 6, p. 404-13.

NICHOLAS, J. M. Successful Project Management: A Force-field Analysis. **Journal of Systems Management**, Vol. 40, Nº 1, pp. 12-13.1989.

OMRAN, A.; ABDULBAGEI, M.; GEBRIL, A. An Evaluation of Critical Success Factors for Construction Project in Libya. **International Journal of Economic Behavior**, p.17-25, 2012.

PACAGNELLA JÚNIOR, A. C. **Identificação e análise de fatores críticos de sucesso em projetos de bens de capital com tipologia “Engineering-to-order”**. 2011. 207 f. Tese – Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PACKTER, L. **Neurociência: elementos de neurofisiologia farmacologia psiquiatria**. [s.l.] 2005. Disponível em: www.filosofia.com.br/disciplinas/Neurociências/Neurociências.html. Acesso em: 27 jul. 2005.

PAKSERESHT, A.; ASGARI, D. G. Determining the Critical Success Factors in Construction Projects: AHP Approach. **Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business**, 4(8), p. 383–393, 2012.

PASCHOAL, M.S. **Fatores Críticos de Sucesso: um estudo sobre sua influência no desempenho de projetos de Construção civil**. Dissertação. Universidade Metodista de Piracicaba. Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção. 85p. 2014.

PATAH, L. A.; CARVALHO, M. M.; Método de gestão de projetos e sucesso dos projetos: Um estudo quantitativo do relacionamento entre estes conceitos. **Revista de Gestão e Projetos - GeP**, São Paulo, v. 3, n. 2, p 178-206, mai./ago. 2012.

PINTO, J. K.; SLEVIN, D. P. Critical Success Factors Across the Project Life Cycle. **Project Management Journal**, 19, 67, 1988.

PINTO, J. K.; COVIN, J. G. Critical factors in project implementation: a comparison of construction and ReD projects. **Technovation**, 9, 49-62. 1989.

PINTO, J.; MANTEL, S. J. The cause of project failure. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 37(4), 269-276.

PINTO, A. **Estudo da percepção dos profissionais de engenharia e arquitetura quanto à importância do gerenciamento de projetos para a Construção Civil**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Fluminense, 2012.

PINTO, J.K.; WINCH, G. The unsettling of “settled science:” The past and future of the management of projects. **International Journal of Project Management** 34, p. 237–245, 2016.

PLANALTO – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/setor-da-construcao-civil-aposta-em-crescimento-e-geracao-de-empregos-com-mudancas-no-mcmv>. Acesso em 31 jul. 2017.

PMI. Project Management Body of Knowledge. Disponível em Acesso em: 2004.

PMI – PROJECT MANAGMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos – Guia PMBOK**. 6ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

POLITO, G. **Gerenciamento de projetos na Construção Civil predial – uma proposta de modelo de gestão integrada**. In: Palestra para PMI-SP, São Paulo, 2010

PORTAS, P.; ABOURIZK, S. Neural network model for estimating construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 123, n. 4, p. 399–410, 1997.

QUINTELLA, H. L. M. M.; ROCHA, H. M.; ALVES, M. Projetos de veículos automotores: fatores críticos de sucesso no lançamento. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da UFF**, Niterói, v5, n17, p.01-26, 2005.

RABECHINI JUNIOR, R. **Competências e maturidade em gestão de projetos: uma perspectiva estruturada**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2005.

RAM, J.; CORKINDALE, D. How “critical” are the critical success factors (CSFs)? Examining the role of CSFs for ERP. **Business Process Management Journal**, p.151-74, 2014.

RIBEIRO, A. J. A.; SILVA, C. A. U.; BARROSO, S. H. A. Metodologia de baixo custo para mapeamento geotécnico aplicado à pavimentação. **Revista Transportes**, ISSN: 2237-1346. Volume 26, Número 2, p 84-100, 2018.

RIBEIRO, P.; PAIVA, A.; VARAJÃO J.; DOMINGUEZ, C. Success Evaluation Factors in Construction Project Management – Some Evidence from Medium and Large

Companies. **Journal of Civil Engineering**, Vol. 17 N° 4, p. 603-609, 2013.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social, Métodos e Técnicas**. Ed. Atlas, 2ª Ed., São Paulo. 1989.

RIEDMILLER, M.; BRAUN, H. **A direct adaptive method for faster backpropagation learning: The rprop algorithm**. IEEE, p. 586–591, 1993.

ROBINSON, S. **Choosing the right model: Conceptual Modeling for simulation**. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, p. 1423-1435, 2011.

ROCKART, J. Chief executives define their own data needs. **Harvard Business Review**, v. 57, p. 81-83, 1979.

ROCKART, J. F. The changing role of the information systems executive: A critical success factors perspective. **Sloan School of Management**, p. 1–33, 1982.

ROSENBLATT, F. **The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain**. Psychol. Ver., 65, p. 386-408, 1958.

RUMELHART, D.; HINTON, G.; WILLIAMS, R. Learning Internal Representations by Error Propagation. In: **Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition - Vol. 1**. Cambridge: MIT Press, 1986.

RUNDELL, M. **Macmillan English Dictionary: For Advanced Learners of American English**. Oxford: Palgrave Macmillan.2005.

SAMBASIVAN, M.; SOON, Y. W. Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 5, p. 517–526, 2007.

SAMSET, K. **Project management in a high-uncertain situation**. Norwegian University of Science and Technology, 1998.

SANTOS, P. R.; SANTOS, M. R.; SHIBAO, F., Y. Comparação entre os padrões de gerenciamento de projetos PMBOK, ICB E PRINCE2. **Caderno de Administração**, Maringá, v.25, n.2, jul-dez./2017.

SANTOS, C. A. B.; FARIAS FILHO, J. R. Construção civil: um sistema de gestão baseada na logística e na produção enxuta. 2011. Disponível em: . Acesso em: 04 abr. 2018.

SANVIDO, V.; GROBLER, F.; PARIFF, K.; GUVENTS, M.; COYLE, M. Critical success factors for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 118 No. 1, p. 94-111, 1992.

SAQIB, M.; FAROOQUI, R. U.; LODI, S. H. **Assessment of Critical Success Factors for Construction Projects in Pakistan**. In First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I), p. 392–404, 2008.

SCHMIDT, W. C. World-Wide Web survey research: benefits, potential problems, and solutions. **Behavior Research Methods, Instruments e Computers**, 29(2), p. 274–279, 1997.

SCHWABER, K.; BEEDLE, M. (2002). **Agile Software Development with Scrum**. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

SEIXAS, T. S. **Fatores críticos de sucesso no processo de implementação de um Centro de Serviços Partilhados - Estudo de caso do Centro de Serviços Partilhados da BRF em Viena**. Universidade Autónoma de Lisboa, 2014.

SHENHAR, A. J.; DVIR, D. **Reinventing project management: The diamond approach to successful growth and innovation**. Boston: Harvard Business School Press, 2007.

SHENHAR, A. J.; DVIR, D.; LEVY, O.; MALTZ, A. C. Project Success: A Multidimensional Strategic Concept. **Long Range Planning**, Vol. 34, p. 699-725, 2001.

SILVA, A. N. R. D.; RAMOS, R. A. R.; SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S. R.; MENDES, J. F. **G.SIG: Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes - Uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério e redes neurais artificiais**. São Paulo: Ed. dos Autores. 2004. 227 p.

SILVA, D.; TERESO, A.; FERNANDES, G.; PINTO, J. Â. OPM3® Portugal Project: Analysis of Preliminary Results. **Procedia Technology**, 16, p. 1027–1036, 2014.

SILVA, I. N.; SPATTI, D. H.; FLAUZINO, R. A. **Redes neurais artificiais para engenharia e ciências aplicadas**. São Paulo: Artliber Editora. 2016.

SILVEIRA, G. A. **Fatores contribuintes para a maturidade em gerenciamento de projetos: Um estudo em empresas brasileiras**. Tese de Doutorado – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SINCLAIR, J. M. **Collins Concise Dictionary**. United Kingdom: HarperCollins. 2001.

SINHA, S.K.; MCKIM, R. A. Rede neural artificial para medir a eficácia organizacional. **ASCE Journal of Computing em Engenharia Civil**, 14 (1): p. 9-14, 2000.

SONMEZ, R.; ROWINGS, J. E. Construction labour productivity modeling with neural networks. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 124, n. 6, p. 498–504, 1998.

SOUZA, P. A. R. **Gestão de projetos: modelo para gestão e controle de custos de obras de construção civil**. Funchal: UMA, 2012.

SOUZA, E. S. P. **Modelo Matemático Neuro-Fuzzy para Subsidiar Avaliações de Construções sustentáveis: O caso do Maglev-Cobra**. Dissertação – Programa de

Pós-graduação em Engenharia Elétrica, COPPE. 193p. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016.

STEVENSON, A. **Oxford Dictionary of English**. Oxford: Oxford University Press, 2010.

TAM, C. M.; TONG, T. K. L.; TSE, S. L. Artificial neural networks model for predicting excavator productivity. Engineering, **Construction and Architectural Management**. v. 5, n. 6, p. 446–452, 2002.

TAN, D. J.; GHAZALI, M., 2011. Critical success factors for Malaysian contractors in international construction projects using analytical hierarchy process. In **International Conference on Engineering, Project, and Production Management EPPM**, 2011.

TIPPETT, L. H. C. **Random sampling numbers**. I. ed. London, 1927; 2. ed. London, 1952. Tract, of Computers, n. 15.

TOOR, S. R.; OGUNLANA, S.O. Critical COMs of success in large scale construction projects: evidence from Thailand construction industry. **International Journal of Project Management**. Vol. 26, p. 420-30, 2008.

TOOR, S. R.; OGUNLANA, S.O. Construction professionals' perception of critical success factors for large-scale construction projects. **Construction Innovation**, Vol. 9, Nº2 p. 149-167, 2009.

TREINTA, F. T.; FILHO, J. R. F.; SANT'ANNA, A. P.; RABELO, L. M., Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multimétrico de apoio à decisão. **The Standish Group, 2013. Chaos Manifesto. Tandish Group**. Prod. Vol. 24 nº 3. São Paulo July/Sept 2014. Epub Oct 01, 2013.

TSIGA, Z.; EMES, M.; SMITH, A. **Critical success factors for projects in the petroleum industry**. In The Second International Conference on Organizational Strategy, Business Models and Risk Management. Manchester, UK, 2016.

TSIGA, Z.; EMES, M.; SMITH, A. **Critical success factors for projects in the space sector**. Journal of Modern Project Management, p.57-63, 2016.

TUKEL, O. I.; ROM, W. O. **Empirical Investigation of Project Evaluation Criteria**. International Journal of Operations e Production Management, Vol. 21, Nº, p. 400-416, 2001.

VALENÇA, M. J. S.; LUDEMIR, T. B. **Explicando a relação entre as variáveis de uma rede neural: Iluminando a “Caixa Preta”**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 2007.

VARAJÃO, J.; DOMINGUEZ, C.; RIBEIRO, P.; PAIVA, A. Critical success aspects in project management: similarities and differences between the construction and software industry. **Tehnivcki vjesnik**, p.583-89, 2014.

VARGAS, R. **Gerenciamento de Projetos: Estabelecendo Diferenciais Competitivos**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

VARGAS, R. Aplicando Redes Neurais e Estimativas Análoga para determinar o orçamento de projetos. **PMI Global Congress 2015**. Orlando, 2015.

VAPNIK, V. N. **The Nature of Statistical Learning Theory**. Springer Verlag, 1995.

VEMULA, V. R. S.; MUJUMDAR, P. P.; GHOSH, S. **Risk evaluation in water quality management of a river system**. J. of Water Resources Planning and Management, Reston, v.130, n.5, p.411-423, 2004.

VERSTRAETE, T. Essai de Conceptualisation de la Notion de Facteur Clé de Succès et de Facteur Stratégique de Risque. **CLAEÉE – Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises**, URA. CNRS 936, 2000.

VERZUH, E. **MBA compacto, gestão de projetos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

VEZZONI, G.; PACAGNELLA, A. C. J.; BANZI, A. L. J.; SILVA, S. L. Identificação e análise dos fatores críticos de sucesso em projetos. **Revista Gestão e Projetos**, v. 4, n. 1, p 116-137, 2013.

WALL, A. **Previsão do clima dos dados do anel da árvore: uma comparação da regressão do forro e das metodologias da rede neural**. Tese de MS, The Pennsylvania State University, 1998.

WALTER, E. **Cambridge Advanced Learner's Dictionary**. United Kingdom: Cambridge University Press.2008.

WASSERMANN, P.D. **Neural Computing: Theory and Practice**. VanNostrand Reinhold, New York, N.Y. 1989

WATERIDGE, J. It Projects: A Basis for Success. **International Journal of Project Management**, Vol. 13, Nº3, p. 169-172, 1995.

WATERIDGE, J. How can IS/IT projects be measured for success? **International Journal of Project Management**, v. 16, n. 1, p. 59-63, 1998.

WAZIRI, B. S.; BALA, K.; BUSTANI, S. A. Artificial Neural Networks in Construction Engineering and Management. **International Journal of Architecture**, Engineering and Construction Vol 6, No 1, March 2017, 50-60

WERBOS, P. J. **Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences**. Master Thesis, Harvard University, 1974.

WESTERVELD, E. Project Excellence Model: linking success criteria and critical success factors. **International Journal of Project Management**, 21, Issue 6, August 2003.

WHITELEY, A. **Rigour in qualitative research: an occasional paper**. Unpublished paper presented at Doctoral Seminar, at the Graduate School of Business, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia.2002

WIDROW, B.; HOFF, M. E. **Adaptive Switching Circuits**. Ire Wescon Convention Record, New York, p. 96-104, 1960.

YANG, J. B.; PENG, S. C. Development of a Customer Satisfaction Evaluation Model for Construction Project Management. **Building and Environment**, v. 43, n. 4, p. 458-468, 2008.

YEH, I. C. Design of high-performance concrete mixture using neural networks and nonlinear programming. **Journal Computing in Civil Engineering**, Reston, v.13, n.1, p.36-42, 1999.

YI, W.; CHAN, A. P. Optimizing work-rest schedule for construction rebar workers in hot and humid environment. **Building and Environment** 61, p. 103-113, 2013.

YONG, Y.C.; MUSTAFFA, N.E. Critical success factors for Malaysian construction projects: an empirical assessment. **Construction Management and Economics**, p.959—978, 2013.

YU, R. F.; CHENG, W. P.; CHU, M. L. On-line monitoring of wastewater true color using digital image analysis and artificial neural network. **Journal of Environmental Engineering**, New York, v.131, n.1, p.71-79, 2005.

YU, J.; KWON H. Critical success factors for urban regeneration projects in Korea. **International Journal of Project Management**, Vol. 29, pg. 889-899, 2011.

ZAYED, T.; ELWAKIL, E.; AMMAR, M. A framework for performance assessment of organizations in the construction industry. **International Journal of Architecture, Engineering and Construction**. Vol 1, No 4, 199-212. December, 2012.

ZAYED, T., ELWAKIL, E. e AMMAR, M. A framework for performance assessment of organizations in construction industry. **International Journal of Architecture**. 2012.

ZHANG, Q.; STANLEY, S. J. Real-time water treatment process control with artificial neural networks. **Journal of Environmental Engineering**, New York, v.125, n.2, p.153-160, 1999.

ANEXO 1

Itens do checklist a serem incluídos no relato de revisão sistemática ou meta-análise

Seção/tópico	N.	ITEM DO CHECKLIST	Relatado na página nº
TÍTULO			
Título	1	Identifique o artigo como uma revisão sistemática, meta-análise, ou ambos.	
RESUMO			
Resumo estruturado	2	Apresente um resumo estruturado incluindo, se aplicável: referencial teórico; objetivos; fonte de dados; critérios de elegibilidade; participantes e intervenções; avaliação do estudo e síntese dos métodos; resultados; limitações; conclusões e implicações dos achados principais; número de registro da revisão sistemática.	
INTRODUÇÃO			
Racional	3	Descreva a justificativa da revisão no contexto do que já é conhecido.	
Objetivos	4	Apresente uma afirmação explícita sobre as questões abordadas com referência a participantes, intervenções, comparações, resultados e desenho de estudo (PICOS).	
MÉTODOS			
Protocolo e registro	5	Indique se existe um protocolo de revisão, se e onde pode ser acessado (ex. endereço eletrônico), e, se disponível, forneça informações sobre o registro da revisão, incluindo o número de registro.	

Seção/tópico	N.	ITEM DO CHECKLIST	Relatado na página nº
Critérios de elegibilidade	6	Especifique características do estudo (ex. PICOS, extensão do seguimento) e características dos relatos (ex. anos considerados, idioma, se é publicado) usadas como critérios de elegibilidade, apresentando justificativa.	
Fontes de informação	7	Descreva todas as fontes de informação na busca (ex. base de dados com datas de cobertura, contato com autores para identificação de estudos adicionais) e data da última busca.	
Busca	8	Apresente a estratégia completa de busca eletrônica para pelo menos uma base de dados, incluindo os limites utilizados, de forma que possa ser repetida.	
Seleção dos estudos	9	Apresente o processo de seleção dos estudos (isto é, busca, elegibilidade, os incluídos na revisão sistemática, e, se aplicável, os incluídos na meta-análise).	
Processo de coleta de dados	10	Descreva o método de extração de dados dos artigos (ex. formas para piloto, independente, em duplicata) e todos os processos para obtenção e confirmação de dados dos pesquisadores.	
Lista dos dados	11	Liste e defina todas as variáveis obtidas dos dados (ex. PICOS, fontes de financiamento) e quaisquer referências ou simplificações realizadas.	
Risco de viés em cada estudo	12	Descreva os métodos usados para avaliar o risco de viés em cada estudo (incluindo a especificação se foi feito durante o estudo ou no nível de resultados), e como esta informação foi usada na análise de dados.	
Medidas de sumarização	13	Defina as principais medidas de sumarização dos resultados (ex. risco relativo, diferença média).	

Seção/tópico	N.	ITEM DO CHECKLIST	Relatado na página nº
Síntese dos resultados	14	Descreva os métodos de análise dos dados e combinação de resultados dos estudos, se realizados, incluindo medidas de consistência (por exemplo, I2) para cada meta-análise.	
Risco de viés entre estudos	15	Especifique qualquer avaliação do risco de viés que possa influenciar a evidência cumulativa (ex. viés de publicação, relato seletivo nos estudos).	
Análises adicionais	16	Descreva métodos de análise adicional (ex. análise de sensibilidade ou análise de subgrupos, metarregressão), se realizados, indicando quais foram pré-especificados.	
RESULTADOS			
Seleção de estudos	17	Apresente números dos estudos rastreados, avaliados para elegibilidade e incluídos na revisão, razões para exclusão em cada estágio, preferencialmente por meio de gráfico de fluxo.	
Características dos estudos	18	Para cada estudo, apresente características para extração dos dados (ex. tamanho do estudo, PICOS, período de acompanhamento) e apresente as citações.	
Risco de viés em cada estudo	19	Apresente dados sobre o risco de viés em cada estudo e, se disponível, alguma avaliação em resultados (ver item 12).	
Resultados de estudos individuais	20	Para todos os resultados considerados (benefícios ou riscos), apresente para cada estudo: (a) sumário simples de dados para cada grupo de intervenção e (b) efeitos estimados e intervalos de confiança, preferencialmente por meio de gráficos de floresta.	

Seção/tópico	N.	ITEM DO CHECKLIST	Relatado na página nº
Síntese dos resultados	21	Apresente resultados para cada meta-análise feita, incluindo intervalos de confiança e medidas de consistência.	
Risco de viés entre estudos	22	Apresente resultados da avaliação de risco de viés entre os estudos (ver item 15).	
Análises adicionais	23	Apresente resultados de análises adicionais, se realizadas (ex. análise de sensibilidade ou subgrupos, metarregressão [ver item 16]).	
DISCUSSÃO			
Sumário da evidência	24	Sumarize os resultados principais, incluindo a força de evidência para cada resultado; considere sua relevância para grupos-chave (ex. profissionais da saúde, usuários e formuladores de políticas).	
Limitações	25	Discuta limitações no nível dos estudos e dos desfechos (ex. risco de viés) e no nível da revisão (ex. obtenção incompleta de pesquisas identificadas, viés de relato).	
Conclusões	26	Apresente a interpretação geral dos resultados no contexto de outras evidências e implicações para futuras pesquisas.	
FINANCIAMENTO			
Financiamento	27	Descreva fontes de financiamento para a revisão sistemática e outros suportes (ex.: suprimento de dados), papel dos financiadores na revisão sistemática.	

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem 17, 24, 40, 51, 55, 70, 81, 83, 86, 88, 99, 133

Acompanhamento 24, 50, 145

Administração 17, 23, 41, 56, 128, 132, 136, 138, 139

Algoritmo 12, 20, 22, 25, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 91, 94, 97, 99, 107, 112, 114, 116, 118, 121, 122, 125

Ambiente 17, 19, 23, 27, 46, 47, 49, 53, 56, 58, 59, 62, 63, 67, 98, 108, 120

Análise multivariada 69, 70

Aprendizado 34, 35, 41, 57, 77, 78, 91, 93, 94, 97

Aprimoramento 35, 121

B

Backward 92

Benchmarking 38, 49

Benefício 20, 26, 27, 30, 36, 37, 39, 40, 42, 45, 80, 145

C

Capacidade 15, 23, 24, 26, 42, 49, 50, 53, 70, 77, 78, 82, 88, 96, 111

Complexidade 17, 19, 33, 46, 49, 59, 94

Comunicação 23, 36, 45, 50, 56, 57, 59, 61, 65, 66, 111

Conhecimento 12, 17, 18, 23, 26, 28, 29, 35, 36, 42, 46, 47, 49, 60, 63, 66, 70, 71, 75, 78, 79, 82, 83, 86, 87, 89, 102, 109, 110, 120, 126, 134, 137

Construção civil 7, 12, 13, 15, 25, 46, 51, 80, 82, 85, 88, 89, 95, 99,

100, 101, 107, 110, 111, 119, 121, 123, 126, 127, 130, 132, 134, 136, 139, 151

Controle 17, 18, 25, 38, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 71, 78, 80, 81, 108, 110, 133, 139, 152

Coordenação 7, 18, 69, 101, 102, 109, 110

Critério 3, 13, 23, 31, 33, 35, 40, 43, 45, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 66, 67, 89, 90, 91, 95, 97, 103, 112, 114, 117, 133, 139, 143, 144

Cronograma 23, 35, 36, 45, 57, 61, 68, 81, 101, 109, 110

Custo 17, 18, 21, 26, 28, 30, 39, 41, 44, 45, 47, 60, 62, 66, 67, 71, 80, 82, 121, 126, 131, 137, 139, 142

D

Desafio 10, 11, 20, 26, 44, 49, 66, 126

Desempenho 15, 17, 19, 21, 24, 31, 37, 39, 42, 44, 46, 48, 49, 55, 61, 63, 64, 66, 67, 71, 80, 81, 84, 90, 95, 97, 98, 108, 111, 114, 120, 121, 124, 125, 133, 136

Desenvolvimento 15, 17, 20, 24, 27, 34, 35, 37, 42, 45, 70, 71, 77, 78, 80, 84, 94, 96, 108, 121, 125, 132, 134

Diagrama 3, 7, 38, 43, 44

Dimensão 34, 35, 37, 41, 44, 59, 70, 111

Diversidade 19

E

Eficiência 18, 22, 34, 37, 38, 40,

42, 44, 46, 48, 61, 64, 74, 76, 78, 81

Empreendimento 12, 22, 26, 33

Equipe 17, 28, 34, 36, 40, 41, 44, 45, 50, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 62, 66, 80, 82, 102, 109, 111, 120

Escala 46, 70, 88, 110, 124, 128, 148

Escopo 17, 23, 28, 32, 34, 36, 37, 41, 44, 45, 50, 62, 63, 66, 68, 101, 102, 109, 110, 120

Estatística 70, 79, 89, 96, 97, 102, 115, 117, 128, 151

Estratégias 17, 42, 46, 54, 82, 83, 86, 123, 127

Execução 12, 17, 19, 23, 24, 30, 34, 35, 37, 38, 41, 42, 44, 55, 64, 66, 68, 101, 109, 110, 111, 122

Êxito 17, 21, 25, 31, 31, 31, 47

Experiência 12, 23, 25, 36, 44, 49, 50, 55, 57, 67, 69, 78, 80, 82, 88, 91, 96, 102, 104, 107, 109, 112, 116, 119, 120, 122, 123, 151

Experimento 38, 70, 86, 94, 98

F

Fator 7, 12, 15, 19, 25, 32, 33, 36, 41, 42, 44, 51, 53, 60, 64, 67, 68, 77, 80, 81, 84, 91, 94, 96, 99, 103, 107, 112, 116, 118, 123, 126, 128, 130, 133, 135, 137, 139, 141, 148

FCS 12, 14, 19, 21, 23, 25, 33, 35, 46, 49, 51, 54, 55, 57, 58, 67, 71, 81, 87, 90, 98, 103, 107, 108, 110, 111, 114, 120, 123

Feedback 24, 50, 53, 57, 59, 60, 64, 111

Ferramenta 19, 20, 22, 24, 26, 28, 36, 38, 41, 45, 48, 55, 59, 70, 79, 80, 84, 89, 99, 122, 123, 139

Fluxograma 38

Forward 92

Fracasso 37, 40, 48, 53, 54

Futuro 11, 35, 40, 42, 43, 48, 54, 76, 111, 123

G

Gerenciamento 12, 14, 17, 18, 20, 28, 30, 34, 37, 39, 45, 46, 48, 50, 55, 57, 60, 62, 64, 67, 71, 80, 82, 84, 90, 99, 101, 107, 109, 111, 119, 121, 122, 124, 128, 133, 137, 139, 141, 148, 151

Gestão 10, 17, 21, 23, 25, 29, 30, 32, 33, 37, 41, 45, 48, 50, 51, 53, 55, 58, 59, 69, 71, 81, 87, 95, 99, 108, 111, 121, 124, 126, 128, 130, 132, 139, 141, 151, 152

Gráfico 38, 55, 119, 145

H

Heterogeneidade 89, 102

Histograma 38

I

ICB, IPMA 24

Impacto 12, 17, 21, 24, 27, 37, 40, 42, 44, 48, 55, 58, 68, 88, 90, 108, 110, 119, 125

Importância relativa 12, 13, 25, 89, 91, 96, 98, 111, 122

Índice de importância 12, 13, 25, 89, 91, 107, 112, 122

Índices 7, 12, 21, 96, 109, 111, 131

Indústria 7, 12, 14, 15, 17, 19, 25, 33, 46, 47, 51, 53, 54, 58, 67, 81, 82, 84, 88, 95, 101, 107, 108, 111, 119, 121, 123, 127, 130, 134, 135, 151

Infraestrutura 42, 55, 151

Intensidade 22, 43, 88

L

Lógica *fuzzy* 22, 75

M

Manutenção 38, 60, 151

Materiais de construção 18

Modelagem 12, 21, 22, 25, 50, 69, 71, 75, 78, 80, 82, 123, 124, 130, 149, 150, 151

Monitoramento 21, 24, 57, 59, 61, 66, 80

N

Negócio 16, 17, 19, 20, 26, 27, 31, 37, 40, 42, 44, 45, 48, 51, 108, 149, 150

NEURO 12, 14, 22, 70, 77, 79, 82, 91, 95, 98, 101, 111, 112, 116, 118, 123, 130, 131, 136, 139

Neurônio 13, 70, 77, 79, 95, 97, 98, 112, 116, 117

O

Objetivo 12, 13, 16, 20, 23, 25, 27, 31, 33, 35, 39, 44, 47, 48, 51, 52, 53, 55, 59, 62, 64, 70, 74, 76, 78, 81, 83, 85, 87, 89, 99, 102, 109, 110, 111, 114, 120, 122, 143

Orçamento 19, 20, 23, 26, 27, 35, 37, 39, 45, 50, 54, 55, 57, 133, 141

P

Performance 34, 46, 47, 54, 124, 127, 129, 132, 134, 142

Planejamento 17, 18, 25, 32, 35, 38, 41, 45, 48, 50, 51, 53, 55, 57, 59, 62, 63, 66, 69, 81, 108, 109, 111, 133, 139, 152

PMBOK 13, 22, 24, 29, 38, 109, 134, 137, 138

PMI 26, 27, 137, 141

Práticas 17, 19, 28, 38, 41, 55, 78,

88, 90, 96, 121, 122, 124

Prazo 17, 19, 26, 28, 30, 32, 37, 39, 41, 42, 44, 45, 55, 61, 63, 64, 66, 67

Prejuízo 44, 55

Preparação 23, 35, 40, 42, 54, 65, 87, 101, 111

Prince2 24, 134, 138

Problema 19, 21, 24, 36, 38, 40, 48, 54, 58, 63, 67, 69, 75, 78, 80, 83, 94, 121, 125, 151

Produtividade 17, 18, 21, 58, 67, 69, 71, 81, 82, 85, 108, 132, 135

Programação 25, 35, 53, 121

Projetos 10, 12, 15, 17, 27, 29, 33, 36, 42, 44, 49, 51, 53, 57, 59, 60, 64, 69, 80, 82, 84, 90, 95, 99, 101, 102, 107, 111, 119, 124, 127, 128, 130, 139, 141, 151, 152

Q

Qualidade 15, 18, 19, 26, 32, 38, 43, 45, 49, 50, 63, 66, 78, 81, 102, 108, 110, 124, 126

R

Recursos 16, 18, 19, 23, 26, 27, 31, 34, 41, 44, 46, 48, 49, 54, 59, 62, 64, 66, 67, 80, 108, 118, 121, 140, 152

Redes neurais artificiais 7, 13, 15, 19, 22, 24, 25, 69, 70, 75, 77, 79, 81, 82, 85, 91, 97, 107, 121, 122, 125, 126, 133, 134, 139

Resilient propagation 22, 25, 93, 112, 122, 135

Resultado 3, 8, 10, 14, 20, 23, 26, 27, 31, 35, 38, 44, 45, 47, 48, 53, 58, 60, 64, 66, 67, 70, 74, 75, 79, 81, 83, 85, 88, 90, 94, 96, 98, 99, 111, 116, 117, 120, 123, 128, 143, 146

RII 91

Risco 18, 23, 24, 45, 50, 57, 59,
60, 62, 81, 82, 110, 111, 121, 128,
130, 144, 145, 146

S

Segmento 16, 17, 48, 58

Setor 15, 18, 23, 33, 46, 49, 54,
55, 58, 89, 96, 99, 108, 121, 134,
135

Sistema 7, 18, 20, 22, 24, 26, 27,
38, 41, 45, 49, 51, 53, 54, 55, 58,
59, 69, 71, 78, 79, 81, 82, 84, 85,
102, 108, 111, 121, 124, 126, 128,
130, 131, 133, 135, 138, 143, 144,
146, 150, 151, 152

Stakeholders 19, 45, 58, 59, 62,
66, 108, 129

Sucesso 7, 12, 16, 19, 20, 22, 25,
27, 31, 37, 39, 49, 51, 53, 54, 60,
64, 67, 68, 80, 81, 84, 91, 96, 99,
101, 107, 108, 111, 118, 120, 121,
123, 126, 128, 130, 133, 135, 137,
139, 141

Surveys 86

T

Tempo de experiência 12, 23, 25,
88, 104, 106, 110, 120

Tempo de pesquisa 12, 23, 25,
104, 107, 109, 110, 119, 120

Treinamento 14, 22, 25, 50, 59,
71, 77, 78, 80, 91, 99, 111, 113,
116, 117, 122,

V

Validação 14, 50, 84, 89, 96, 99,
111, 116, 117, 122, 123

Valor 17, 18, 21, 27, 32, 36, 38,
41, 44, 46, 47, 58, 60, 73, 76, 78,
81, 87, 91, 99, 111, 114, 116, 118

SOBRE OS ORGANIZADORES

Mauro Luiz Erpen

Prof. Dr. Mauro Luiz Erpen possui doutorado em Gerenciamento de Projetos pelo PECC/UnB, graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria, especialização em Estatística pela Universidade Federal de Lavras e mestre no curso de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília na área de Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Foi coordenador dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Engenharia Civil do Instituto de Ensino Superior de Porto Nacional e atualmente é professor e coordenador do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, sendo professor no Campus Gurupi. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase na Construção Civil e Sustentabilidade, atuando principalmente nos seguintes temas: preservação ambiental, recuperação de áreas e gestão de resíduos sólidos da construções e demolição e Gerenciamento de Projetos.

André Luiz Aquere

Prof. Dr. André Luiz Aquere possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1984), mestrado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1989), doutorado em Engenharia Industrial e Sistemas pela Universidade do Minho (2010) e realizou pós-doutorado no Centro ALGORITMI da Universidade do Minho (2019-2020). Atualmente é professor Associado na Universidade de Brasília, onde ingressou em 1986, com atuação nos Cursos de Graduação em Engenharia Civil e no Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC-FT), como orientador de Mestrado e Doutorado. Foi um dos idealizadores do Curso de Engenharia de Produção da UnB, introduzindo a Aprendizagem Baseada em Projetos, no qual também atuou como docente nas disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção. De 1991 a 1995, atuou na Universidade de Quioto (Japão) na área de Modelagem Computacional de Problemas Inversos na Eletrodinâmica. De 2001 a 2003 trabalhou na atualização do projeto sismo-resistente da Usina Nuclear de Angra 3, com ênfase nos modelos de interação solo-estrutura. De 2005 a 2010 criou e coordenou o Laboratório de Projetos da Universidade de Brasília. De junho de 2013 a Novembro de 2016 exerceu a função de Diretor de Gestão de Infraestrutura, na Reitoria da UnB, com a atribuição de implantar e gerir um sistema de gestão da produção e manutenção de infraestrutura civil na universidade. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Projeto de Edifícios, Análise Sísmica e Gestão de

Projetos atuando, atualmente, nos seguintes temas: Gestão de Projetos em Engenharia, Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) e Produção Enxuta (Lean Production).

Clóvis Neumann

Prof. Dr. Clóvis Neumann é Professor efetivo do departamento de Engenharia de Produção na Universidade de Brasília (UnB). Possui graduação em Engenharia Civil, mestrado em Engenharia Civil e doutorado em Engenharia de Produção. Vice-diretor do Operations Research Laboratory; Líder do Grupo de Pesquisa: Lean Research Group. Avaliador de cursos de graduação do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) e membro da Comissão Nacional para Implantação das Novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (CN-DCNs). Atua em pesquisas e projetos sobre avaliação externa do ensino superior, avaliação indireta de cursos de graduação, conteúdos específicos cobrados em exames do ENADE e provas de concursos públicos nas áreas de Engenharia de Produção e Engenharia Civil. Leciona disciplinas de Gestão de Sistemas de Produção e Operações; Planejamento e Controle da Produção; Projeto de Fábrica e Layout e de Simulação Empresarial.

Maria Cristina Bueno Coelho

Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Bueno Coelho é Engenheira Florestal (1993 pela UFSM), fez mestrado em Engenharia Florestal (1996 pela UFSM) na área de manejo florestal e doutorado em ciências florestais e ambientais (2016 pela UnB com período sanduiche no CATIE - Costa Rica). Atuou como docente no ensino superior na ULBRA, em Palmas, Tocantins (1998-2008) nos cursos de Engenharia Agrícola, Engenharia Civil e especialização em Gestão Ambiental. Em 2008 passou no concurso público da UFT onde atuou como coordenadora do mesmo no período de 2009-2012, membro da câmara de graduação da UFT (2010-2012), membro da comissão de estágios do campus de Gurupi (2009-2012), membro do conselho diretor do campus (2016-2018). Atualmente é professora Adjunta IV do curso de Engenharia Florestal, presidente do comitê das bacias hidrográficas dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza, Presidente da comissão científica do ENCOB (Encontro Nacional do comitê de Bacias Hidrográficas), membro no CERH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos - suplente), Representante do Tocantins no FNCBH (Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas), Membro do comitê científico da UFT, colaboradora do programa de pós graduação em ciências florestais e ambientais da UFT, pesquisadora e extensionista nas áreas de preservação e conservação da natureza e manejo florestal nas áreas de florestas plantadas e nativas.



Análise de sucesso na indústria da construção civil utilizando redes neurais artificiais

www.bookerfield.com



contato@bookerfield.com



[@bookerfield](https://www.instagram.com/bookerfield)



Bookerfield Editora



Análise de sucesso na indústria da construção civil utilizando redes neurais artificiais

www.bookerfield.com



contato@bookerfield.com



[@bookerfield](https://www.instagram.com/bookerfield)



Bookerfield Editora



ISBN 978-658992912-3



9

786589

929123