



Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

**Método para Identificação, Análise e Controle dos Fatores de Atraso de Obras na Gestão dos Projetos de Construção: Um Estudo Baseado na Metodologia Multicritério Construtivista de Apoio à Decisão (MCDA-C).**

**TESE DE DOUTORADO**

André Brasil de Carvalho

2023

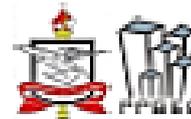
**André Brasil de Carvalho**

**Método para identificação, análise e controle dos fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção:  
Um estudo baseado na metodologia multicritério construtivista de apoio à decisão (MCDA-C).**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués

Belém, 26 de janeiro de 2023.



## MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E CONTROLE DOS FATORES DE ATRASO DE OBRAS NA GESTÃO DOS PROJETOS DE CONSTRUÇÃO: UM ESTUDO BASEADO NA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO CONSTRUTIVISTA DE APOIO À DECISÃO.

AUTOR:

**ANDRÉ BRASIL DE CARVALHO**

TESE SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 26/01/2023.

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués**  
Orientador (UFPA)

**Prof. Dr. Rogério Cabral de Azevedo**  
Membro Externo (CEFET-MG)

JOSE ALBERTO SILVA DE SA:2188877 9268

Assinatura em forma digital por JOSE ALBERTO SILVA DE SA:21888779268  
Data: 2023.01.07 11:26:21 -03'00'

**Prof. Dr. José Alberto Silva de Sá**  
Membro Externo (UFPA)

Documento assinado digitalmente

**gov.br**

FREDERICO GUILHERME PAMPLONA MOREIRA  
Data: 2023.01.07 11:26:21 -03'00'  
Verifique em https://br.sic.gov.br/br

**Prof. Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira**  
Membro Interno (UFPA)

Visto:

**Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço**  
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: André Brasil de Carvalho

TÍTULO: Método para identificação, análise e controle dos fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção: Um estudo baseado na metodologia Multicritério Construtivista de Apoio à Decisão (MCDA-C).

GRAU: Doutor ANO: 2023

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta qualificação de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa qualificação de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

### **André Brasil de Carvalho**

Rua Rodolfo Chermont, nº 236, Reserva Ibiapaba,  
Torre Rudá, apto 1106.  
Marambaia.  
66.615-170, Belém – PA – Brasil.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

C331m Carvalho, André Brasil de.  
Método para identificação, análise e controle dos fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção: Um estudo baseado na metodologia multicritério construtivista de apoio à decisão (MCDA-C). / André Brasil de Carvalho. — 2023.  
236 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2023.

1. Atrasos de obra. 2. Fatores de Atraso de Obras. 3. MCDA-C. 4. Método de Controle de Atraso. I. Título.

CDD 690

---

Dedico este trabalho à minha querida família,  
Aos meus pais, David e Célia,  
À Ana Paula, Pedro e Vítor, esposa e filhos,  
pela paciência, compreensão e amor doados  
durante a elaboração deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade do dom da vida e pela sua misericórdia.

Agradeço especialmente aos meus pais, David Costa de Carvalho e Célia Maria Brasil de Carvalho, que não mediram esforços para a minha formação como ser humano e profissional.

Agradeço também à minha querida esposa, Ana Paula S. Sarmento de Carvalho, pelo suporte pedagógico em algumas disciplinas e apresentações do trabalho e, principalmente, pelo companheirismo de uma vida toda.

Meus sinceros agradecimentos ao professor Luiz Maurício Furtado Maués que me guiou ao longo do caminho para a realização deste trabalho, que não teria sido realizado com a formatação atual se não fosse o seu apoio e orientação. Agradeço profundamente o incentivo, a paciência, o acolhimento e as conversas durante todo esse processo. Reitero ainda minha admiração pela sua postura serena como professor e, ao mesmo tempo, entusiasta, como orientador desta pesquisa.

Agradeço aos professores da banca examinadora por suas contribuições à tese, assim como à coordenação e a secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UFPA pelas assistências e esclarecimentos prestados e, em especial, aos professores pela contribuição na minha formação acadêmica durante período de realização do doutoramento. Sem esquecer de mencionar a importante contribuição da professora de letras, MSc. Amarilda Sfair da Costa, que foi a revisora da tese quanto ao uso da língua portuguesa no trabalho.

Aos amigos da pós-graduação, Wylliam, Raísse, Alcineide, Renato, Denílson, Fabrício e Claudionor Jr. pela troca constante de conhecimento, amizade e auxílio mútuo ao longo desta jornada. Sem essa rede de apoio o caminho seria muito mais difícil. Destaco ainda o auxílio do Felipe Moreira, hoje professor da UFPA e colega de doutorado também, na confecção da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) da pesquisa.

Agradeço ainda ao engenheiro Caio Trindade pela colaboração na elaboração dos gráficos, figuras e tabelas que constam na tese; estendendo os agradecimentos ao professor MSc. da UFPA, Frederico M. Neiva, pela assistência quanto aos dados das análises fatoriais; assim como ao perito criminal Dr. André Luís S. da Costa Sarmento, pelo auxílio relativo as

apresentações da defesa de qualificação e defesa final da tese.

Por fim, meus agradecimentos se estendem a Polícia Científica do Pará, instituição que faço parte como perito criminal desde 2001. O reconhecimento vai, especialmente, ao atual diretor geral do órgão, Celso da Silva Mascarenhas e ao ex-diretor geral, José Edmilson Lobato Júnior, por me proporcionarem a licença parcial de estudo durante todo o período de doutoramento; como também à chefe do núcleo de engenharia aplicada, Márcia Barbosa de Sá pela licença prêmio expedida na reta final do processo. Ressalto que ambas as licenças foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa e conclusão do trabalho.

## RESUMO

O atraso em obras é observado globalmente na construção civil e afeta a economia dos países, influenciando diretamente nos custos e na baixa qualidade das obras, na ocorrência de litígios entre as partes e outras consequências, como questões sociais relacionadas ao déficit habitacional; por exemplo. Dessa forma, torna-se fundamental a identificação das causas dos atrasos de obra na gestão de projetos de construção para a minimização de suas consequências. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é a elaboração de um método de identificação, de análise e controle para os fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção. A metodologia de pesquisa incluiu, primeiramente, uma revisão sistemática da literatura (RSL); posteriormente, realizou-se uma pesquisa survey, por meio de questionários e entrevistas, com o intuito de se observar as causas de atraso de obra mais frequentes, que foram avaliadas ainda quanto às suas correlações pela técnica estatística da análise fatorial. No caso, os resultados demonstraram que as 12 principais causas identificadas são correlacionadas a quatro fatores de atraso de obras: gestão de suprimentos, gestão da mão de obra, gestão do projeto e gestão das condições do tempo. Por fim, após essa primeira fase da pesquisa e visando-se ao desenvolvimento do modelo proposto, foi aplicado o método da Design Science Research (DSR) em uma empresa local de gestão de projetos, utilizando-se como ferramenta de pesquisa a metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C), buscando examinar de forma criteriosa o processo de tomada de decisão relacionado aos fatores de atraso observados; que foram utilizados como parâmetro iniciais na etapa de estruturação do método MCDA-C. Os resultados gerados foram o desenvolvimento e validação do método proposto, identificado como artefato gerado pela DSR, assim como a elaboração dos descritores (indicadores de desempenho) para todas as causas de atraso avaliadas. Do mesmo modo, obteve-se recomendações de controle na atuação da instituição nos fatores de atraso de obra em questão, principalmente quanto à gestão de suprimentos e de gerenciamento de projetos que não apresentavam desempenhos satisfatórios. No caso, cabe destacar as mudanças ocorridas no organograma e na metodologia de trabalho da empresa como ações implementadas em consequência do processo, realizado conjuntamente com o decisor. Conclui-se, portanto, que a pesquisa possibilitou uma análise profunda sobre quais questões devem ser priorizadas nas estratégias de ações que visem minimizar a ocorrência de atrasos na execução de empreendimentos na construção civil e que os fatores de atraso identificados podem ser considerados como “deficiências de gestão” dos empreendimentos.

**Palavras-chave:** Atrasos de obra; Fatores de Atraso de Obras; MCDA-C, Método de Controle de Atraso.

## ABSTRACT

The delay in works is observed globally in civil construction and affects the economy of countries, directly influencing the costs and low quality of works, the occurrence of disputes between the parties and other consequences, such as social issues related to the housing deficit, for instance. Thus, it is essential to identify the causes of work delays to minimize its consequences. In this context, the objective of this work is the elaboration of a method of identification, analysis, and control for the factors of delay of works in the management of construction projects. The research methodology included, first, a systematic review of the literature (RSL); subsequently, a survey was conducted, through questionnaires and interviews, to observe the most frequent causes of work delay, which were also evaluated for their correlations by the statistical technique of factor analysis. In this case, the results showed that the 12 main causes identified are correlated with four factors of delay of works: supply management, labor management, project management and management of weather conditions. Finally, after this first phase of the research and aiming at the development of the proposed model, the Design Science Research (DSR) method was applied in a local project management company, using as a research tool the multicriteria constructivist methodology of decision support (MCDA-C), seeking to carefully examine the decision-making process related to the delay factors observed; that were used as initial parameters in the structuring stage of the MCDA-C method. The results generated were the development and validation of the proposed method, identified as an artifact generated by the DSR, as well as the elaboration of descriptors (performance indicators) for all causes of delay evaluated. Similarly, control recommendations were obtained in the institution's performance in the factors of work delay in question, mainly regarding the management of supplies and project management that did not present satisfactory performances. In this case, it is worth mentioning the changes that occurred in the organization chart and work methodology of the company as actions implemented as a result of the process, carried out jointly with the decision-taker. It is concluded, therefore, that the research allowed an in-depth analysis of which issues should be prioritized in the strategies of actions aimed at minimizing the occurrence of delays in the execution of projects in civil construction and that the delay factors identified can be considered as "management deficiencies" of the enterprises.

**Keywords:** Construction delays; Construction Delay Factors; MCDA-C, Delay Control Method.

“O que sabemos é uma gota; o que  
ignoramos é um oceano”  
(Isaac Newton)

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Perfil dos entrevistados	70
Tabela 2 – Causas mais relevantes de atraso em obras	82
Tabela 3 – Testes de KMO e Bartlett	85
Tabela 4 – Variância total explicada	86
Tabela 5 – Matriz de correlações	88
Tabela 6 – Matriz de componente rotativa	89
Tabela 7 – Estatísticas de confiabilidade	90

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Delineamento da pesquisa	65
Figura 2 – Etapas da RSL	67
Figura 3 – Fases da metodologia para mitigação dos fatores de atraso de obras	77
Figura 4 – Descritor: “aquisição”	99
Figura 5 – Descritor: “entrega”	100
Figura 6 – Descritor: “aplicação”	101
Figura 7 – Descritor: “planejamento”	102
Figura 8 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPO I)	104
Figura 9 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPO II)	105
Figura 10 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPO III)	106
Figura 11 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPO IV)	107
Figura 12 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “planejamento e entrega” (IPO V)	109
Figura 13 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “planejamento e entrega” (IPO VI)	110
Figura 14 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPC I)	112
Figura 15 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPC II)	113
Figura 16 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPC III)	114
Figura 17 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPC IV)	116
Figura 18 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “entrega e planejamento” (IPC V)	117
Figura 19 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “entrega e planejamento” (IPC VI)	118

### LISTA DE FIGURAS (continuação)

Figura 20 – Árvore dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”	119
Figura 21 – Propriedades do descritor “entrega”	119
Figura 22 – Matriz de julgamento do descritor “entrega”	12
Figura 23 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “entrega”	121
Figura 24 – Propriedade do descritor “aquisição”	122
Figura 25 – Matriz de julgamento do descritor “aquisição”	123
Figura 26 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “aquisição”	123
Figura 27 – Propriedade do descritor “aplicação”	124
Figura 28 – Matriz de julgamento do descritor “aplicação”	125
Figura 29 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “aplicação”	126
Figura 30 – Propriedade do descritor “planejamento”	127
Figura 31 – Matriz de julgamento do descritor “planejamento”	128
Figura 32 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “planejamento”	129
Figura 33 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A1)	129
Figura 34 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A2)	130
Figura 35 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A3)	130
Figura 36 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A4)	131
Figura 37 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A0)	131
Figura 38 – Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”	132
Figura 39 – Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”	132
Figura 40 – Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”	133
Figura 41 – Taxas de compensação dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”	134

### LISTA DE FIGURAS (continuação)

Figura 42 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obras	135
Figura 43 – Tabela de performance dos descritores dos fatores de atraso de obras	135
Figura 44 – Análise de sensibilidade dos descritores do fator de atraso de obras “gestão de suprimentos”	136
Figura 45 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obras (Alternativa A1)	138
Figura 46 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obras (Alternativa A2)	139
Figura 47 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obras (Alternativa A3)	140
Figura 48 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obras (Alternativa A4)	141
Figura 49 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obras (Alternativa A0)	142
Figura 50 – Matriz de Robert dos fatores de atraso de obra	143
Figura 51 – Matriz de julgamento dos fatores de atraso de obra	144
Figura 52 – Histograma dos fatores de atraso de obra	144
Figura 53 – Taxas de compensação dos fatores de atraso de obra	146
Figura 54 – Avaliação de perfil de impacto do fator de atraso “gestão de suprimentos”	149
Figura 55 – Avaliação de perfil de impacto do fator de atraso “gestão de mão de obra”	150
Figura 56 – Avaliação de perfil de impacto do fator de atraso “gestão de projetos”	151
Figura 57 – Avaliação de perfil de impacto do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	152
Figura 58 – Descritor “qualificação”	179
Figura 59 – Descritor “comprometimento”	180
Figura 60 – Descritor “produtividade”	180
Figura 61 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento” e “produtividade” (IPO I)	181
Figura 62 - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento” e “produtividade” (IPO II)	182
Figura 63 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento” e “qualificação” (IPO III)	183
Figura 64 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento” e “qualificação” (IPO IV)	184

**LISTA DE FIGURAS (continuação)**

Figura 65 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “qualificação” e “produtividade” (IPO V)	185
Figura 66 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “qualificação” e “produtividade” (IPO VI)	186
Figura 67 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento” e “produtividade” (IPC I)	187
Figura 68 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento” e “produtividade” (IPC II)	188
Figura 69 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento” e “qualificação” (IPC III)	189
Figura 70 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento” e “qualificação” (IPC IV)	190
Figura 71 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “produtividade” e “qualificação” (IPC V)	191
Figura 72 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “produtividade” e “qualificação” (IPC VI)	192
Figura 73 – Árvore do fator de atraso “gestão da mão de obra”	193
Figura 74 – Propriedades do descritor “qualificação”	193
Figura 75 – Matriz de julgamento do descritor “qualificação”	194
Figura 76 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “qualificação”	194
Figura 77 – Propriedades do descritor “comprometimento”	195
Figura 78 – Matriz de julgamento do descritor “comprometimento”	196
Figura 79 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “comprometimento”	196
Figura 80 – Propriedades do descritor “produtividade”	197
Figura 81 – Matriz de julgamento do descritor “produtividade”	198
Figura 82 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “produtividade”	198
Figura 83 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A1)	199
Figura 84 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A2)	199

**LISTA DE FIGURAS (continuação)**

Figura 85 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A3)	200
Figura 86 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A0)	200
Figura 87 – Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”	200
Figura 88 – Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”	201
Figura 89 – Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”	201
Figura 90 – Taxas de compensação dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”	202
Figura 91 – Análise de sensibilidade do fator de atraso “gestão da mão de obra”	203
Figura 92 – Descritor “desenvolvimento de projetos”	203
Figura 93 – Descritor “alteração de projetos”	204
Figura 94 – Descritor “gestão financeira da obra”	204
Figura 95 – Descritor “financiamento do projeto”	204
Figura 96 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “gestão financeira da obra” e “financiamento do projeto” (IPO I)	205
Figura 97 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “gestão financeira da obra” e “financiamento do projeto” (IPO II)	206
Figura 98 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos” e “alteração de projetos” (IPO III)	207
Figura 99 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos” e “alteração de projetos” (IPO IV)	208
Figura 100 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos” e “gestão financeira da obra” (IPO V)	209
Figura 101 – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos” e “gestão financeira da obra” (IPO VI)	210
Figura 102 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra” e “financiamento do projeto” (IPC I)	211
Figura 103 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra” e “financiamento do projeto” (IPC II)	212

### LISTA DE FIGURAS (continuação)

Figura 104 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “desenvolvimento de projetos” e “alteração de projetos” (IPC III)	213
Figura 105 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “desenvolvimento de projetos” e “alteração de projetos” (IPC IV)	214
Figura 106 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra” e “desenvolvimento de projetos” (IPC V)	215
Figura 107 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra” e “desenvolvimento de projetos” (IPC VI)	216
Figura 108 – Árvore dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”	217
Figura 109 – Propriedades do descritor “desenvolvimento de projetos”	217
Figura 110 – Matriz de julgamento do descritor “desenvolvimento de projetos”	218
Figura 111 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “desenvolvimento de projetos”	218
Figura 112 – Propriedades do descritor “alteração de projetos”	219
Figura 113 – Matriz de julgamento do descritor “alteração de projetos”	220
Figura 114 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “alteração de projetos”	220
Figura 115 – Propriedades do descritor “gestão financeira da obra”	221
Figura 116 – Matriz de julgamento do descritor “gestão financeira da obra”	222
Figura 117 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “gestão financeira da obra”	222
Figura 118 – Propriedades do descritor “financiamento do projeto”	223
Figura 119 – Matriz de julgamento do descritor “financiamento do projeto”	224
Figura 120 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “financiamento do projeto”	224
Figura 121 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A1)	225
Figura 122 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A2)	225
Figura 123 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A3)	225
Figura 124 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A4)	226

**LISTA DE FIGURAS (continuação)**

Figura 125 – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A0)	226
Figura 126 – Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”	226
Figura 127 – Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”	227
Figura 128 – Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”	227
Figura 129 – Taxas de compensação dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”	228
Figura 130 – Análise de sensibilidade do fator de atraso “gestão de projetos”	229
Figura 131 – Descritor “gestão das condições do tempo”	229
Figura 132 – Árvore do descritor do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	230
Figura 133 – Propriedades do descritor “gestão das condições do tempo”	230
Figura 134 – Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	231
Figura 135 – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “gestão das condições do tempo”	232
Figura 136 – Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	232
Figura 137 – Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	233
Figura 138 – Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	233
Figura 139 – Taxas de compensação dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	234
Figura 140 – Análise de sensibilidade do fator de atraso “gestão das condições do tempo”	235

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Principais causas de atraso de obras.	48
Quadro 2 – Principais países, autores e percentual de frequência	68
Quadro 3 – Questionário de caracterização da obra	69
Quadro 4 – Questionário com as principais causas de atrasos de obras	71
Quadro 5 – Estratégias para identificar Estruturas Primárias de Avaliação (EPAs)	82
Quadro 6 – Recomendações do descritor “entrega” (fator de atraso: gestão de suprimentos)	155
Quadro 7 – Recomendações do descritor “aplicação” (fator de atraso: gestão de suprimentos)	156
Quadro 8 – Recomendações do descritor “aquisição” (fator de atraso: gestão de suprimentos)	157
Quadro 9 – Recomendações do descritor “qualificação” (fator de atraso: gestão da mão de obra)	158
Quadro 10 – Recomendações do descritor “gerenciamento de projetos” (fator de atraso: gestão de projetos)	159
Quadro 11 – Recomendações do descritor “financiamento de projetos” (fator de atraso: gestão de projetos)	160

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Neste item são apresentados alguns dos símbolos utilizados nesta tese. Aqueles que não estão aqui apresentados têm seu significado explicado assim que mencionados ao longo do texto desta pesquisa.

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
ABC	Associação brasileira do consumidor
ALT/NT	Alterações de caráter não técnico (clientes)
ALT/T	Alterações de caráter técnico
AP	Aplicação dos suprimentos sem base nas normas
AP NOR	Aplicação dos suprimentos com base nas normas
APV	Árvores de pontos de vista
AUM/C	Aumento dos custos
AUM P/C	Aumento de prazos/custos
BIM	Modelagem de informação da construção
BTS	Teste de esfericidade de Bartlett
CAD	Cadastro de fornecedores
CA/INF C/O	Com atraso de informações p/o cronograma físico-financeiro e orçamento
C/AT	Obra com atraso dos serviços
CTA	Condições de tempo adversas
C/FS	Obra com falta de alguns suprimentos
CP	MO contratada sem prazo definido
C/(P/AT)	Com paralisação e atraso dos serviços
C/PPS	Obra com paralisação parcial dos serviços
CR	Cronograma
CT	MO contratada por projeto e/ou etapa da obra
CTD	Colaboração nas tomadas de decisão
DSR	Design Science Research
EAO	Entrega antes do início da obra
EAP	Entrega antes do prazo
EA1D	Entrega com 1 dia de atraso

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (continuação)**

EA2D	Entrega com 2 dias de atraso
EA3D	Entrega com 3 dias de atraso
EDO	Entrega durante a obra
EIO	Entrega antes do início da obra
ENG	Engenharia
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ESA	Entrega sem atraso
EXP	MO experiente
FER	Ferramentas
F/FP	Financiamento fora do prazo
FP/PP	Financiamento no prazo e padronização do processo para agilizar a liberação dos recursos
FVS	Fichas de verificação de serviços
HAB	Habite-se
HI	Histograma
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
IPO	Teste de independência preferencial ordinal
IPC	Teste de independência preferencial cardinal
IT	MO instruída para a função
KMO	Teste de Kaiser-Meyer-Olkin
LEV	Levantamento
LOG	Logística
MACBETH	Medindo a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias
MCDA-C	Metodologia multicritério construtivista de apoio à decisão
METCON	Métodos construtivos
S/ALT	Sem alterações
MOT	Mão de obra treinada (descriptor “aplicação”) / Motivação (descriptor “produtividade”)
MO	Mão de obra
MO VS	MO recrutada por valor do sindicato

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (continuação)**

MO V\$\$/CD	MO recrutada por valor acima do sindicato e de um banco de dados atualizado
MO V\$\$	MO recrutada por valor acima do sindicato
MP	Metodologia de execução padrão (descriptor aplicação) / Comprar pelo menor preço (descriptor aquisição)
OP	Opção
OR	Orçamento
PAIC	Pesquisa anual da indústria da construção de 2017
PC	Projetos compatibilizados
PCS	Plano de cargos e salários
PD	Projetos plenamente desenvolvidos
PLANT	Planejamento antecipado da aquisição dos materiais
PES	Procedimentos de execução de serviços
PF/A	Planejamento financeiro adequado
PF/PA	Planejamento financeiro parcialmente adequado
PF/IN	Planejamento financeiro inadequado
PJ	Projeto
PIB	Produto interno bruto
PL	Planejamento
P/LOG	Problemas logísticos
PPA	Projetos desenvolvidos parcialmente
PPD	Projetos parcialmente desenvolvidos
PPL	Projetos desenvolvidos plenamente
PM	Premiações por metas
PP	Parceria com projetistas
PVF	Ponto de vista fundamental
PVE	Ponto de vista elementar
RG	Registro das lições aprendidas e dos procedimentos adotados
RII	Índice de importância relativa
RP	Recursos próprios
RSL	Revisão sistemática da literatura

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

SA/INF C/O	Sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento
S/ALT	Sem alterações
S/APOIO	Ausência de condições mínimas de trabalho
S/AT	Sem atraso das atividades/serviços - caminho crítico
S/EPI	Sem o equipamento de proteção individual adequado
S/F	Sem financiamento
S/FS	Sem falta de suprimentos
S/OS	Sem paralisação dos serviços
S/(P/AT)	Obra sem paralisação e sem atraso dos serviços (caminho crítico)
S/PS	Sem paralisação dos serviços
START	Revisão do estado da arte através de revisão sistemática
TRE	Treinamento (descriptor “produtividade”)
TR	Treinamento (descriptor “qualificação”)
VC	Vocação

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	26
<b>1.1. Justificativa e problema de pesquisa</b> .....	28
<b>1.2. Origem do Estudo e ineditismo do Trabalho</b> .....	31
<b>1.3. Objetivos</b> .....	32
1.3.1. Objetivo Geral .....	32
1.3.2. Objetivos Específicos .....	32
<b>1.4. Pressuposto</b> .....	32
<b>1.5. Limitações</b> .....	32
<b>1.6. Estrutura do Trabalho</b> .....	33
<b>2. ATRASO DE PROJETOS</b> .....	34
<b>2.1. Conceito de Atraso</b> .....	34
<b>2.2. Tipos de Atraso</b> .....	36
<b>2.3. Causas dos Atrasos</b> .....	38
<b>2.4. Avaliação de desempenho</b> .....	54
<b>2.5. Tomada de Decisão</b> .....	57
<b>2.6. Metodologia Construtivista Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA-C)</b> .....	60
<b>3 DELINEAMENTO E METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	63
<b>3.1. Caracterização e delineamento da pesquisa</b> .....	63
<b>3.2. 1ª Fase - Revisão Bibliográfica</b> .....	65
<b>3.3. 2ª Fase - Revisão Sistemática da Literatura (RSL)</b> .....	65
<b>3.4. 3ª Fase - Etapa I - Pesquisa Survey</b> .....	68
<b>3.5. 3ª Fase - Etapa II - Análise Fatorial</b> .....	75
<b>3.6. 3ª Fase - Etapa III – Elaboração de um modelo para mitigação dos fatores de atraso de obras com base na metodologia MCDA-C</b> .....	75
3.6.1. Construção dos Descritores .....	77
3.6.2. Análise de Independência .....	78
3.6.3. Identificação das taxas de compensação .....	79
3.6.4. Identificação do Perfil de Impacto das Alternativas .....	79
3.6.5. Análise de Sensibilidade .....	79
3.6.6. Elaboração das Recomendações .....	80
<b>3.7. 3ª Fase - Etapa IV – Desenvolvimento de um Design Science Research (DSR)</b> .....	80
<b>3.8. 4ª Fase - Etapa I - Apresentação dos Resultados da Aplicação da MCDA-C (Decisor)</b> .....	83

3.9.	<b>4ª Fase - Etapa II - Análise/Validação das Recomendações do Modelo (Decisor)</b>	84
4.	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	85
4.1.	<b>3ª Fase - Etapa I - Resultados da Pesquisa Survey</b>	85
4.2.	<b>3ª Fase - Etapa II – Resultados da Análise Fatorial</b>	85
4.3.	<b>3ª Fase - Etapa IV - Resultados do Design Science Research</b>	98
4.3.1.	Gestão de Suprimentos:	98
4.3.1.1.	Construção dos Descritores	98
4.3.1.2.	Análises de Independência	102
4.3.1.2.1.	Teste de Independência Preferencial Ordinal (IPO)	103
4.3.1.2.2.	Teste de Independência Preferencial Cardinal (IPC)	110
4.3.1.3.	Construção das Funções de Valor	118
4.3.1.4.	Elaboração das Taxas de Compensação	129
4.3.1.5.	Análise de Sensibilidade	135
4.3.1.6.	Taxas de Compensação dos Fatores de Atraso de Obras	136
4.3.2.	Avaliação do Perfil de Impacto das Ações Potenciais	148
4.3.3.	Avaliação Global das Ações no Modelo:	154
4.3.4.	Recomendações para os Fatores de Atraso de Obras	155
5.	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	163
5.1.	<b>Principais Conclusões</b>	163
5.2.	<b>Contribuições metodológicas</b>	166
5.3.	<b>Sugestões para novas pesquisas</b>	166
	<b>REFERÊNCIAS</b>	167
	<b>APÊNDICES</b>	180

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

O crescimento de um país e de sua economia dependem de vários fatores, entre os quais se encontra a construção civil, que se destaca como uma das principais indústrias a contribuir significativamente para que isso possa ocorrer (CHIN; HAMID, 2015; DURDYEV; OMAROV; ISMAIL, 2017; ENSHASSI; AYYASH, 2014; ZIDANE et al., 2018). Para Rohan e França (2013), o setor da construção civil apresenta um papel primordial para grande parte das nações, em especial para aquelas que ainda estão em desenvolvimento, como o Brasil, devido à sua relevância no viés econômico, social e ambiental. De acordo com Alsuliman (2019), para que o desenvolvimento econômico e social de uma nação ou mesmo de uma organização seja sustentável, é fundamental que os projetos de construção sejam realizados de forma eficaz, visto que eles se caracterizam como um importante instrumento que possibilitam a obtenção das visões e dos objetivos estratégicos traçados.

Ressalta-se que a geração de empregos e a criação de infraestrutura são os principais aspectos que correlacionam as atividades executadas na indústria da construção civil como relevantes para o desenvolvimento econômico de um país (PEROBELLI et al., 2016). Cordesman (2002) destaca, por exemplo, a colaboração da construção civil na Arábia Saudita, no período de 1980 a 2000, nos planos nacionais de desenvolvimento do país como algo em torno de 30% a 40%, considerando os setores da cadeia produtiva que não estejam ligados ao petróleo. Ademais, segundo Souza et al. (2015), a indústria da construção civil é de suma importância para a economia de qualquer nação e representa um percentual expressivo do Produto Interno Bruto (PIB).

Para se ter uma ideia da importância deste setor em nosso país, a construção civil gerou R\$ 280 bilhões em negócios na área de incorporações, obras e serviços da construção, além de conglomerar 126,3 mil empresas ativas no fim do ano de 2017, com 1,91 milhão de pessoas ocupadas à época, segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção de 2017 (PAIC), publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019). Ao se comparar o PIB Brasil com o PIB da construção civil, constata-se que houve um decréscimo nos dois índices durante o período de 2004 a 2019. Porém, em ambos os anos, o PIB da construção civil (10.7% e 1.6%, respectivamente) foi superior ao PIB brasileiro (5.8% e 1.1%, respectivamente).

Entretanto, pode-se dizer que a construção civil é um sistema complexo de produção,

com variações nos fluxos dos serviços e, por isso, apresenta um nível de incerteza, no cumprimento das metas planejadas, superior à indústria tradicional de manufatura, em que as atividades possuem um rígido controle nos procedimentos desenvolvidos. Isso se deve pelo fato de o setor da construção apresentar um grande número de envolvidos no processo, com alto grau de interdependência entre as partes e ausência de padronização em todos os procedimentos (BALLARD; HOWELL, 1995; WAMBEKE; HSIANG; MIN LIU, 2011).

Koskela (2000) alude ainda ao fato de a construção civil apresentar algumas particularidades, como a de ser uma produção única, com fabricação local e disposição transitória do projeto. Um estudo realizado por Lupinacci et al. (2015) destaca ainda que o setor da construção civil brasileira possui baixa produtividade, quando comparada aos países desenvolvidos, considerando o desempenho dos operários e a duração das obras até sua conclusão, incluindo o tempo de licitação.

De acordo com Higgins et al. (2012), a indústria da construção possui um ambiente extremamente competitivo e, em diversas ocasiões, os serviços a serem executados são licitados por preços inferiores aos custos do empreendimento. De acordo com os autores, isso impactará objetivamente a realização das atividades no decorrer das obras, pois a necessidade de redução dos custos pode diminuir o tempo disponível para o desenvolvimento dos projetos e o planejamento na fase de pré-construção, além de contribuir para a contratação de profissionais inexperientes. Consequentemente, tal cenário possibilitará a ocorrência de atrasos na construção e o aumento nos custos, respectivamente.

Samarghandi et al. (2016) também relatam que no Irã a construção civil é extremamente competitiva e que, neste ambiente, as metas de todos no mercado deveriam ser a eliminação das perdas e a redução de custos, sendo por isso fundamental o investimento em pesquisa científica e inovação. Tal abordagem já era defendida anteriormente por Doloï (2007), que afirmava que o investimento em pesquisas na indústria da construção civil era importante para a ampliação da economia dos países.

Al-Kharashi e Skitmore (2009) salientam que os projetos públicos de construção sauditas apresentam constantemente situações de atrasos nos empreendimentos realizados e que, embora inúmeras pesquisas sobre o tema tenham sido realizadas, não foi possível ainda a identificação das melhorias propostas na realidade das obras. Olawale e Sun (2010) ressaltam, ainda, que em muitos empreendimentos as metas de cumprimento do cronograma e dos custos

de contrato não são atingidas, embora existam inúmeras metodologias e software de controle de projetos.

Wong e Vimonsatit (2012) reiteram que os atrasos de obras são um problemática acentuada na Austrália também, que preocupa a todos na cadeia produtiva da indústria da construção daquele país, especialmente devido a suas consequências negativas decorrentes, como os aumentos dos custos do projeto. Enfim, Cruz et al. (2018) evidenciam a necessidade de melhorias na gestão dos empreendimentos, pois a ocorrência de variabilidade é recorrente na programação dos cronogramas dos projetos de construção.

### 1.1. Justificativa e problema de pesquisa

Os atrasos na entrega dos contratos das obras ainda aparecem como um problema recorrente nos projetos de engenharia e ocorrem, frequentemente, desde a concepção até a finalização do projeto, seja em obras públicas, seja em obras privadas, em países em desenvolvimento ou desenvolvidos. As consequências são as ocorrências de disputas e litígios entre as partes, aumento dos custos, perda de lucro, má qualidade dos serviços, arbitragem, extrapolação do tempo previsto para a execução da obra ou o encerramento do projeto (AKOGBE; FENG; ZHOU, 2013; DOLAGE; PATHMARAJAH, 2015; GONZÁLEZ et al., 2014; GUNDUZ; NIELSEN; OZDEMIR, 2015; KHAN; GUL, 2017; MARZOUK; EL-RASAS, 2014; SWEIS, 2008; ULLAH et al., 2018).

É observado, ainda, que os atrasos nos projetos da construção civil são um fato constatado globalmente ou em larga escala, que afeta não apenas a própria indústria, mas também a economia das nações de forma geral, impactando negativamente no sucesso do projeto em decorrência de alterações no cronograma original de execução, assim como quanto nos custos previamente estabelecidos, nos critérios de qualidade e na gestão das condições de segurança (CHAUHAN; SHAH; RAO, 2008; DORAISAMY; AKASAH; YUNUS, 2015; FARIDI; EL-SAYEGH, 2006; FLYVBJERG et al., 2002; MYDIN et al., 2014).

Por se caracterizar como um dos maiores problemas da gestão da construção, o atraso de obras apresenta um acentuado impacto financeiro e social para todos os envolvidos nos projetos. Ressalte-se, porém, que esse problema é mais intenso e comum nos países em desenvolvimento, nos quais, geralmente, excedem-se os custos dos projetos e surgem problemas orçamentários e de escassez de recursos (ABBAS; PAINTING, 2017; KAMING et al., 1997; RACHID; TOUFIK; MOHAMMED, 2018; SHEBOB; DAWOOD; XU, 2011).

Venkatesh e Venkatesan (2017) destacam ainda que há uma variação da ocorrência das causas do atraso entre os países e que aquelas consideradas críticas são bem diferentes em nações em desenvolvimento das de um país desenvolvido.

No caso brasileiro, por exemplo, Filippi e Melhado (2015) citam os dados da Associação Brasileira do Consumidor (ABC), que constataram um acréscimo de 65% nos atrasos de obras realizadas em São Paulo durante os anos de 2005 e 2010. Relatam, também, o aumento do número de processos entre 2008 e 2013, que saltaram de 140 novas ações contra as empresas de construção paulistas para 3.779, ou seja, 2.600% a mais em apenas cinco anos, conforme levantamento da Tapai Advogados, que trabalha com direito imobiliário. Corroborando com o exposto, Maués et al. (2017) reiteram que o desempenho da construção civil é bem inferior quanto ao cumprimento dos prazos contratuais se comparado a outras indústrias, como a de transformação; especialmente em países em desenvolvimento. Os referidos autores pesquisaram 142 projetos na região amazônica brasileira, entre os anos de 2005 e 2015, e comprovaram que 81.69% das obras sofreram atrasos nos seus cronogramas originais, o que correspondeu a 116 empreendimentos entregues fora do prazo.

Outros países podem ser citados, como o caso o Irã, que apresentou um custo de aproximadamente US\$ 21 bilhões ao governo daquele país referentes aos atrasos nas obras no período de 2002 a 2012, segundo o centro de estatística iraniano (SAMARGHANDI et al., 2016). No Catar, Senouci et al. (2016) detalham que os projetos públicos executados, entre 2000 e 2013, apresentaram um percentual de 54% de elevação dos custos e 72% de atrasos na finalização das obras, assim como um aumento de 50% em relação ao custo e atrasos no tempo de realização nos casos de serviços de manutenção das edificações. Mukuka et al. (2015) e Prasad et al. (2018) relatam ainda o desafio das indústrias de construção sul africana e indiana de entregarem obras dentro do prazo contratual e a importância da adoção de medidas de mitigação, que passa pelo estudo das possíveis causas de atraso de obras.

Hsu et al. (2017b) corroboram esta tese ao afirmarem que os atrasos em projetos de engenharia causam inúmeros desafios e problemas e oneram acentuadamente as obras, e que, portanto, a identificação das causas do não cumprimento do cronograma original é primordial para se evitar a continuidade dos atrasos em outras etapas da construção ou em novos empreendimentos. Sha et al. (2017) também consideram que para a elaboração de estratégias eficazes para a mitigação das consequências dos atrasos em obras, especialmente a extrapolação dos custos, a identificação de suas causas críticas é fundamental. Deste modo, torna-se

fundamental a identificação das principais causas de atraso e a adoção de medidas preventivas para a minimização dos impactos advindos desse fenômeno (ASNAASHARI et al., 2009; SHAHSAVAND; MAREFAT; PARCHAMIJALAL, 2018; YANG; CHU; HUANG, 2013).

Głuszak e Leśniak (2015), assim como Kowalczyk et al. (2018) reforçam que a análise do atraso de obras ainda é relevante para o setor da construção civil; independentemente dos estudos realizados anteriormente, das ferramentas de gestão existentes e do conhecimento e experiência dos engenheiros. AlSehaimi et al. (2013) afirmam ainda que, na literatura acerca do atraso de obras, as principais causas de atrasos são aquelas referentes as más práticas de gerenciamento, assim como o planejamento e controle ineficazes das construções. Entretanto, segundo os citados autores, a maior parte dos estudos realizados não possui diretrizes objetivas acerca do incremento de ações práticas de gestão dos empreendimentos; além das sugestões apresentadas usualmente serem de cunho generalista e não tratarem especificamente sobre as causas de atraso.

Portanto, o presente trabalho tem como propósito a elaboração de um método de identificação, de análise e controle dos fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção. Além disso, objetiva-se também a identificação dos fatores que contribuem para o atraso de obras na construção civil e a análise de suas causas e consequências negativas. Por conseguinte, o trabalho buscou não apenas a identificação das principais causas de atraso de obra, objetivo comum a diversas pesquisas, mas também o estudo das correlações existentes entre as citadas causas pela técnica estatística da análise fatorial, que foi aplicada nas mais variadas tipologias construtivas e de uso, incluindo: imóveis residenciais, comerciais, públicos e indústrias. Entretanto, para ser possível a obtenção de oportunidades de melhoria de desempenho na gestão de projetos de construção em relação aos atrasos, faz-se necessário um criterioso exame acerca do processo de tomada de decisão relacionado aos fatores de atraso observados, por parte dos interessados no projeto (stakeholders).

Nesse caso, a ferramenta a ser utilizada será a metodologia multicritério construtivista de apoio à decisão (MCDA-C), visto que, em relação às outras metodologias de avaliação de desempenho, os modelos construtivistas diferenciam-se por possibilitarem aos decisores a identificação de oportunidades de aperfeiçoamento, em decorrência da compreensão das consequências de suas ações sobre seus valores (AZEVEDO et al., 2013; ENSSLIN et al., 2010; ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001). Para Azevedo et al. (2013), a geração de conhecimento e informações confiáveis, baseadas nos valores e crenças dos tomadores de

decisão, são as vantagens competitivas advindas da utilização de modelos de avaliação de desempenho, desenvolvidos com a MCDA-C. O referido pesquisador, entretanto, ressalta que os decisores precisam estar participando ativamente e de forma comprometida durante o processo de execução da metodologia MCDA-C, que se caracteriza, quando por ocasião da sua aplicação, pela necessidade de um longo tempo para realizar as etapas previstas no método.

Diante desse contexto, o presente trabalho procura responder a seguinte pergunta de pesquisa “Como é possível reduzir ou controlar os atrasos de obra na gestão dos projetos de construção?” Dessa forma, buscou-se colaborar para o aprofundamento dos estudos sobre atrasos na construção, contribuindo na fronteira do conhecimento para mitigação deste problema presente em vários países, principalmente os países em desenvolvimento.

## **1.2. Origem do Estudo e ineditismo do Trabalho**

O presente trabalho é fruto de uma linha de pesquisa sobre atraso de obras, orientada pelo professor Luiz Maurício Maués e desenvolvida pelo grupo de estudos de construção civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA). A tese de doutorado do professor Maués (Modelo para Estimar o Prazo de Execução de Obras Residenciais Verticais – Por meio da Lógica Fuzzy), defendida em 2017, foi o início do tema e, a partir dela, outros trabalhos aprofundaram as pesquisas em diversas vertentes do atraso de obras.

Quando do meu ingresso no doutorado do PPGEC da UFPA, em 2018, fui convidado a me inserir em uma pesquisa sobre as causas de atraso de obras, iniciado, anteriormente, pelo meu orientador junto a um aluno de mestrado. Entretanto, à época, os estudos não estavam mais sendo desenvolvidos. Cabia a mim obter mais dados de coleta da pesquisa Survey e organizar as análises dos resultados e suas conexões com a literatura existente, assim como desenvolver um artigo que abordaria ainda a relação entre as causas de atraso identificadas através da ferramenta estatística da análise fatorial, efetuado pelo professor Maués. Esse foi o diferencial deste trabalho, que não ficou restrito apenas à identificação das causas de atraso, visto que vários artigos já abordaram essa temática, citando as origens do atraso. Entretanto, tais pesquisas não procuraram compreender as correlações entre elas, ou seja, compreender de que forma esses fatores ou causas interagem entre si.

Após a conclusão desta etapa, considerando-se a necessária relevância e ineditismo indispensáveis a uma tese de doutorado, foi proposta a elaboração de um modelo de

identificação, de análise e de proposta de ações de mitigação para os fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção, com viés construtivista. Por conseguinte, buscou-se verificar o processo de tomada de decisão, por um estudo de caso, para a constatação dos reais motivos originários dos atrasos nos projetos de construção em uma construtora paraense, partindo dos fatores de atraso identificados anteriormente.

### **1.3. Objetivos**

Tendo em vista a problemática descrita e as questões de pesquisa apresentadas anteriormente, este trabalho possui os objetivos gerais e específicos descritos a seguir:

#### **1.3.1. Objetivo Geral**

Elaborar um método de identificação, de análise e de controle dos fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar os fatores que contribuam para o atraso de obras na gestão de projetos de construção;
- Analisar as causas do atraso de obras, observando-se as correlações existentes entre elas pela técnica estatística da análise fatorial;
- Apresentar uma estrutura de medição de desempenho de projetos de construção relacionada aos fatores de atraso em obras civis, utilizando-se a estratégia de pesquisa da Design Science Research (DSR), com base na metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C).

### **1.4. Pressuposto**

A alteração da fase de estruturação da MCDA-C por meio da utilização dos fatores de atraso de obra obtidos pela análise fatorial não compromete os resultados do método quanto as ações de controle para os fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção.

### **1.5. Limitações**

As seguintes limitações foram identificadas no presente trabalho devido a suas características intrínsecas:

- Fonte primária dos trabalhos analisados: bases de pesquisa referentes à Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e artigos disponibilizados pela Capes que

tratassem dos temas abordados (seleção secundária). No caso, fatores de atrasos de obras civis, tomada de decisão e a metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C).

- A pesquisa trata de fatores de atraso de projetos de engenharia relativos a empreendimentos residenciais e comerciais; não sendo considerados nas análises as obras de infraestrutura.
- Os dados coletados e as conclusões obtidas neste trabalho, da aplicação da metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C), não podem ser generalizadas para qualquer situação, visto serem específicos para a DSR realizada.

## **1.6. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho apresenta sua estrutura constituída de cinco capítulos, além das referências e dos anexos.

O capítulo um contém uma breve introdução dos temas abordados, além de apresentar a justificativa e problematização de pesquisa, os objetivos do trabalho, divididos em geral e específicos, assim como descreve as limitações e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo estão conceituados os atrasos dos projetos na construção civil, sendo discutidas ainda as principais causas e consequências dos atrasos nas diversas etapas das obras; além de uma breve revisão conceitual sobre os temas de avaliação de desempenho, tomada de decisão e a utilização da metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão e suas interferências em processos decisórios.

Em seguida, no terceiro capítulo, o delineamento da pesquisa e a metodologia utilizada neste trabalho é realizada.

O capítulo quatro irá apresentar os resultados do trabalho e as análises dos dados; além da descrição da Design Science Research (DSR) aplicada, com a caracterização da empresa estudada e o detalhamento do conteúdo das entrevistas, dos questionários e das técnicas aplicadas referentes à metodologia de mitigação dos fatores de atraso proposta.

No capítulo cinco são apresentadas as conclusões gerais do trabalho, assim como as sugestões para trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. ATRASO DE PROJETOS**

Neste capítulo, apresentam-se os tipos de atraso de obras e os conceitos de atrasos de projetos, segundo a literatura existente sobre o tema. Abordam-se, ainda, as causas de atraso relativos aos empreendimentos da indústria da construção civil de vários países, especialmente nos países em desenvolvimento, que apresentam de forma mais intensa essa problemática, de acordo com as pesquisas da área.

#### **2.1. Conceito de Atraso**

De acordo com Trauner et al. (2009), as seguintes definições de atraso podem ser adotadas: qualquer atividade executada após o prazo estipulado ou posterior ao plano inicial; ou ainda algo realizado fora do tempo programado. Os autores advertem, entretanto, que, nos empreendimentos, o mais importante é a análise do impacto do serviço ou etapa específica das obras que se encontram adiados em relação ao cumprimento ou não dos marcos, ou data final contratual do projeto.

Os atrasos de obra são considerados como um dos maiores problemas encarados pelos países em desenvolvimento e podem ser definidos também como o período que excede a data limite estabelecida contratualmente (SIVAPRAKASAM; JAYASHREE; DINESH, 2017). Kowalczyk et al. (2018) consolidam a condição de extrapolação dos marcos contratuais como uma característica primordial do atraso de obras e complementam que as consequências mais imediatas desse problema são a interrupção das atividades ou prolongamento da duração dos serviços ou, ainda, o adiamento da construção; o que impacta no não cumprimento do prazo global do projeto.

Hamzah et al. (2011) consolidam a condição de extrapolação dos marcos contratuais como uma característica primordial do atraso de obras e complementa que as consequências mais imediatas desse problema são a interrupção das atividades ou prolongamento da duração dos serviços ou ainda o adiamento da construção; o que impacta no não cumprimento do prazo global do projeto. Salientaram, também, que a maior incidência dos fatores de atraso englobava diversas situações, como falhas de caráter técnico e deficiências nos processos gerenciais e dos recursos humanos, relativos às aptidões profissionais e aos aspectos comportamentais e emocionais.

Dentro desse contexto, Zou et al. (2007) salientam as peculiaridades do setor da construção civil que dificultam a entrega de obras no prazo e são desafiadores para os gestores dos empreendimentos, citando, como exemplo: o longo processo de desenvolvimento das obras, projetos complicados, dependências das questões ambientais (intempéries), possíveis conflitos devidos ao elevado número de partes interessadas no projeto, problemas de coordenação entre as equipes do projeto, dentre outras características. Enquanto Agyekum-Mensah e Knight (2017), o atraso de obras é meramente definido em função do não cumprimento do cronograma original e ocorre por diversos motivos, podendo ser originado por qualquer um dos agentes com interesse no empreendimento.

Outra definição existente, de acordo com o trabalho elaborado por Aibinu e Jagboro (2002), é que atraso é uma circunstância em que o período de finalização do empreendimento, acordado pelas partes e determinado no contrato, não é cumprido, considerando que os responsáveis por este fato seria o proprietário e/ou o contratado, solidariamente, ou com forte coparticipação de ambos. Os autores esclarecem, ainda, que nas situações de atraso dos empreendimentos, geralmente, opta-se pela execução mais rápida das etapas da obra ou a prolongamento de sua duração, obviamente com a conseqüente elevação dos custos e dos prazos programados inicialmente. Nesses casos, os pesquisadores relatam que o padrão é a gestão do custo adicional através da inclusão de um percentual do valor do projeto em forma de taxa de reserva ou cota na planilha orçamentária, elaborada anteriormente ao contrato de obra.

Portanto, em termos conceituais, pode-se definir o atraso de um projeto de construção como a extrapolação do prazo final do contrato para a finalização do empreendimento, ou o período que ultrapassou a extensão do contrato, concedido por uma adição de tempo do prazo final ou ainda para além da data de entrega da obra, combinada pelo contratante e o contratado, e que resulta em perda de receita para o proprietário e aumento dos custos indiretos para o contratado (SHAHSAVAND; MAREFAT; PARCHAMIJALAL, 2018). Gündüz et al. (2013) corroboram com esse conceito de atraso e reiteram que o sucesso de um projeto de construção inclui o respeito aos parâmetros pré-estabelecidos no contrato, ou seja, a finalização dentro do prazo, em consonância ao orçamento e com a qualidade exigida pelos stakeholders (partes interessadas no projeto).

Finalizando, Yang e Wei (2010) relatam que os atrasos de obra podem ocorrer em quaisquer das etapas das construções, embora os pesquisadores ressaltem que as fases de planejamento e projeto influenciam significativamente no custo e no cronograma da obra.

Conseqüentemente, atrasos durante o planejamento do empreendimento usualmente prejudicam os cronogramas de execução das fases seguintes, considerando a data de conclusão do projeto. Neste trabalho, então, os atrasos foram considerados como qualquer atividade relativa às fases de planejamento e projeto que não estão em conformidade com o cronograma estabelecido, ou seja, em que os prazos para a finalização das tarefas estejam defasados.

## 2.2. Tipos de Atraso

Segundo Arditi e Robison (1995), os atrasos de obra podem ser classificados como: (a) não desculpáveis, (b) escusável compensável, (c) escusável não compensável, (d) independente, (e) serial e (f) simultâneos. Os atrasos não desculpáveis são de responsabilidade da empresa contratada, advindos da má coordenação das atividades, baixa produtividade e da escassez de equipamentos ou operários nas equipes de trabalho, por exemplo. Em relação aos atrasos escusáveis compensáveis, o contexto refere-se a situações nas quais o atraso em si é controlável ou é devido ao proprietário, como mudanças no escopo, a entrega tardia ou incompleta dos projetos ou especificações. Logo, pode ser permitido ou não a cessão de um prazo a mais ou condição adicional ao contratado para gerir as consequências da ocorrência do atraso, sem prejudicar o cronograma global da obra e nem exceder o orçamento acordado.

Ainda de acordo com os citados autores, os atrasos escusáveis não compensáveis são devido a eventos imprevistos ou sem controle por parte das empresas, não sendo possível uma compensação de tempo, tais como “atos de Deus”, condições meteorológicas adversas ou da escassez inesperada de operários ou material na obra. Por fim, os atrasos independentes foram considerados pelos pesquisadores como episódios que acontecem de forma isolada, sem apresentarem impactos em outras atividades consecutivas (atrasos seriais) ou atrasos simultâneos. Outros tipos de classificação existentes são de causas de atraso internas e externas; conforme Hasmori *et al.* (2018), que consideram as relacionadas aos clientes, aos projetistas, aos prestadores de serviços e aos consultores como causas internas; enquanto as relativas às questões climáticas, aos fornecedores e ao governo como causas externas.

Ahmed *et al.* (2003) também quantificaram os tipos de atraso de obra pela frequência de ocorrência e organizaram os dados de forma decrescente da seguinte maneira: (a) 48% referentes aos atrasos escusáveis e compensáveis; (b) 44% relacionados aos atrasos não escusáveis e (c) 8% para os atrasos escusáveis, mas não compensáveis. As conclusões deste trabalho relatam que, em geral, a responsabilidade pelos atrasos não escusáveis seria do

contratado, enquanto os atrasos escusáveis e compensáveis podem ser imputados ao proprietário ou aos consultores, e que caberia ao governo o encargo dos atrasos escusáveis, mas não compensáveis. Por fim, os autores destacam que há variadas formas de se avaliar as causas de atraso em obras e que as elas podem ser relacionadas a um aspecto isolado, fatores sistêmicos ou falhas de grupos específicos.

Segundo Ahmed et al. (2000), a ocorrência de atrasos simultâneos deve-se tanto ao empreiteiro, quanto ao proprietário. Em tais circunstâncias, devido às correlações de responsabilidades de ambos, o atraso não pode ser imputado somente ao empreiteiro, do qual se exige que não só execute os serviços de forma mais rápida para compensar os impactos pela demora, mas também repare os prejuízos no desenvolvimento das atividades em função do atraso ocasionado pelo proprietário. Os pesquisadores enfatizaram, ainda, que os atrasos, na maioria das vezes, não são provenientes somente de um episódio particular, mas de um desenvolvimento gradual ao longo da execução das obras. Usualmente, só é dada a devida importância a atrasos de menor incidência, quando os impactos financeiros se tornam evidentes.

Por outro lado, os autores Keane e Caletka (2008) tiveram outro entendimento e classificaram os atrasos também como críticos, não críticos ou simultâneos; além de dominantes, subcríticos ou simplesmente não relevantes; no caso desses atrasos terem sido provocados pela baixa produtividade de uma parte. Os autores relatam ainda que, para que o atraso seja considerado crítico, deve ser verificar se as atividades do cronograma que não podem apresentar folga foram afetadas ou não, ou seja, o caminho crítico do projeto deve ser analisado por uma metodologia adequada. Trauner et al. (2009) ressaltam que qualquer exame para se constatar o atraso de um empreendimento tem de focar no cumprimento dos marcos contratuais ou na data final da obra. Observam, também, que não são considerados críticos os atrasos que não impactam no desenvolvimento global do projeto, em um limite específico (baliza) ou no término da construção dentro do prazo.

Alias e Mydin (2013) destacam que a incidência de atrasos nos projetos obriga a alterações ou atualizações na programação original da obra e que o planejamento eficiente das atividades poderia minimizar ou evitar certos tipos de atraso (atrasos críticos e não críticos, atrasos desculpáveis, compensáveis desculpáveis, atrasos desculpáveis, não compensáveis, atrasos não desculpáveis e atrasos simultâneos). Ainda de acordo com os autores, dependendo da categoria do atraso em questão, alguns são usualmente prováveis de ocorrer e podem ser controláveis pelo contratado. Contudo, Alias e Mydin (2013) ressaltam que os serviços não

críticos do empreendimento podem ser afetados por algumas das classificações de atraso citadas, e que nestes casos seria necessário examinar os pormenores do evento para se definir pela extensão do prazo de execução ou pela diminuição da folga planejada.

Enfim, para Doraisamy et al. (2015) é fundamental que seja efetuado um planejamento eficaz de todo os processos de elaboração e implementação do empreendimento, para que a construção possa ser finalizada no prazo contratual e atenda as metas dos custos orçados e as exigências dos clientes. Entretanto, o autor ressalta que os atrasos nos projetos de engenharia são um problema recorrente e podem acontecer durante a execução dos serviços; apresentando um impacto mais ou menos acentuado nas diversas etapas da obra. Desse modo, o conhecimento e entendimento corretos das categorias de atraso de obras podem auxiliar a gestão de risco do empreendimento e as consequências negativas próprias desse fenômeno.

### **2.3. Causas dos Atrasos**

Segundo Megha e Rajiv (2013) diversos estudos já foram realizados com o objetivo de se identificar as principais causas que possibilitam os atrasos em obras, visto que essa é uma das grandes dificuldades encaradas pelas empresas atualmente. Os citados pesquisadores analisaram os empreendimentos imobiliários indianos do setor residencial e realizaram uma revisão da literatura sobre o tema e entrevistas estruturadas nas empresas. Além disso, identificaram e classificaram as causas de atraso pelos índices de importância relativa e de importância, baseados nos graus de gravidade e de frequência. Foram observadas as 59 causas de atraso mais citadas, que se encontravam organizadas em nove grupos principais. Os resultados apontaram que cinco das dez maiores razões para a ocorrência de atraso foram comuns nos métodos empregados na pesquisa, entre elas:

- 1) A curta duração original do contrato;
- 2) A escassez de trabalhos;
- 3) O atraso na entrega de material;
- 4) O baixo nível de produtividade dos trabalhos;
- 5) O atraso nos pagamentos em progresso pelo proprietário.

Rafieizonooz et al. (2015) corroboram que as origens ou razões para a ocorrência dos atrasos nas obras foram objetos de estudo de muitas pesquisas sobre o assunto, realizadas nos

mais diversos países, em particular nos países em desenvolvimento, nos quais o problema do atraso é mais intenso. Os referidos autores realizam o trabalho no Irã e utilizaram como metodologia a pesquisa Survey e três técnicas estatísticas (análise descritiva, modelagem de regressão e análise fatorial) e concluíram que as principais causas de atraso de obras naquele país são:

- 1) Falta de compromisso;
- 2) Gerenciamento ineficiente do canteiro de obras;
- 3) Má coordenação do canteiro de obras;
- 4) Complexidade no patrimônio e na legislação;
- 5) Falta de habilidades de estimativa e trabalhadores qualificados;
- 6) Falta de comunicação entre partes;
- 7) Planejamento inadequado;
- 8) Falta de clareza no contrato.

No artigo, os pesquisadores argumentam que o principal fator de atraso de obras constatado foi a falta de compromisso, o que se contrapõe a outros trabalhos, como o de El-Razek *et al.* (2008) e Assaf e Al-Hejji (2006), que relatam que as dificuldades financeiras dos clientes e dos contratados seriam a causa de atraso mais importante. Contudo, Rafieizonooz *et al.* (2015) concordam que o atraso do pagamento do contratado pelos clientes é um dos fatores de atraso mais citados na literatura, junto com a demora na tomada de decisão, por isso recomendam que os estudos preliminares e o projeto sejam elaborados com acurácia, assim como que se evitem mudanças no escopo do projeto durante sua construção para que se possa minimizar os atrasos nos empreendimentos.

Conforme Hasmori *et al.* (2018), 50% das causas de atraso são referentes aos contratados, 20% relacionam-se ao cliente e 30% correspondem aos consultores; de acordo com os resultados da pesquisa qualitativa realizada pelos autores junto ao mercado da construção da Malásia. Em relação às principais causas para a ocorrência de atraso nos empreendimentos, as dificuldades financeiras foram identificadas como o principal fator para a não conclusão dos serviços no prazo, dentre outras causas:

- 1) Dificuldades financeiras;

- 2) Confusões e erros nos documentos do projeto;
- 3) Atraso na entrega de materiais;
- 4) Mudanças de ordem;
- 5) Falta de coordenação com os contratados;
- 6) Falta de informações do cliente antes da fase de concepção;
- 7) Atraso na aprovação de mudanças no trabalho;
- 8) Planejamento e programação ineficazes;
- 9) Problemas na coordenação e na comunicação com os clientes e consultores;
- 10) Falta de habilidades do subcontratado.

Challal e Tkiouat (2012) avaliaram os projetos de construção do Marrocos, com o intuito de constatar e categorizar as causas de atraso de obra, além de analisar a constância do fenômeno, as consequências e sua importância relativa. A metodologia de pesquisa foi uma abordagem que utilizava os processos de análise “top-down” (macroscópico) e “bottom-down” (microscópico) por questionários, entrevistas e pesquisa documental junto aos proprietários, aos gerentes de projetos e aos contratados. Os resultados demonstraram que para 55% dos contratados, 80% dos gerentes de projeto e 70% dos clientes os atrasos verificados apresentavam uma média em torno de 10% a 30% do período inicial em 70% dos projetos.

Outras conclusões da pesquisa foi que 56% das causas de atraso são de responsabilidade do gerente de projetos e 44% seriam devido aos clientes. Em relação às causas internas, o percentual é de 67% e estariam relacionadas ao gerenciamento operacional e ao escopo da empresa, enquanto 33% seriam em função de causas externas. Por fim, foi realizada uma classificação comparativa de causas pelos métodos de importância relativa e de avaliação da criticidade, que identificaram as seguintes causas de atraso de obra:

- 1) Erros na avaliação inicial do orçamento;
- 2) Volatilidade dos programas de arquitetura e engenharia (várias solicitações de modificação);
- 3) Riscos no canteiro de obras;
- 4) Falhas ou deficiências de um dos agentes;

- 5) Insuficiência ou falta de dos estudos prévios e de viabilidade;
- 6) Procedimentos de atraso externo (atribuição de subsídios, emissão de licença de construção etc.);
- 7) Domínio pobre de cooperação;
- 8) Erros de alocação, gerenciamento e coordenação na fase inicial;
- 9) Erros de alocação e gerenciamento durante a fase de construção.

Outros artigos também identificaram como um dos principais fatores de atraso de obras as dificuldades financeiras dos clientes e/ou proprietários. No caso do trabalho desenvolvido por Fugar e Agyakwah-Baah (2010), por exemplo, que estudaram a indústria da construção civil em Gana, os autores constataram que o grupo relacionado às questões financeiras eram referentes ao pagamentos tardio dos fornecedores, operários e empreiteiros, dificuldades de obtenção de crédito e variações de preços. Além desses fatores, foi verificado ainda que os custos e a complexidade dos projetos usualmente eram subestimados pelos clientes, consultores e contratados.

Outra pesquisa que pode ser citada em relação às dificuldades financeiras dos empreendimentos é a de Larsen et al. (2016), que analisaram os problemas de atraso na Dinamarca, em quatro agências públicas, por meio de entrevistas semiestruturadas com os gerentes de projetos das instituições, entre arquitetos, engenheiros e agrimensores. A conclusão do estudo é que a ausência ou incerteza de obtenção de financiamento para a obra é a principal causa de atraso; além de contribuir também para os custos, erros ou omissões dos relatórios produzidos pelos consultores e pela baixa qualidade dos serviços, erros ou omissões observadas durante a construção. Os pesquisadores enfatizam, principalmente, que o atraso do projeto impacta expressivamente de maneira diversa no cronograma elaborado, no orçamento e no nível de qualidade dos serviços e que, por isso, o gerente de projeto deve examinar as questões críticas de maneira sistêmica, ou seja, não ficar restrito às análises condicionadas apenas à programação da obra e aos custos orçados.

Entretanto, diversos trabalhos apontam que as mudanças nos projetos requisitadas pelo proprietário durante a construção é que seriam a razão fundamental para os atrasos nas construções (KOG, 2018; MUHWEZI; ACAI; OTIM, 2014; TARIGAN; SUBROTO, 2018) Vacanas e Danezis (2018) reconhecem tal tese, ao observarem que os problemas financeiros

não foram considerados como uma das principais causas de atraso na indústria da construção do Chipre. Segundo os autores, isso contrariaria a literatura internacional sobre o tema, que considera as dificuldades para efetuar os pagamentos aos contratados como um dos fatores mais relevantes para o atraso de obras, especialmente em países que possuem economias menos desenvolvidas. Em relação às conclusões do trabalho em questão, os motivos mais significativos de atraso de obra foram os seguintes:

- 1) Alterações requeridas no escopo do projeto, solicitadas pelos clientes e/ou proprietários;
- 2) Erros ou ausências de informações nos desenhos dos consultores;
- 3) Baixa produtividade dos contratados;
- 4) Experiência inadequada dos consultores em projetos especializados;
- 5) Atraso no repasse de informações pelos consultores;
- 6) Dificuldades na obtenção de financiamento para as obras pelo contratante;
- 7) Programação inadequada dos serviços.

Demais autores, como Tafazzoli et al. (2017), também comprovaram as excessivas requisições de mudança pelo proprietário durante a construção como a principal razão para a não entrega dos empreendimentos no prazo, além de outras 30 causas de atraso de obra, tais como o tempo consumido no processo de decisão pelo proprietário e os erros de projeto. A metodologia efetuada na pesquisa foi uma abordagem junto a especialistas da área e uma revisão bibliográfica sobre o assunto cujo objetivo foi a análise dos atrasos na entrega de empreendimentos no mercado da construção civil dos EUA; visto que para os autores o atraso de obras é um problema recorrente no país e que provocam impactos econômicos e sociais consideráveis.

Os pesquisadores destacaram ainda que, devido às mudanças requeridas no projeto terem sido classificadas como a principal razão para a ocorrência de atraso nas construções norte americanas, os proprietários têm uma importante contribuição nesse cenário. Dessa forma, sugerem duas medidas para a minimização dos atrasos para esses casos. A primeira refere-se à prévia determinação dos parâmetros do projeto, de maneira objetiva e transparente, segundo as expectativas e vontades dos clientes; a segunda, à necessidade de ocorrência de frequentes encontros entre os “*stakeholder*” durante a duração do projeto, com o intuito de

assegurar a cooperação entre todos. Foram recomendadas, ainda, outras diretrizes para a redução de atrasos nas construções em função de erros no desenvolvimento dos projetos, como o recrutamento de profissionais experientes (projetistas e revisores), além da alocação de prazos e recursos adequados aos trabalhos. Por fim, destacou-se a importância na melhoria da comunicação e coordenação entre os envolvidos no empreendimento para uma eficiente gestão de riscos da obra.

É interessante observar que os problemas financeiros também não foram avaliados como causas de atraso essenciais, sendo mencionados apenas na 15<sup>a</sup> (atraso no pagamento pelo proprietário), 22<sup>a</sup> (dificuldades financeiras e má gestão pelo contratante), e 30<sup>a</sup> posição (dificuldades financeiras com o projetista), respectivamente. Tal contexto é justificado pelo fato de os EUA ser uma nação desenvolvida e configurar-se como a maior economia do mundo. Esse fato também foi constatado por Zidane et al. (2015), que observaram a inexistência de adversidades financeiras na implementação de novos empreendimentos na Noruega, visto que os projetos de construção do país nunca são planejados e executados sem a devida garantia dos recursos necessários para a sua finalização, o que minimiza a possibilidade de ocorrência de conflitos relacionados ao pagamento entre as partes.

Corroborando com os procedimentos indicados por Tafazzoli et al. (2017), Hwang et al. (2013) também constataram que o gerenciamento do canteiro de obras, a coordenação entre as partes, as mudanças solicitadas pelo proprietário ao longo da execução dos serviços e as disponibilidades de material, de mão de obra e de equipes para o gerenciamento do projeto se configuravam como as situações mais frequentes de atraso nas obras locais. Os pesquisadores, que estudaram os atrasos nos empreendimentos públicos habitacionais em Singapura, ressaltaram a importância da participação de todos os envolvidos no projeto em constantes reuniões, visando à atualização de informações acerca do andamento das etapas do empreendimento, além da melhoria da eficiência do sistema de comunicação e do gerenciamento do projeto.

Para Toor e Ogunlana (2008), entretanto, a ineficaz coordenação e comunicação entre as partes não foram consideradas como uma causa relevante de atraso de projetos, mesmo havendo várias culturas e idiomas presentes na indústria da construção da Tailândia, número excessivo de participantes do projeto e a existência de projetistas e contratados estrangeiros. Segundo os autores, embora o setor da construção civil apresente causas de atraso comuns a diversas nações, especialmente àquelas em desenvolvimento, outros fatores também podem

incidir para a ocorrência de atrasos, por exemplo: características específicas das indústrias locais e dos projetos, fatores socioeconômicos e condições culturais. Nesta pesquisa, enfim, as causas de atraso constatadas com maior incidência foram:

- 1) Ausência de recursos,
- 2) Má gestão do contratado;
- 3) Escassez de mão de obra;
- 4) Atrasos no projeto;
- 5) Deficiências de planejamento e programação;
- 6) Ordens de mudança;
- 7) Dificuldades financeiras dos contratados.

Mais um fator bastante estudado por diversos pesquisadores é a baixa produtividade da mão de obra que, de acordo com Kumaraswamy et al. (1998), influencia diretamente os tempos das atividades da obra, do mesmo modo que a duração geral do projeto e a extensão do atraso. Para os referidos autores, entretanto, a melhoria dos níveis de produtividade não é suficiente para a prevenção ou minimização de possíveis atrasos nos empreendimentos. As recomendações são que a produtividade e um sistema de informação adequado, dentre outros fatores, possam ser incorporados ao escopo do projeto no que tange à elaboração do método de previsão do prazo total do empreendimento, além da obtenção de um equilíbrio e uma coesão entre diversos aspectos por meio de um gerenciamento eficiente, que otimize a utilização dos recursos e suas interações com os objetivos do projeto e os aspectos externos.

Nesse contexto, Doloi (2007) analisou a produtividade dos trabalhadores da indústria da construção australiana e destacou que a lucratividade e a competitividade do setor dependem muito da sua mão de obra, em decorrência das características peculiares das atividades desenvolvidas na construção civil, que emprega intensamente o trabalho operário. O pesquisador ressalta ainda que, para que a eficácia dos serviços possa ser melhorada, é fundamental investir em dois fatores-chaves, que incrementam a motivação e a moral dos funcionários: primeiro, um ambiente de trabalho adequado, em que as pessoas se sintam integradas à empresa e reconhecidas pelos seus resultados; segundo, a elaboração de contratos laborais com cláusulas de incentivos, que proporcionem segurança financeira aos empregados,

com uma perspectiva de valorização do trabalho e recompensas dentro da empresa, além de benefícios adicionais apropriados e esquemas de incentivo, dentre outros critérios.

A baixa produtividade dos trabalhadores aliada à ausência de uma política de incentivo de desempenho foi constatada também por Odeh et al. (2002), que, em função dessa realidade, recomendam o investimento em um sistema de desenvolvimento dos recursos humanos na construção civil, por meio do treinamento intensivo da mão de obra. Gündüz et al. (2013) destacam ainda que os projetos de construção podem ser significativamente impactados pela qualidade ou experiência da força de trabalho e que, para se evitar ou mitigar a má qualidade dos serviços e a ocorrência de acidentes de trabalho, é importante a contratação de pessoas com o perfil e o conhecimento adequados ao cargo.

Khahro e Memon (2018) também observaram a pouca produtividade e a baixa moral ou motivação da mão de obra como causas de atraso dos projetos de construção e recomendaram ações corretivas para minimizar seus impactos negativos, como melhorar a satisfação no local de trabalho e monitorar os resultados apresentados pelas equipes, analisando-se os dados coletados para subsidiar a tomada de ações quanto ao desempenho dos funcionários. Entretanto, segundo os autores, os principais fatores críticos identificados, referentes aos atrasos não desculpáveis na construção civil do Paquistão foram o mau planejamento, o uso de equipamentos inadequados e a escassez de mão de obra, equipamentos e de materiais.

A escassez e a entrega atrasada de materiais, inclusive, configuram-se como um dos motivos que mais contribuem para o retardo na entrega dos empreendimentos em escala mundial, consoante com os estudos efetuados por Rahman et al. (2017) em Brunei, que comprovaram a existência de quinze causas de atraso no total, distribuídas em seis causas relacionadas à carência dos suprimentos e nove devido à demora no fornecimento dos insumos. Os autores identificaram a origem ou disponibilidade dos materiais como o fator mais relevante em relação à exiguidade dos insumos na obra, visto que as empresas de Brunei são obrigadas a importar a maioria dos materiais de países vizinhos, em virtude de o mercado local ser restrito em relação à quantidade e diversidade de materiais. A escassez é justificada ainda devido:

- 1) À estimativa incorreta da quantidade de materiais;
- 2) Ao mau acabamento aplicado no assentamento dos insumos;
- 3) À qualidade não condizente com a recomendada para o material;
- 4) À inconsistência da demanda, caso a comercialização de um insumo fosse independente

das solicitações do mercado local;

- 5) A materiais especiais, utilizados em edificações específicas, tais como hospitais ou penitenciárias, por exemplo.

Em contrapartida, a entrega atrasada dos suprimentos passa pela gestão ineficiente tanto na compra dos insumos, quanto no sistema de gerenciamento do estoque, que possui outras razões correlatas, tal como a morosa detecção dos tipos de materiais exigidos em decorrência das requisições de mudanças no projeto e a lenta tomada de decisão efetuadas pelos clientes ou proprietários. Outros fatores que influenciam a demora no fornecimento de insumos aos canteiros de obras verificados pelos pesquisadores foram:

- 1) Produtividade apresentada pela mão de obra;
- 2) Condições climáticas inclementes;
- 3) Restrições governamentais associadas a determinados insumos;
- 4) Escassez de matéria prima;
- 5) Questões logísticas;
- 6) Mal planejamento e programação da obra;
- 7) Estimativa irreal da duração da construção.

Dentro dessa conjuntura, é importante realçar a pesquisa efetuada por Koushki e Kartam (2004) que explorou as razões dos atrasos e o conseqüente aumento dos custos nos projetos do setor habitacional do Kuwait, com foco mais específico nos materiais de construção civil. Dentre os aspectos analisados, os autores verificaram que os grandes projetos sofrem mais atrasos do que os de menor porte quanto à entrega de materiais e que os insumos são entregues pontualmente somente em menos da metade dos empreendimentos. Outras constatações feitas foram que somente em 25% dos projetos os atrasos ocorrem em virtude da demora no fornecimento dos materiais para a obra e que os prejuízos financeiros apurados representam entre 13 e 14% do valor total da construção devido ao aumento dos preços dos insumos.

Por fim, as conclusões do estudo demonstraram que o tempo dedicado à seleção dos materiais, dos tipos de insumos e a verificação da disponibilidade desses produtos no mercado local, assim como a ausência de um engenheiro para supervisionar os serviços são fatores de atraso substanciais e apresentam um significativo efeito estatístico para que os suprimentos não sejam entregues no canteiro de obras de acordo com a programação planejada.

Existem, ainda, outras causas de atraso, que são citadas na literatura, como os eventos

imprevisíveis, deficiências gerenciais e dificuldades financeiras dos contratados, baixa capacidade técnica das equipes locais de empreiteiros ou consultores, dentre outras questões mencionadas por Birgonul et al. (2015). Considerando tais circunstâncias, os autores enfatizam a necessidade de a análise dos atrasos estar inserida de forma holística nos estudos elaborados ao longo do ciclo de vida dos projetos, além de ressaltarem a relevância de uma investigação específica da extensão do atraso e da possibilidade de se contrabalancear os efeitos do retardo da construção. Como contribuição, os pesquisadores propuseram o desenvolvimento de uma abordagem integrada, de caráter sistêmico, que engloba o exame de cada etapa da obra e identifica os desvios existentes.

Para Haseeb et al. (2011), a ocorrência de atrasos na construção civil retarda o crescimento do setor e, muitas vezes, inviabiliza a execução de determinados empreendimentos, devido aos impactos financeiros decorrentes da demora na conclusão dos projetos. Os pesquisadores analisaram a indústria paquistanesa e constataram diversos fatores de atraso, como projetos mal elaborados, dificuldades de pagamento e financiamento das obras, mau planejamento e gerenciamento dos serviços ou aspectos externos, por exemplo, condições climáticas adversas e desastres naturais, como inundações e terremotos. Contudo, as questões relacionadas ao cliente foram observadas no trabalho como as mais impactantes, o que inclui sua capacidade econômica, o planejamento financeiro realizado e a eficaz tomada de decisão, considerando os parâmetros estabelecidos no cronograma e no orçamento da construção.

Deve-se destacar, também, a pesquisa efetuada por Gebrehiwet e Luo (2017), que comparou as causas de atraso nas três etapas de implementação dos empreendimentos na Etiópia, ou seja, antes, durante e após a construção, além de analisar as consequências da demora na conclusão dos projetos. Importantes origens de retardo nos serviços foram identificadas, como: a corrupção, a inflação ou aumento de preços dos insumos, ausência de materiais de qualidade e a indisponibilidade de serviços públicos nos canteiros de obras, como o acesso à água e à energia elétrica, por exemplo.

Além das causas de atraso de obras já apreciadas ao longo deste capítulo, com o intuito de aprofundar essa temática e analisar os principais autores e os estudos desenvolvidos na área de 1995 a 2018, foi efetuada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que resultou em 50 trabalhos selecionados, segundo critérios previamente estabelecidos e detalhados no capítulo 4 da presente tese. Destaque-se que as pesquisas verificadas foram realizadas com metodologias variadas e nos mais diversos países, que apresentam diferentes realidades econômicas e de

desenvolvimento. Parte dos resultados da RSL encontram-se descritos no Quadro 1. Ressalte-se, entretanto, que algumas causas de atraso apresentadas estão relacionadas direta ou indiretamente ao gerenciamento do projeto. Contudo, foram avaliadas isoladamente outras causas como:

- 1) Dimensionamento inadequado (mão de obra/equipamentos/materiais);
- 2) Desatualização tecnológica/questões logísticas;
- 3) Má gestão/organização do canteiro de obras;
- 4) Má comunicação e coordenação com outras partes;
- 5) Atraso na entrega (materiais/equipamentos);
- 6) Prazo inadequados impostos (cliente).

Quadro 1 – Principais causas de atraso de obras.

<b>Principais Causas de Atraso</b>	<b>Autores</b>
Mudanças no projeto pelo cliente	Arditi e Robinson (1995); Ogunlana et al. (1996); Ayman e Al-Momani (2000); Odeh e Battaineh (2002); Hashem M. Al-Tabtabai (2002); Lo et al. (2006); Abdul-Rahman et al. (2006); El-Razek et al. (2008); Trauner et al. (2009); Pourroostam et al. (2011a); Pourroostam et al. (2011b); Pourroostam e Ismail (2011); Shebob et al. (2011); Yang et al. (2013); Aziz (2013); Gündüz et al. (2013); Marzouk e El-Rasas (2014); Gardezi et al (2014); Mydin et al. (2014b); Arantes et al. (2015); Filippi e Burrattino (2015); Birgonul et al. (2015); Gluszak et al (2015); Zidane et al. (2015); Gündüz et al (2015); Saeb et al. (2016); Mpofu et al. (2017); Hsu et al. (2017b); Rathinakumar et al. (2017); Kog (2018); Bilgin et al. (2018); Hasmori et al. (2018); Tarigan e Subroto (2018); Serna et al. (2018); Shahsavand et al. (2018).
Gerenciamento inadequado do projeto (planejamento/gestão do cronograma, custos e recursos)	Odeh e Battaineh (2002); Hashem M. Al-Tabtabai (2002); Aibinu e Odeyinka (2006); Abdul-Rahman et al. (2006); Farid et al. (2006); El-Razek et al. (2008); Asnaashari et al. (2009); Pourroostam et al. (2011a); Pourroostam e Ismail (2011); Shebob et al. (2011); Doloi et al. (2012); Aziz (2013); Gündüz et al. (2013); Gardezi et al (2014); Marzouk e El-Rasas (2014); Arantes et al. (2015); Dolage e Pathmarajah (2015); Dolage e Pathmarajah (2015); Filippi e Burrattino (2015); Gluszak et al. (2015); Zidane et al. (2015); Gündüz et al (2015); Saeb et al. (2016); Khan e Gul (2017); Maués et al. (2017); Mpofu et al. (2017); Hsu et al. (2017b); Rathinakumar et al. (2017); Bilgin et al. (2018); Hasmori et al. (2018); Khahro e Memon (2018); Kog (2018); Serna et al. (2018); Shahsavand et al. (2018).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1 – Principais causas de atraso de obras (Continuação)

Principais Causas de Atraso	Autores
Dificuldades financeiras (clientes/contratados)	Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Ayman e Al-Momani (2000); Odeh e Battaineh (2002); Hashem M. AI-Tabtabai (2002); Abdul-Rahman <i>et al.</i> (2006); Aibinu e Odeyinka (2006); Lo <i>et al.</i> (2006); El-Razek <i>et al.</i> (2008); Pourrostam <i>et al.</i> (2011a); Pourrostam <i>et al.</i> (2011b); Pourrostam e Ismail (2011); Aziz (2013); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Marzouk e El-Rasas (2014); Gardezi <i>et al.</i> (2014); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Arantes <i>et al.</i> (2015); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Dolage e Pathmarajah (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Zidane <i>et al.</i> (2015); Saeb <i>et al.</i> (2016); Khan e Gul (2017); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Hasmori <i>et al.</i> (2018); Khahro e Memon (2018); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018); Tarigan e Subroto (2018); Serna <i>et al.</i> (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Tomada lenta de decisões	Odeh e Battaineh (2002); Hashem M. AI-Tabtabai (2002); Lo <i>et al.</i> (2006); Farid <i>et al.</i> (2006); Pourrostam e Ismail (2011); Shebob <i>et al.</i> (2011); Aziz (2013); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Zidane <i>et al.</i> (2015); Arantes <i>et al.</i> (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Saeb <i>et al.</i> (2016); Mpofo <i>et al.</i> (2017); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Hasmori <i>et al.</i> (2018); Kog (2018); Tarigan e Subroto (2018).
Prazo inadequados impostos (cliente)	Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Lo <i>et al.</i> (2006); Pourrostam <i>et al.</i> (2011b); Mpofo <i>et al.</i> (2017); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018).
Escassez de materiais/equipamentos	Arditi e Robinson (1995); Marzouk e El-Rasas (2014); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Khahro e Memon (2018); Tarigan e Subroto (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Má gestão/organização do canteiro de obras	Arditi e Robinson (1995); Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Ayman e Al-Momani (2000); Hashem M. AI-Tabtabai (2002); Abdul-Rahman <i>et al.</i> (2006); Lo <i>et al.</i> (2006); Aibinu e Odeyinka (2006); Pourrostam <i>et al.</i> (2011a); Pourrostam <i>et al.</i> (2011b); Pourrostam e Ismail (2011); Shebob <i>et al.</i> (2011); Doloi <i>et al.</i> (2012); Yang <i>et al.</i> (2013); Aziz (2013); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Marzouk e El-Rasas (2014); Gardezi <i>et al.</i> (2014); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Dolage e Pathmarajah (2015); Filippi e Burrattino (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Zidane <i>et al.</i> (2015); Mpofo <i>et al.</i> (2017); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Bilgin <i>et al.</i> (2018); Khahro e Memon (2018); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Baixa produtividade/Comprometimento da mão de obra	Odeh e Battaineh (2002); Hashem M. AI-Tabtabai (2002); Abdul-Rahman <i>et al.</i> (2006); Doloi <i>et al.</i> (2012); Marzouk e El-Rasas (2014); Filippi e Burrattino (2015); Zidane <i>et al.</i> (2015); Saeb <i>et al.</i> (2016); Mpofo <i>et al.</i> (2017); Hsu <i>et al.</i> (2017b); Khahro e Memon (2018).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Quadro 1** – Principais causas de atraso de obras (Continuação)

<b>Principais Causas de Atraso</b>	<b>Autores</b>
Experiência inadequada/Baixa capacidade técnica/Falta de ética dos contratados	Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Odeh e Battaineh (2002); Lo <i>et al.</i> (2006); Marzouk <i>et al.</i> (2008); Trauner <i>et al.</i> (2009); Pourrostam <i>et al.</i> (2011a); Pourrostam <i>et al.</i> (2011b); Pourrostam e Ismail (2011); Shebob <i>et al.</i> (2011); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Aziz (2013); Marzouk e El-Rasas (2014); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Dolage e Pathmarajah (2015); Filippi e Burrattino (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Saeb <i>et al.</i> (2016); Hsu <i>et al.</i> (2017b); Hasmori <i>et al.</i> (2018); Khahro e Memon (2018); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Licenças atrasadas/influências políticas/burocracia/ questões legais	Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Lo <i>et al.</i> (2006); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Aziz (2013); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Gardezi <i>et al.</i> (2014); Zidane <i>et al.</i> (2015); Khan e Gul (2017); Mpofo <i>et al.</i> (2017); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Bilgin <i>et al.</i> (2018); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Greves/imprevistos/ guerras e terrorismo/tráfego	Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Marzouk <i>et al.</i> (2008); Trauner <i>et al.</i> (2009); Gardezi <i>et al.</i> (2014); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Hsu <i>et al.</i> (2017b); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017).
Atraso na entrega (materiais/equipamentos)	Arditi e Robinson (1995); Ayman e Al-Momani (2000); Aibinu e Odeyinka (2006); Asnaashari <i>et al.</i> (2009); Pourrostam <i>et al.</i> (2011a); Shebob <i>et al.</i> (2011); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Yang <i>et al.</i> (2013); Aziz (2013); Dolage e Pathmarajah (2015); Filippi e Burrattino (2015); Zidane <i>et al.</i> (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Hasmori <i>et al.</i> (2018); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018); Tarigan e Subroto (2018); Serna <i>et al.</i> (2018).
Projetos incompletos/mal elaborados/com entrega atrasada	Arditi e Robinson (1995); Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Ayman e Al-Momani (2000); Aibinu e Odeyinka (2006); Farid <i>et al.</i> (2006); Marzouk <i>et al.</i> (2008); Trauner <i>et al.</i> (2009); Pourrostam e Ismail (2011); Shebob <i>et al.</i> (2011); Doloi <i>et al.</i> (2012); Kazaz <i>et al.</i> (2012); Aziz (2013); Gardezi <i>et al.</i> (2014); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Khan e Gul (2017); Mpofo <i>et al.</i> (2017); Hsu <i>et al.</i> (2017b); Bilgin <i>et al.</i> (2018); Hasmori <i>et al.</i> (2018); Kog (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Dimensionamento inadequado (mão de obra/equipamentos/ materiais)	Arditi e Robinson (1995); Ayman e Al-Momani (2000); Kazaz <i>et al.</i> (2012); Dolage e Pathmarajah (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Khan e Gul (2017); Bilgin <i>et al.</i> (2018).
Cultura Organizacional	Ardit <i>et al.</i> (2017); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Avarias/manutenção/falhas de equipamentos	Aibinu e Odeyinka (2006); Aziz (2013); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Khahro e Memon (2018).

**Fonte:** Elaborado pelo autor

**Quadro 1** – Principais causas de atraso de obras (Conclusão)

<b>Principais Causas de Atraso</b>	<b>Autores</b>
Condições climáticas/Questões ambientais/Sinistros/Condições do subsolo	Arditi e Robinson (1995); Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Ayman e Al-Momani (2000); Lo <i>et al.</i> (2006); Trauner <i>et al.</i> (2009); Asnaashari <i>et al.</i> (2009); Pourrostam <i>et al.</i> (2011a); Pourrostam <i>et al.</i> (2011b); Pourrostam e Ismail (2011); Yang <i>et al.</i> (2013); Marzouk e El-Rasas (2014); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Ballesteros-Perez <i>et al.</i> (2015); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Filippi e Burrattino (2015); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Hsu <i>et al.</i> (2017b); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018); Senouci <i>et al.</i> (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Retrabalho/Defeitos	Arditi e Robinson (1995); Trauner <i>et al.</i> (2009); Pourrostam <i>et al.</i> (2011a); Pourrostam <i>et al.</i> (2011b); Kazaz <i>et al.</i> (2012); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Birgonul <i>et al.</i> (2015); Filippi e Burrattino (2015); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Tarigan e Subroto (2018).
Má comunicação e coordenação com outras partes	Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Lo <i>et al.</i> (2006); Doloi <i>et al.</i> (2012); Aziz (2013); Gündüz <i>et al.</i> (2013); Mydin <i>et al.</i> (2014b); Gündüz <i>et al.</i> (2015); Zidane <i>et al.</i> (2015); Khan e Gul (2017); Hsu <i>et al.</i> (2017b); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Hasmori <i>et al.</i> (2018); Khahro e Memon (2018); Kog (2018); Shahsavand <i>et al.</i> (2018).
Desatualização tecnológica /Questões logísticas	Asnaashari <i>et al.</i> (2009); Gluszak <i>et al.</i> (2015); Khan e Gul (2017); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018).
Escassez de mão de obra qualificada	Arditi e Robinson (1995); Ogunlana <i>et al.</i> (1996); Hashem M. Al-Tabtabai (2002); Abdul-Rahman <i>et al.</i> (2006); Filippi e Burrattino (2015); Rathinakumar <i>et al.</i> (2017); Khahro e Memon (2018); Kowalczyk <i>et al.</i> (2018).
Características físicas dos apartamentos/tempo de execução e tamanho do projeto (*)	Maués <i>et al.</i> (2017).

**Fonte:** Elaborado pelo autor

(\*) Causas de atraso identificadas apenas no trabalho de Maués *et al.* (2017)

Considerando-se as causas de atraso presentes no Quadro 1, que ainda não foram analisadas na presente tese, observou-se que uma das causas mais frequentemente citadas pela maioria dos estudos da área como um dos principais fatores que contribuem para o atraso de obras é o gerenciamento inadequado dos projetos de construção, o que compreende as atividades de planejar e gerir o cronograma, os custos orçados e os recursos materiais e de mão de obra referentes ao empreendimento (KHAHRO; ZUBAIR AHMED MEMON, 2018;

SHAHSAVAND; MAREFAT; PARCHAMIJALAL, 2018; ZIDANE et al., 2015).

Tal condição foi corroborada por Muianga et al. (2015), que elaboraram uma revisão sistematizada da literatura existente sobre desvio nos prazos e custos dos projetos de construção. Nesse estudo, apesar de as pesquisas apresentarem peculiaridades quanto a região ou localidade analisada e da escassa produção de trabalhos sobre o tema na América Latina, especialmente em nosso país, foram identificados 95 fatores de atraso e nove categorias associadas e constatado que o gerenciamento é a mais relevante, pois responde por 37% dos casos de desvios e possui grande influência nas outras categorias quanto às questões de coordenação e tomadas de decisão, além de integrar ações e o interesse de todas as partes interessadas no projeto.

Segundo Alsehaimi et al. (2013), 87% das pesquisas realizadas apontam o ineficaz planejamento e controle como um fator de atraso relevante, 56% relacionam-se com o mau gerenciamento do canteiro de obras e 69% com a gestão de suprimentos. Apesar desse cenário, poucos trabalhos estudam os motivos que justificam a ineficácia do planejamento e controle da obra. Além disso, não propõem soluções para a melhoria do gerenciamento dos projetos e, quando o fazem, não apresentam as ferramentas e as técnicas adequadas para a implementação das ações necessárias. Os autores recomendam ainda o emprego da pesquisa ação ou uma abordagem construtivista para o desenvolvimento de novas metodologias de caráter prático ou o teste das técnicas já existentes em ambientes diferentes dos comumente utilizados.

De acordo com Khoshgoftar et al. (2010), embora um eficiente planejamento possa ser considerado fundamental para o gerenciamento de um projeto de construção, frequentemente são constatadas falhas no processo, em virtude do controle deficiente das atividades programadas em conformidade com o cronograma e da falta de atualização regular do planejamento da obra. Foi observado pelos autores que esta conjuntura envolve questões culturais do setor, visto que, geralmente, as obras são iniciadas sem todos os projetos estarem finalizados e dos serviços serem executados somente com base na experiência de sua mão de obra na grande maioria dos casos. Além disso, os planejamentos caracterizam-se como de curta ou média duração, ou seja, diário ou no máximo semanal. Porém, o fato mais grave constatado na pesquisa foi que os contratados alegaram nas entrevistas realizadas que não seguiam rigorosamente os cronogramas das tarefas repassados às equipes e que os consideravam apenas uma simbologia, que era revisada periodicamente pelos supervisores e os contratantes das obras.

Há ainda o trabalho de Adam et al. (2017), desenvolvido com o intuito de analisar as consequências dos desvios de custos e prazo em grandes obras públicas, setor que habitualmente sofre influências de pressões políticas nem sempre condizentes com as metas do projeto e seu custo-benefício. Os pesquisadores comprovaram a importância do gerenciamento quanto à possibilidade de ocorrência de atrasos de obras e à extrapolação dos custos previstos, além de terem reforçado o papel da gestão eficiente do empreendimento como um fator chave, que impacta as tomadas de decisão adotadas nas fases iniciais do projeto referentes aos critérios de custo e programação da obra.

Para Abdul-Rahman et al. (2006), gerir um projeto de construção é um desafio quando comparado à administração de uma empresa de produção seriada, que apresenta condições padronizadas de operação. Por isso, recomendam um envolvimento intensivo da gestão do empreendimento, a fim de prevenir e/ou diminuir os impactos relacionados ao atraso de obras, enfatizando ainda a adoção de uma visão estratégica focada na importância do gerenciamento eficiente do projeto, em consonância com a colaboração da alta direção na resolução dos problemas, assim como no investimento em conhecimento e no sistema de informação de toda a organização.

Filippi e Melhado (2015), que analisaram 32 projetos de edificações na região metropolitana da cidade de São Paulo, no período de 2008 a 2015, salientam que as empresas atrasam suas obras basicamente pela falta de observância do planejamento previamente estabelecido, sem a obtenção de nenhum benefício intrínseco nisso. Os autores também constataram a pouca influência no retardo dos serviços em decorrência dos fatores externos ao local de construção, tais como as intempéries, questões de mercado ou dos clientes, condições do solo etc., visto que os resultados apontaram que as falhas no gerenciamento do canteiro de obra como as razões fundamentais para o atraso na execução do projeto. Devido a esse contexto, as recomendações da pesquisa reforçam a primordial relevância no desenvolvimento das competências dos recursos humanos, incluindo empreiteiros, a mão de obra operária e os gerentes e supervisores; além da otimização de ferramentas, metodologias e sistemas de planejamento e controle das obras.

O gerenciamento deficiente do canteiro de obras também foi observado como um dos principais fatores de atraso em construções e objeto de estudo de diversos outros pesquisadores, tais como Aziz (2013), Ilyas et al. (2020) e Sepasgozar et al. (2015), por exemplo. Entretanto, com o intuito de se evitar tal cenário, diminuindo os possíveis conflitos entre as

partes e se buscar um eficaz gerenciamento do projeto, Al-Momani (2000) esclarece que a tomada de decisão deve ser pautada em estimativas confiáveis de prazos e custos e em sistemas de controle eficientes, dentro dos parâmetros orçamentários e do cronograma planejado, para o alcance de o sucesso geral do projeto e não apenas do ambiente das obras.

A lenta tomada de decisão é constantemente citada também como um causa de atraso importante, conforme as pesquisas de Alaghbari et al. (2007), Kharashi et al. (2009) e Mpofo et al. (2017). Destaca-se ainda o trabalho de Shebob et al. (2011), no qual foi concebido um modelo de análise das causas e repercussões dos atrasos nas obras, que identificou 24 fatores críticos de atraso na indústria da construção da Líbia, incluindo a tomada de decisão tardia, considerada como a principal razão de retardo dos serviços pelos consultores entrevistados no estudo de caso desenvolvido pelos autores. As conclusões são de que o modelo proposto de análise de atraso é uma importante metodologia de apoio gerencial para a adoção de ações de prevenção e minimização dos impactos do problema.

Ressalta-se ainda a constatação de que grande parte dos autores pesquisados ficam restritos apenas à catalogação ou descrição das inúmeras causas de atraso das obras (MOHAMMED; BELLO, 2022; RAUZANA; DHARMA, 2022; SANNI-ANIBIRE; ZIN; OLATUNJI, 2020), sem visarem a uma compreensão maior desse fenômeno por meio da análise fatorial de suas causas, ou seja, das correlações existentes entre as origens dos retardos; conforme efetuado nesta pesquisa. Tal lacuna do conhecimento observada limita os estudos da área e se configura como um dos principais objetivos deste trabalho, que visa avaliar, com profundidade, o processo de tomada de decisão e elaborar um modelo de identificação, análise e que proponha ações de mitigação para os fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção.

Considerando este cenário, os próximos itens abordam os temas relativos ao processo de tomada de decisão e avaliação de desempenho; além da fundamentação teórica da metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C), que foi a ferramenta a ser utilizada nesta pesquisa.

#### **2.4. Avaliação de desempenho**

Segundo Yoon (2021), que desenvolveu um trabalho acerca da isonomia e igualdade dos sistemas de avaliação pessoal de desempenho no ambiente organizacional, o desenvolvimento de forma justa e adequada da avaliação de desempenho de uma pessoa não é

um processo fácil, seja pelo viés do empregado ou do ponto de vista da empresa; visto que há a perspectiva da eficácia do arcabouço teórico inerente ao método de avaliação ser distorcido pelo caráter subjetivo e dos atributos peculiares de análise de cada entrevistado.

Apesar desse contexto, Najafi et al. (2011) consideram a avaliação de desempenho como uma relevante ferramenta de gestão utilizada na avaliação da eficácia do trabalho produzido pelos funcionários e, conseqüentemente, da empresa em relação ao alcance dos objetivos e metas institucionais; assim como as gratificações ou penalidades obtidas por cada colaborador, incluindo ainda o desenvolvimento de carreira, comprometimento, motivação e satisfação deles no ambiente organizacional. Ainda segundo os pesquisadores citados, o propósito principal da análise é a melhoria do desempenho efetivo e potencial da equipe por meio da mensuração e registro de informações coletadas durante os processos produtivos.

Van Dijk e Schodl (2015) definem a avaliação de desempenho como sendo as metodologias ou procedimentos que as empresas utilizam para examinarem as performances dos seus empregados e divulgarem os resultados alcançados, visando a melhoria dos processos corporativos e o desenvolvimento profissional dos funcionários. Os autores destacam, entretanto, que as finalidades da avaliação de desempenho devem ser expostas a todos de maneira clara e objetiva para se evitar reações adversas ao processo avaliativo e garantir seu êxito.

Rosa et al. (2013) caracterizam a avaliação de desempenho como uma metodologia que auxilia os decisores na identificação, organização, mensuração, integração e gerenciamento dos critérios em uma conjuntura específica; possibilitando o alcance dos objetivos traçados e a gestão interna dos dados. Considerando as limitações dos tomadores de decisão quanto ao perfeito entendimento do processo, os pesquisadores salientam que a participação dos decisores é fundamental em todas as fases do método de avaliação de desempenho adotado; visando ampliar a compreensão deles dos impactos das opções existentes e das ações a serem implantadas. Por fim, os autores destacam a importância de se analisar as informações em relação a quantidade e qualidade disponibilizadas, do mesmo modo que com os dados recebidos (*feedback*) durante a realização da avaliação de desempenho.

Segundo Petri (2005), para que uma empresa possa alcançar a otimização dos processos e a melhoria dos resultados, é imprescindível um esforço conjunto dos gestores na elaboração de sistemas de avaliação de desempenho, visando a implementação de métodos para mensurar

e analisar aspectos fundamentais da organização, tais como sua eficiência e eficácia, produtividade, qualidade, inovação e lucratividade, por exemplo. Neely et al. (2005) destacam ainda a importância da adoção de indicadores, alinhados aos objetivos estratégicos e gestão da companhia, para o sucesso na implementação de um eficiente sistema de avaliação de desempenho.

Em relação à avaliação de desempenho na indústria da construção civil, Ngacho e Das (2015) identificaram seis indicadores chaves de performance das empresas de engenharia; ampliando a abordagem habitual que foca principalmente nos critérios de tempo, custo e qualidade, aliando também indicadores baseados nos requisitos de segurança, de disputas mínimas no canteiro de obras e de impactos ambientais. Os autores destacaram, ainda, seis fatores críticos de sucesso relacionados aos indicadores citados, organizados conforme suas correlações e particularidades; tais como fatores relacionados ao projeto, ao cliente, ao consultor, ao contratado, à cadeia de suprimentos e à fatores externos alusivos ao meio ambiente.

Tunji-Olayeni et al. (2016) salientam que as construtoras nigerianas não fazem uso dos mecanismos existentes de avaliação de desempenho para sua autoanálise; embora as empresas apresentem inúmeras adversidades relativas à extrapolação dos custos e prazos contratuais, assim como dificuldades referentes a qualidade dos serviços, baixa produtividade, por exemplo. Apesar desse cenário, os pesquisadores destacam, entretanto, que a avaliação de desempenho é uma metodologia fundamental para se constatar o grau de performance real das instituições e que a ferramenta auxilia na elaboração dos objetivos estratégicos das organizações. Por fim, entre as recomendações do trabalho, os autores sugerem que as firmas adotem a gestão da cadeia de suprimentos e constatem o nível de satisfação dos empregados na avaliação do desempenho das empresas; além dos outros parâmetros empregados comumente: custos, prazos, qualidade, satisfação do cliente, lucratividade do projeto, produtividade, condições de segurança e trabalho em equipe.

Em suma, de acordo com Salim Neto (2019), a avaliação de desempenho começou a ter uma importância maior no cenário mundial por volta dos anos 60, sendo que na década de 90 esse processo se intensificou, em escala global, devido a competição acentuada entre as empresas, em decorrência do grande desenvolvimento dos sistemas de informação. As consequências correlatas foram a necessidade de aperfeiçoamento das metodologias de planejamento e gerenciamento, assim como as de tomada de decisão. Azevedo (2013) destaca,

inclusive, que a avaliação de desempenho se encontra atualmente presente em praticamente todas as instituições, seja qual for o mercado ou indústria avaliada. Segundo o autor, um dos maiores benefícios ao ambiente organizacional é o aprendizado advindo de se avaliar o desempenho das empresas, dos processos, produtos os serviços prestados; o que permite que a tomada de decisão possa ser mais precisa, eficaz e em conformidade com os objetivos e as metas estipuladas; conforme detalhado a seguir no item 2.5.

## **2.5. Tomada de Decisão**

Segundo Chaves et al. (2013), as decisões são opções realizadas pelo decisor ou decisores, baseadas em seus conjuntos de valores, quando avaliam o potencial de uma alternativa específica em relação a sua performance em comparação a de outras ações; considerando as perdas e ganhos entre o desempenho de ambas. Contudo, de acordo com Libby et al.(2002), em muitos casos, as informações acessíveis são restritas para os decisores poderem avaliar corretamente o contexto de forma integral, o que prejudica a capacidade deles de tomar uma decisão. Ainda conforme os autores citados, há também limitações cognitivas, de memória e de percepção do contexto decisório atual e futuro dos decisores em relação aos dados existentes.

Winterfeldt (2013) salienta que a tomada de decisão é baseada nas crenças e valores do decisor ou decisores e que esse processo envolve questões como: (1) as consequências das alternativas de ações disponíveis e sua relevância; (2) incertezas; (3) conflitos de interesses entre as partes, que podem ser inúmeras e divergentes; (4) panorama decisório complexo e (5) a imprescindível divulgação das informações do andamento dos procedimentos adotados. E que, devido a esse cenário, o autor propôs o alinhamento dos métodos científicos com as necessidades dos decisores para auxiliá-los na opção da melhor decisão possível para a situação avaliada; embora reconheça que o conhecimento produzido pela ciência não seja usualmente acessível para grande parte das pessoas; incluindo os decisores.

Segundo Harris (2012), a tomada de decisão não se restringe apenas a identificar possibilidades dentro da análise de um contexto e escolher uma alternativa dentre às inúmeras apresentadas; visto que a opção deve ser baseada naquela ação mais passível de êxito ou ser eficaz; ou que ainda esteja de acordo com os parâmetros estabelecidos pelos decisores quanto as metas, valores e planos. Além disso, o autor destaca que durante o processo as incertezas existentes sobre a opção mais adequada podem ser minimizadas, contudo, é importante cautela

com o excesso de informações obtidas para evitar-se atrasos nos prazos disponíveis para a tomada de decisão final e, principalmente, a ocorrência do negligenciamento ou mesmo esquecimento de detalhes fundamentais em decorrência da existência de dados em demasia.

Quanto aos inúmeros conceitos presentes na literatura sobre tomada de decisão, deve-se destacar o elaborado por Schoemaker e Russo (2012) que a configuram como uma metodologia executada por um decisor ou grupo de decisores que visa o atingimento das metas ou objetivos a serem implementados; considerando os meios efetivos disponíveis. Os autores ressaltam ainda o aprendizado advindo da prática do método, assim como a interação entre os envolvidos nas quatro principais fases do processo decisório: enquadramento (definição dos problemas), coleta de informações (inteligência), escolha (obtenção de conclusões) e aprendendo com a experiência.

Outro conceito a respeito de tomada de decisão é o elaborado por Shahsavarani e Abadi (2015), que a definem como um dos mais relevantes métodos intelectivos que objetiva a opção consciente de uma alternativa final em relação às diversas existentes, ou seja, trata-se de uma metodologia que visa continuamente à solução de situações adversas através de escolha da ação mais adequada. Eles destacam, ainda, que a tomada de decisão é uma metodologia que abrange todos os aspectos da vida humana, sendo caracterizada pela sua complexidade em virtude de ser impactada tanto por aspectos ambientais e psicológicos, quanto por fisiológicos e biológicos. Para os pesquisadores citados, a análise das tendências e estratégias inerentes à tomada de decisão é correlacionada à capacidade de compreensão e ao conhecimento do processo como um todo.

Para Nitta (2014), a tomada de decisão é um processo ou método que tem como propósito auxiliar as pessoas a alcançarem uma decisão e que os resultados dos exames ou prognósticos a respeito de um contexto decisório podem ser diversos devido às inúmeras metodologias que podem ser utilizadas. O referido pesquisador destaca também que a tomada de decisão pode ser racional, ou seja, baseada em informações consistentes, dados objetivos, avaliação das preferências individuais dos envolvidos no processo e das alternativas de ação possíveis e suas consequências; ou que os decisores podem ainda efetuar suas análises de maneira mais subjetiva, ponderando quanto as condições do cenário organizacional atual em relação as limitações decorrentes da estrutura hierárquica, das políticas internas da empresa e das rotinas de trabalho existentes. Por fim, Nitta (2014) ressaltava ainda que, embora, haja processos mais anárquicos, onde a decisão é tomada de forma aleatória (processos de lata de

lixo); a tomada de decisão mais adequada pode ser fundamentada na análise do contexto social; que é uma abordagem que considera as normas, as regras e os papéis sociais do ambiente avaliado e das pessoas que o compõem.

Em situações com mais de um decisor, Turpin e Marais (2004) detalham que o processo decisório apresenta inicialmente uma etapa exploratória divergente, na qual se busca encontrar alternativas que viabilizem solucionar os problemas avaliados de forma criativa. Na outra etapa, convergente, o objetivo é restringir a quantidade de opções visando à decisão final. Os citados pesquisadores evidenciam, entretanto, que o processo todo é impactado por diversos aspectos, como pressões ambientais, cumprimento dos prazos, complexidade da problemática em análise, por exemplo. Em suma, os autores recomendam que, para o sucesso do procedimento de tomada de decisão, é necessária a compreensão do ambiente que se está observando (valores e políticas da empresa e colaboradores, tipo de liderança, estrutura organizacional, dentre outras características), do mesmo modo que se deve buscar ferramentas tecnológicas que auxiliem o decisor ou consultor durante os trabalhos e focar em um eficiente sistema de informações que facilite a comunicação entre as partes e permita o correto entendimento dos problemas e necessidades dos decisores e dos interessados no projeto.

De acordo com Fülöp (2007), é viável decompor o processo decisório a partir das seguintes etapas: (1) definição do problema, de forma clara, precisa e acordada entre as partes interessadas; (2) determinação dos requisitos, que balizam os critérios das soluções a serem avaliadas; (3) definição dos objetivos, que são as metas a serem alcançadas; (4) identificação das alternativas, que se caracterizam como ações que permitem a mudança do contexto inicial para o mais próximo possível do cenário desejado; (5) definição dos critérios de decisão, que delimitarão as escolhas das ações e que precisam ser fundamentados nos objetivos; (6) seleção da ferramenta adequada de tomada de decisão, que auxiliará os decisores na organização das informações, sendo que a opção por uma software dependerá da complexidade e particularidades de cada caso; (7) avaliação das alternativas em relação aos critérios, podendo ser realizada tanto por métodos objetivos, quanto subjetivos; e (8) a validação das soluções em relação à declaração do problema, o que significa que as alternativas apresentadas necessitam ser confrontadas com os objetivos e critérios estabelecidos nas circunstâncias avaliadas.

Independente do contexto analisado, o conceito de decisão não pode ser dissociado totalmente do processo decisório, sendo a decisão final uma consequência da discussão dos pontos críticos existentes e o resultado das interações entre as partes interessadas no projeto e

os conflitos sobre as preferências dos decisores (ROY, 1996). Segundo o trabalho de Bana e Costa (1993), um processo de decisão possui características que englobam tanto elementos de natureza objetiva, quanto subjetiva, inerente aos sistemas de valores dos agentes envolvidos. Dentro do exposto, para o pesquisador, a atividade de apoio à decisão encontra-se inserida no processo de decisão, com o intuito de auxiliar a elaboração de uma estrutura consensual pelos tomadores de decisão e de um processo de avaliação, que não seja normativo ou que busque a solução ótima dentro da realidade existente. Portanto, de acordo com Bana e Costa (1993), o viés é interativo, construtivista e de aprendizagem.

Em relação ao apoio à decisão, Cinelli et al. (2020) não a consideram uma atividade simples, visto que exige uma série de requisitos, tais como o gerenciamento de riscos e de projetos, modelação matemática, competências de programação e dialética etc. e citam ainda a Metodologia Multicritério de Apoio a Decisão (MCDA) como um método frequentemente utilizado nos últimos anos pelo mercado no auxílio aos decisores e aos interessados na problemática avaliada durante o processo de tomada de decisão. Os autores afirmam ainda que o MCDA permite constatar, ao longo de suas etapas, os valores e predileções dos decisores e elaborar diretrizes que sejam condizentes com esse contexto e que visem a ações de melhoria nos procedimentos adotados pela empresa ou profissionais avaliados, conforme detalhado a seguir no item 2.6.

## **2.6. Metodologia Construtivista Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA-C)**

Segundo Ensslin et al. (2010) destacaram, a Metodologia Construtivista Multicritério de Apoio a Decisão (MCDA-C) iniciou-se como uma derivação da MCDA original com o objetivo de apoiar os decisores em panoramas com certo grau de complexidade, incerteza e conflitos; colaborando também com a geração de conhecimento dos decisores sobre as circunstâncias analisadas. Para os pesquisadores, embora a MCDA-C já existisse há cerca de duzentos anos ou mais, ela só foi reconhecida cientificamente como um método de gestão a partir das últimas décadas, mais especificamente em meados de 1980. Eles citam ainda o trabalho de diversos autores que colaboraram para esse processo, como: Roy (1996) e Landry (1995), que estabeleceram fronteiras para os métodos objetivos de apoio a decisão; além de Skinner (1986) e Keeney (1996), pelo reconhecimento de que os parâmetros e metas são restritos ao cenário particular avaliado pelos tomadores de decisão, e, por fim, Bana e Costa (1993), que detalharam os fundamentos da MCDA.

Para Carpes et al. (2006), a MCDA-C se baseia nos princípios e conceitos das pessoas inseridas no contexto avaliado, visando fundamentar o processo decisório e, com isso, possibilitar o desenvolvimento de modelos ou protótipos por meio dos quais os decisores considerem como apropriados para o caso em questão; possibilitando o embasamento de suas ações. Os autores destacam, ainda, que o método MCDA-C tem por objetivos identificar, mensurar, integrar e gerar procedimentos de melhoria para os componentes que não demonstram uma performance satisfatória.

Conforme relatado por Marafon et al. (2015), a MCDA-C apresenta as seguintes finalidades: (1) mensuração das metas organizacionais, com base nos valores e preferências dos decisores; (2) possibilitar ao decisor compreender os efeitos de suas ações nos objetivos planejados; (3) definição de graus de referência para cada propósito, alinhados ao entendimento dos decisores; (4) auxiliar na percepção da colaboração dos critérios adotados nos objetivos estratégicos da empresa; (5) identificação de possibilidades de melhoria em virtude da ampliação dos conhecimentos advindos do processo de apoio à tomada de decisão. Ainda de acordo com os referidos autores, tal contexto caracteriza o principal aspecto da MCDA-C, que é o incremento do aprendizado do decisor em relação ao cenário sob análise, de maneira sistematizada e organizada em três fases (estruturação, avaliação e recomendações) visando a elaboração de um método multicritério de avaliação do desempenho que proporcione ao decisor um domínio dos processos de produção da sua empresa.

Ressalta-se, por fim, que todas as fases e etapas da metodologia MCDA-C se encontram mais bem detalhadas no capítulo 3 da presente tese, de delineamento e metodologia da pesquisa; do mesmo modo que no capítulo 4, que apresenta os resultados e análises dos dados obtidos durante as fases de coleta de informações e observações de campo do trabalho.

Em suma, em decorrência do contexto apresentado ao longo deste capítulo, observa-se que o atraso de obras ainda é um problema significativo para muitos países, especialmente para aqueles que ainda se encontram em desenvolvimento, e os impactos gerados pela demora em finalizar a entrega dos empreendimentos acabam afetando não apenas a indústria da construção civil, mas questões sociais fundamentais como o déficit habitacional e o PIB (Produto Interno Bruto) do setor, além da própria sobrevivência no longo prazo das empresas, que podem sofrer ações judiciais, apresentar dificuldades de fluxo de caixa, atraso nos pagamentos, entre outros prejuízos. Contudo, além da compreensão dessa problemática, as pesquisas realizadas até então não apresentaram resultados eficazes quanto à adoção de

possíveis soluções que minimizem, de fato, seus efeitos.

Portanto, claramente há uma necessidade de se aprofundar os estudos acerca do atraso de obras, ampliando o universo de pesquisa da simples constatação do fenômeno e identificação de suas causas e consequências, para a busca de se aperfeiçoar os sistemas de gestão dos projetos de engenharia, com ênfase na tomada de decisão e avaliação de desempenho com base da metodologia MCDA-C.

## CAPÍTULO 3

### 3 DELINEAMENTO E METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo serão expostos os conceitos metodológicos, o delineamento e a metodologia de pesquisa, e como o estudo desenvolvido neles se enquadra.

#### 3.1. Caracterização e delineamento da pesquisa

A metodologia de pesquisa adotada pode ser classificada, em relação à abordagem, como uma pesquisa qualitativa-quantitativa, o que pressupõe o uso integrado das técnicas quantitativas e qualitativas na coleta dos dados e na interpretação dos fenômenos. Para Goldenberg, Marsiglia e Gomes (2003), em razão de suas diferenças, as técnicas devem ser integradas, o que possibilitará se explorar as potencialidades de cada uma delas. Ainda segundo esses autores, se adequadamente utilizada, essa possibilidade pode auxiliar a obtenção de uma maior qualidade na pesquisa científica. Sobre essa questão, Fellows e Liu (2015) destacam que as duas abordagens tendem a ser exploratórias, tanto o procedimento quantitativo, que utiliza o método científico, quanto o qualitativo, no qual o tema estudado é explorado, muitas vezes, sem previamente terem sido estabelecidas as formulações de pesquisa.

Ressalta-se ainda que, em virtude do tema estudado, que foi o desenvolvimento de um modelo para o controle do atraso de obras com base na MCDA-C, optou-se pela Design Science Research (DSR) como a estratégia de pesquisa mais adequada para o trabalho, considerando que a DSR visa elaborar diretrizes com o intuito de aperfeiçoar sistemas reais, trabalhando na resolução das adversidades, assim como também na confecção de produtos ou artefatos que auxiliem as instituições e a sociedade em geral a alcançar um desempenho superior nas atividades a que se propõem (DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Outro aspecto relevante da DSR, que se correlaciona com a dinâmica da metodologia MCDA-C e que é destacado por Dresch et al. (2015), é o fato de que, embora o foco da DSR seja a solução de problemas, o método tem por objetivo a obtenção de uma resposta adequada, que satisfaça as circunstâncias do cenário analisado, e não necessariamente do melhor resultado do ponto de vista técnico. Tremblay, Hevner e Berndt (2010) salientam também que, embora as pesquisas que utilizem a DSR tenham um enfoque maior no artefato produzido, o pesquisador não pode se ater somente a este propósito. Para os respectivos autores, a finalidade deve englobar também a obtenção de indícios que comprovem que realmente o artefato é eficaz quanto a soluções dos problemas observados.

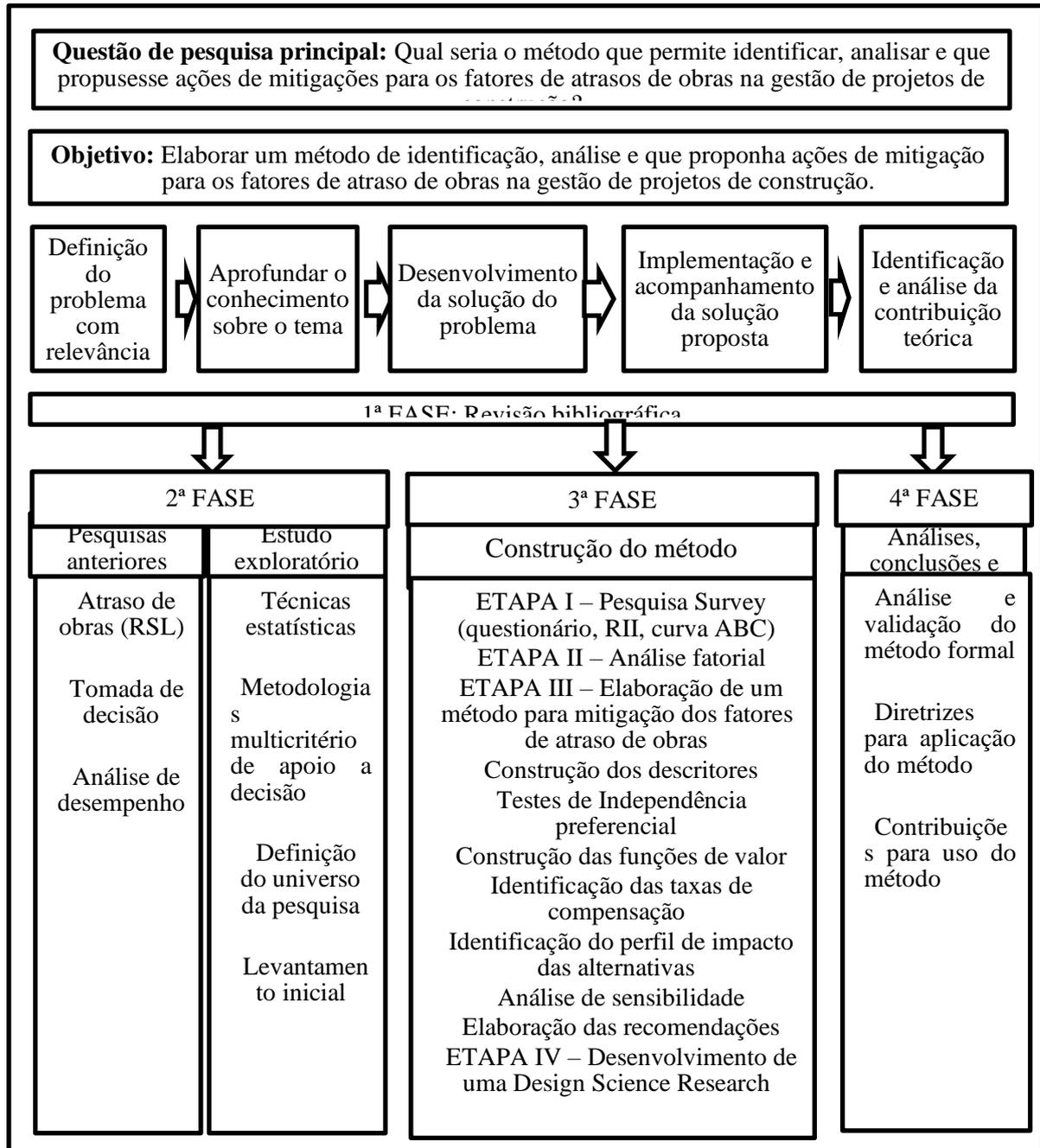
Para Manson (2006), a DSR é caracterizada como um método mais prescritivo do que simplesmente descritivo, que visa prescrever meios que tornem as ações mais eficazes. Segundo o pesquisador, a DSR é constituída basicamente das operações de construir e avaliar, que são processos focados na elaboração e testes das propriedades de artefatos; que podem ser identificados como construções (vocabulários e símbolos), modelos (apresentações e representações), instanciações (sistemas implementados e protótipos) ou métodos (algoritmos e práticas). Em relação aos procedimentos a serem adotados para a execução de uma DSR, Simon (1970) desenvolveu uma metodologia, composta de seis fases, que engloba: (1) descobrir um problema que apresente potencialidade de pesquisa e importância prática; (2) alcançar um entendimento amplo sobre o tema de pesquisa; (3) elaborar uma concepção de solução; (4) comprovar a eficácia da solução proposta; (5) demonstrar as correlações entre o desenvolvimento teórico e a solução recomendada (contribuição da pesquisa); (6) analisar o escopo da utilidade da solução.

Vaishnavi et al. (2017) também elaboraram um modelo de processo de pesquisa para o desenvolvimento de uma DSR, que contém as seguintes etapas: (1) conscientização do problema, (2) sugestão, (3) desenvolvimento, (4) avaliação e (5) conclusão. Os autores destacam ainda os produtos de cada fase do modelo, como a elaboração inicialmente de uma proposta e de um projeto provisório, antes da confecção do artefato em si. Posteriormente, efetuam-se as medidas do desempenho e verificam-se os resultados gerados. Por fim, segundo os seus objetivos, o presente trabalho classifica-se como uma pesquisa exploratória e explicativa, por ter como objetivo um maior conhecimento do problema, tornando-o mais explícito e, assim, auxiliar a constituição de hipóteses (2002). Desse modo, visando ao alcance dos objetivos da pesquisa, a metodologia proposta foi desenvolvida nas seguintes etapas, conforme demonstrado na Figura 1:

Preliminarmente, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre atraso de obras, visando obter-se os estudos mais relevantes que abordassem essa temática. Dentre os diversos autores analisados, observou-se mais especificamente o trabalho de Reis et al. (2016), que identificaram 58 razões de retardo mais comumente frequentes nos projetos de construção, além de terem constatado e classificado hierarquicamente os fatores de atraso em consonância com a literatura e com os dados obtidos de uma pesquisa *survey*, efetuada no mercado de engenharia da região metropolitana de Belém. Ressalte-se, portanto, que a presente tese buscou dar prosseguimento ao trabalho iniciado por Reis et al. (2016), que são componentes do mesmo grupo de pesquisa

em comum; sendo que a partir dos resultados obtidos e do questionário elaborado pelos citados pesquisadores, buscou-se aprofundar a compreensão sobre os atrasos nas obras e, principalmente, visando à elaboração de uma metodologia que controlasse a ocorrência de atrasos nos projetos de engenharia e os impactos decorrentes desse fenômeno.

**Figura 1** - Delineamento da pesquisa



Fonte 1: Elaborado pelo autor.

### 3.2. 1ª Fase - Revisão Bibliográfica

### 3.3. 2ª Fase - Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

O significativo número de causas relacionadas a atrasos de obras exige uma investigação

metodológica robusta e consistente, que permita indicar a relevância dessas causas. Nessa perspectiva, foi desenvolvida, no período de 04 março a 31 maio de 2019, a presente RSL com o objetivo de identificar as causas mais frequentes relacionadas aos atrasos de obra indicadas na literatura. Dentre as vantagens da RSL, tem-se a rastreabilidade do processo, a fundamentação em uma estratégia específica, a reprodutibilidade e sua aplicação por métodos explícitos e sistematizados de busca, possibilitando críticas e análises objetivas (HIGGINS, JULIAN; GREEN, 2008; SAMPAIO; MANCINI, 2007).

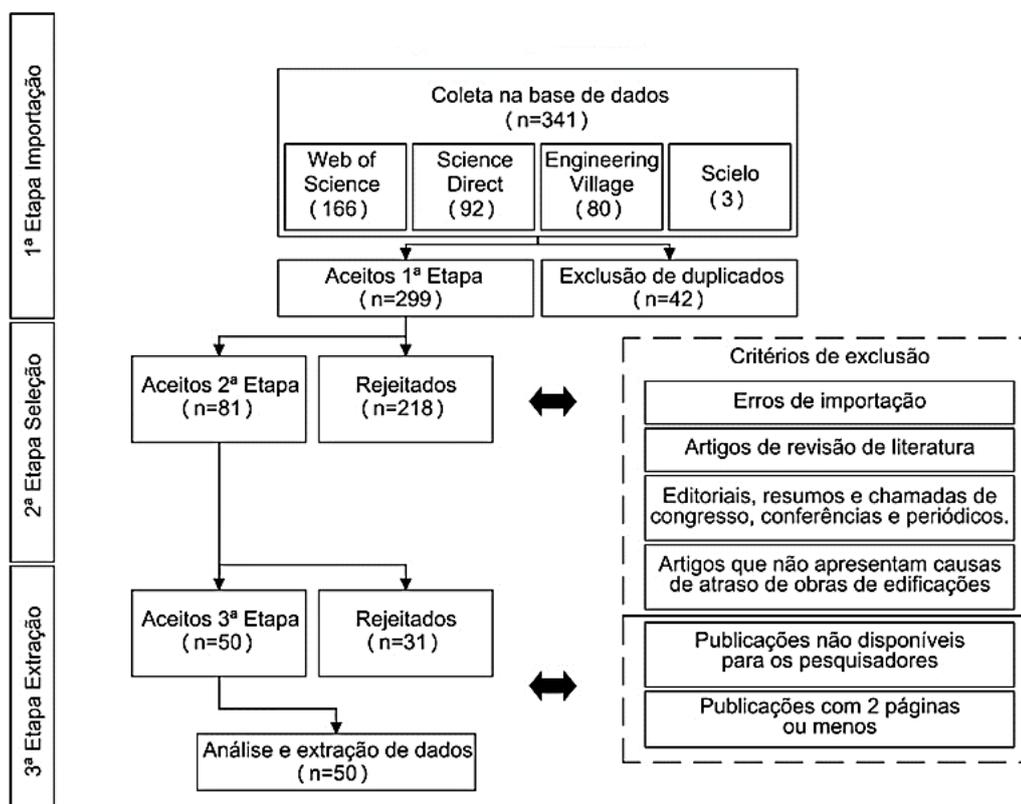
Para tal, foi utilizado o software START (estado da arte através da revisão sistemática), desenvolvido na Universidade de São Carlos (UFSCAR) com o objetivo de auxiliar os pesquisadores na realização de revisões sistemáticas. Em síntese, quatro etapas compuseram a RSL: (A) a definição dos parâmetros de pesquisa (bases, palavras-chaves, idiomas dos estudos; e critérios de inclusão e exclusão); (B) a efetiva busca das publicações, identificando possíveis duplicações (que são imediatamente removidos); (C) a seleção das publicações, identificando sua aderência ao tema da RSL pela avaliação dos títulos e resumos, segundo os critérios de inclusão e exclusão (previamente estipulados); e (D) a etapa de extração dos dados, que ocorre a partir da leitura integral da publicação na qual o trabalho é lido completamente. Nesta última, repete-se a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, uma vez que neste ponto o trabalho é conhecido em sua integralidade.

O método aplicado para a execução da RSL iniciou-se com um estudo exploratório, visando a um melhor conhecimento das pesquisas relacionadas ao tema, bem como a delimitação dos parâmetros de busca. As bases de pesquisa utilizadas foram *Science Direct*, *Web of Science*, *Scielo* e *Engineering Village*, definidas a partir de recomendações de Dresch *et al.* (2015), bem como pelo conhecimento empírico dos autores. Os seguintes termos foram pesquisados: “*delays in construction industry*”, “*construction delays*”, “*construction industry delays*”, “*construction sector delays*” e “*delays in construction*”. As buscas foram efetuadas nos campos título, resumo e palavras-chaves utilizando o operador booleano “OR” entre os termos de pesquisa. As etapas da RSL encontram-se apresentadas na Figura 2.

Ressalte-se, ainda, que não houve limitação quanto ao idioma e nem ao período de publicação. Contudo, os trabalhos deveriam apresentar o título ou o resumo em inglês, pelo menos, visto que os termos da pesquisa estavam nesse idioma. Em relação aos critérios de exclusão, foram adotados: (a) erros de importação, (b) artigos de revisão de literatura, (c) editoriais, resumos e chamadas de congressos e conferências, (d) publicações que não apresentam causas de atrasos de obra, (e) publicações indisponíveis para a pesquisa e (f)

publicações com duas páginas ou menos. Por fim, os seguintes dados foram obtidos de cada trabalho na fase de extração: título do trabalho, autores, ano de publicação, país em que foi realizada a pesquisa e as causas de atrasos apontadas pelos autores.

**Figura 2** – Etapas da RSL



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Para a operacionalização da RSL, foram analisadas as publicações retomadas na busca nas bases e, em caso de discordância, decidia-se sua aceitação ou rejeição, seguindo estritamente os critérios de inclusão e exclusão pré-determinados. Seguindo rigorosamente as etapas de revisão, bem como tais critérios de aceitação da publicação, foram obtidos os trabalhos sobre causas relacionadas especificamente aos atrasos na indústria da construção. Os autores mais relevantes encontrados nas 50 publicações estão apresentados no Quadro 2, que também fornece uma visão geral dos principais países em que os estudos foram desenvolvidos, e onde ocorrem o maior número de publicações.

Outros países apresentaram duas publicações ou menos, fato que mostra a baixa representatividade destas nações em relação ao tema desta pesquisa. São eles: Brasil: Maués et al. (2017) e Filippi e Melhado (2015); Chile: Ballesteros-Perez et al. (2015); Colômbia: Serna et al. (2018); Emirados Arábes Unidos: Mpofo et al. (2017) e Faridi e El-Sayegh (2006); Hong Kong: Lo et al. (2006); Indonésia: Mulia Tarigan e Subroto (2018); Inglaterra: Hsu et al. (2017a); Jordânia: Al-Momani (2000) e Odeh e Battaineh (2002); Líbia: Shebob et al. (2011);

Nigéria: Aibinu e Odeyinka (2006); Noruega: Zidane et al. (2015); Polônia: Gluszek e Lesniak (2015) e Kowalczyk et al. (2018); Portugal: Arantes et al. (2015); Qatar: Al-Tabtabai (2002) e Senouci et al. (2018); Tailândia: Ogunlana et al. (1996) e Yang et al. (2013); Sirilanka: Dolage e Pathmarajah (2015).

Quadro 2 – Principais países, autores e percentual de frequência

<b>Países</b>	<b>Autores</b>	<b>(%)</b>
Irã	Asnaashari et al.(2009); Pourroostam e Ismail (2011); Pourroostam et al. (2011a); Pourroostam et al. (2011b); Saeb et al. (2016); Shahsavand et al. (2018)	12,0
Turquia	Bilgin et al. (2018); Birgonul et al. (2015); Gunduz et al. (2013); Gunduz et al. (2015); Kazaz et al. (2012)	10,0
Egito	Aziz (AZIZ, 2013); El-Razek et al. (2008); Marzouk e El-Rasas (2014); Marzouk et al. (2008)	8,0
EUA	Arditi e Robinson (1995); Trauner et al. (2009); Arditi et al. (2017) *; Choong Kog (2018) *	8,0
Índia	Rathinakumar et al. (2017); Doloi et al. (2012); Hasan e Jha (2019)	6,0
Malásia	Abdul-Rahman et al. (2006); Hasmori et al. (2018); Mydin et al. (2014)	6,0
Paquistão	Gardezi et al. (2014); Khahro e Memon (2018); Khan e Gul (2017)	6,0

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Ao analisar-se a frequência de publicações desses estudos, observa-se um aumento significativo do número de trabalhos, principalmente nos últimos sete anos. Entre 1995 e 2003, houve cinco publicações; de 2004 a 2011, foram publicados 12 trabalhos e, no período de 2012 até o ano de 2019, ocorreu a publicação de mais 33 pesquisas. Quanto ao tipo de publicação, encontraram-se preponderantemente artigos de periódicos (37), sendo o restante dos estudos classificados em artigos de conferência/congresso (11), de revista (1) e capítulo de livro (1). De fato, as bases de busca selecionadas para esta pesquisa possuem, em sua maioria, elevado número de artigos de periódicos, o que justifica tal resultado. É importante destacar que esses resultados são referentes a casos de atraso de obras em vários tipos de construções, incluindo edificações residenciais, comerciais, públicas, privadas e industriais. Contudo, deve-se ressaltar que não foram abordados atrasos relativos a empreendimentos de infraestrutura. Tal limitação interfere diretamente na quantidade de estudos retomados na presente RSL.

### 3.4. 3ª Fase - Etapa I - Pesquisa Survey

Segundo Freitas et al. (2000), a pesquisa Survey caracteriza-se, principalmente, pelo uso de um mecanismo predeterminado e pelo levantamento de informações relativas à quantidade

de uma amostra, com o intuito de descrever uma determinada população estudada. Os autores ressaltam ainda que a escolha do método de pesquisa apropriado deve estar em consonância aos objetivos do trabalho. Para Dresch et al. (2015), a pesquisa Survey possui uma abordagem quantitativa e apresenta como um dos objetivos específicos gerar dados seguros, que possibilitem uma pujante análise estatística, além de explorar, descrever e explicar um fenômeno ou uma determinada população.

Quadro 3 – Questionário de caracterização da obra

1. Qual a tipologia da construção?	
<input type="checkbox"/>	Residencial
<input type="checkbox"/>	Comercial
<input type="checkbox"/>	Outro:
2. Qual a área construída do empreendimento? * Em metros quadrados. Resposta:	
3. Qual o número de pavimentos do empreendimento? Resposta:	
4. Qual o número de apartamentos/salas por andar? Resposta:	
5. Qual a área dos apartamentos/salas? * Em metros quadrados Resposta:	
6. A área construída, o número de pavimentos e de apartamentos/salas, podem interferir no atraso da obra?	
<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não
7. Quantos quartos por apartamento? Resposta:	
8. Houve ou há o uso de mão de obra terceirizada? *Em caso de resposta negativa, ignorar a pergunta 9.	
<input type="checkbox"/>	Sim
<input type="checkbox"/>	Não
9. Em quais serviços foram ou estão sendo utilizada mão de obra terceirizada? Resposta:	
10. A empresa construtora é a mesma empresa incorporadora? Resposta:	
11. Qual a função ou cargo que exerce na empresa? Quantos anos de experiência? Resposta:	
12. Cite três fatores mais importantes para o atraso da obra? Resposta:	
I	
II	
III	

Fonte: Reis et al. (2016)

Nesse contexto, optou-se pela realização de uma pesquisa *survey* na etapa de coleta de dados do presente trabalho, com o intuito de se verificar se as causas de atraso identificadas na literatura também eram observadas na Região Amazônica e quais seriam seus impactos. Para tal, a ferramenta utilizada foi um questionário desenvolvido por Reis et al. (2016), conforme demonstrado no Quadro 3, em que são caracterizados os entrevistados e a obra estudada.

Ressalte-se, ainda, que a estratégia de aplicação do questionário foi a entrevista pessoal ou encaminhada por e-mail, sendo que a amostra pesquisada era composta por profissionais do setor da construção civil da região metropolitana de Belém e correspondia a 17 diretores de empresa, 48 engenheiros de obra, 6 engenheiros de planejamento e/ou orçamento, 7 técnicos de edificações e 5 mestres de obra; totalizando 83 pessoas que responderam à pesquisa. A Tabela 1 detalha o perfil dos que responderam à pesquisa.

**Tabela 1** – Perfil dos Entrevistados

Cargo	Quantidade	(%)
Diretor de empresa	17	20,48
Eng. de obra	48	57,83
Eng. de planejamento/orçamento	6	7,23
Técnico de edificação	7	8,44
Mestre de obra	5	6,02
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Concomitantemente, o Quadro 4 apresenta o questionário com as 58 causas de atraso identificadas na literatura por Reis et al. (2016) como as mais importantes, distribuídas de acordo com suas características em comum, ao longo de oito grupos de fatores de atrasos de obras: (a) viabilidade e documentação inicial do projeto, (b) gestão do projeto ao longo da obra (consulta técnica e alterações), (c) proprietário (cliente), (d) construtora (administrativo, gestão e execução), (e) mão de obra, (f) materiais, (g) equipamentos e (h) fatores externos. Desse modo, após o preenchimento do questionário do Quadro 3, os entrevistados analisaram cada item existente no Quadro 4, identificando-os ou não como um fator de atraso.

Posteriormente, os entrevistados identificaram o grau de significância das causas de atraso, que estavam organizadas em uma escala *Likert* com cinco níveis válidos de resposta, que variava de: pouca (1), entre pouca e média (2), média (3), entre média e alta (4) e grande (5). Ressalte-se que, ao não considerar nenhuma significância a causa analisada, o item não apresentava um valor ponderado, ou seja, embora fosse computado o resultado, era atribuído um valor nulo (0) para estes casos.

Quadro 4 – Questionário com as principais causas de atrasos de obras

Fatores de Atraso de Obra	Causas de Atraso	Resposta	Grau de significância				
		Sim Não	Pouca (1)	Entre pouca e média (2)	Média (3)	Entre média e alta (4)	Grande (5)
Viabilidade e documentação inicial do projeto	Recebimento de projetos incompletos						
	A obtenção de licenças necessárias						
	A qualidade dos documentos (erros na concepção e/ou desenhos)						
	Subestimação dos custos de projetos						
	Subestimação da complexidade dos projetos						
	Atraso na aprovação dos projetos						
	Dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto						
	Aprovação legal dos projetos						
	Atraso na execução de inspeção e testes						
Gestão do projeto ao longo da obra (Consulta técnica e alterações)	Tempo de retorno dos engenheiros quando há uma questão a ser resolvida sobre o projeto						
	Aumento de serviços (alteração de projetos)						
	Falta de clareza no escopo do projeto						
	A complexidade do projeto						
	Definição inadequada de substancial realização						
	Erro e atrasos na produção de projetos						
Proprietário (Cliente)	Má concepção e negligência do proprietário						
	Alteração no projeto pelo proprietário durante a construção						
	Finanças e pagamentos do cliente inadequada para o trabalho concluído (valor a ser pago pelo cliente durante a construção)						
	Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do cliente						
	O tempo de espera para a aprovação de testes e inspeções						
	Atraso na aprovação de projeto (documentos pelo proprietário)						
	Lentidão na tomada de decisões pelo proprietário						

Fonte: Reis *et al.* (2016)

Quadro 4 – Questionário com a principais causas de atrasos de obras (Continuação)

Fatores de Atraso de Obra	Fatores de Atraso	Resposta	Grau de significância				
		Sim Não	Pouca (1)	Entre pouca e média (2)	Média (3)	Entre média e alta (4)	Grande (5)
<b>Construtora (Administrativo, gestão e execução)</b>	Inexperiência do empreendedor como contratante						
	Má gestão/supervisão (organização da equipe) no canteiro						
	Revisão do progresso físico inadequado						
	Gerenciamento de projeto inadequado						
	Falta de experiência por parte da equipe responsável pela gestão						
	Falta de comunicação entre as partes (gestão e construtora)						
	Planejamento do projeto malfeito ou programações ineficazes						
<b>Mão de obra</b>	Retrabalho devido a erros durante a construção						
	Conflito nas programações da mão de obra						
	Falta de comunicação entre as partes (mão de obra/engenheiro)						
	Meios inadequados de contratação						
	Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra						
	Atrasos nos trabalhos da mão de obra						
	Subestimação do prazo de execução dos projetos (mão de obra)						
	Pressão de iniciar as operações e alcançar progressos (curto prazo) deixa pouco tempo para rever operações.						
	Escassez de mão de obra						
	Baixo nível de produtividade da mão de obra						
	Atraso ou baixa mobilização da mão de obra no canteiro						
	Falta de Compromisso (mão de obra)						
	Ambiente de trabalho desfavorável (mão de obra)						
Contratos não lucrativos de emprego (mão de obra)							

Fonte: Reis et al. (2016)

Quadro 4 – Questionário com a principais causas de atrasos de obras (Continuação)

Fatores de Atraso de Obra	Fatores de Atraso	Resposta	Grau de significância				
		Sim Não	Pouca (1)	Entre pouca e média (2)	Média (3)	Entre média e alta (4)	Grande (5)
Materiais	Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra						
	Mudanças nos tipos de materiais e especificações durante a construção						
	Atraso na fabricação de materiais						
	Atraso na entrega de materiais						
	Escassez de materiais de construção						
	Qualidade dos materiais						
Equipamentos	Flutuação dos preços/aumento dos custos de materiais no mercado						
	Escassez de equipamentos						
	Mobilização lenta de equipamento						
	Equipamento inadequado						
	Escassez de equipamentos						
	Mobilização lenta de equipamento						
Fatores externos	Efeitos das condições do subsolo (solo, lençol freático alto etc.)						
	Tempo/condições meteorológicas (calor, chuva etc.)						
	Problemas com vizinhos						

Fonte: Reis *et al.* (2016)

Em relação às vantagens existentes na utilização da escala *Likert*, podem ser citadas a sua simplicidade de elaboração e execução, assim como da compreensão por parte dos participantes da pesquisa, de acordo com Malhotra (2001). Quanto a uma desvantagem, o autor menciona o tempo mais prolongado, necessário para os entrevistados completarem a avaliação das respostas, quando comparado com as demais escalas compostas de itens.

Dalmoro *et al.* (2013) destacam ainda que, apesar de muitos estudos apresentarem em

sua metodologia de pesquisa o emprego da escala tipo Likert, não é comum a existência de alegações que fundamentem a opção pelo número exato de “x” pontos da escala. Contudo, os pesquisadores demonstraram o quanto complexo é a confecção de uma escala de medida como uma ferramenta de pesquisa e que não há uma teoria que possa indicar precisamente a quantidade ideal de pontos a ser empregada na escala. O trabalho dos citados autores foi desenvolvido com análises de escalas de três, cinco e sete pontos e não houve mudanças no resultado médio da maior parte dos exames feitos. Porém, foi comprovado que a escala de cinco pontos apresentou, na média, uma precisão similar a escala de três pontos; além de uma maior facilidade e velocidade no seu uso quando comparada a escala de sete pontos.

A primeira etapa para se identificar as principais causas de atraso foi a organização de maneira hierárquica dos resultados obtidos na pesquisa Survey, ou seja, do fator mais significativo para o de menor relevância. Com esse intuito, foi calculado o índice de importância relativa (RII) das causas de atraso, que é obtido pela equação descrita abaixo (equação 01), na qual “RII” é o índice de importância relativa e “W” corresponde ao valor ponderado imputado pelos entrevistados, que variava entre o intervalo de 1 a 5, para cada item avaliado do Quadro 4. Enquanto “P” refere-se ao peso de maior valor atribuído para a causa de atraso em questão, que, obviamente, equivale a 5, e “N” representa o contingente total de pessoas que responderam à pesquisa.

$$\text{(equação 01)} \quad RII = \sum \frac{W}{(P \times N)}$$

Posteriormente, para realizar a estratificação das causas pelos maiores valores de RII, utilizou-se a metodologia da Curva ABC para se efetuar a identificação das principais causas de atraso de obra. Segundo Mota et al. (2012), a Curva ABC tem como objetivo prioritário o auxílio na tomada de decisão e ação rápida por parte dos gestores, possibilitando, assim, um grande impacto positivo no resultado da empresa. Os pesquisadores afirmam ainda que essa ferramenta metodológica apresenta fatores, internos e externos, relacionados à política e à cultura da empresa, incluindo a região e o mercado de atuação, que influenciam na gestão e em sua classificação. De acordo com Martins e Alt (2009), os itens da classe A da Curva ABC são os mais significativos e podem representar entre 35% a 70% do valor total da amostra, os da classe B são considerados intermediários (10% a 45%) e os restantes (menos importantes) estariam situados na classe C. Contudo, para Ballou (2006), não existe uma maneira exata de agrupar os itens em quaisquer das categorias, assim como de determinar o número de categorias a serem usadas.

No presente trabalho, a escolha realizada foi somente dos dados agrupados na classe “A” da Curva ABC, que correspondiam a 30,77% do valor total da amostra ou, mais precisamente, 12 causas em relação às 56 analisadas. Ressalte-se que essa opção foi em função do número de respostas já obtidas da pesquisa Survey e do impacto entre a relação do número de causas e repostas para se efetuar a análise fatorial, que apresentava um limite máximo de 12 causas para que o modelo fosse gerado com sucesso, pois o coeficiente KMO obtido foi de 0.761 cujo resultado demonstra uma adequação a amostra, assim como o teste de Alfa de Cronbach que resultou em um valor de 0,857, que mede a confiabilidade do tipo de consistência da escala utilizada; justificando a determinação desse critério de escolha.

### **3.5. 3ª Fase - Etapa II - Análise Fatorial**

Em seguida à identificação das principais causas de atraso de obra, foi realizada a análise fatorial dessas causas, buscando-se identificar a correlação existente entre elas, visto que, conforme discutido na literatura, são inúmeras as razões que podem contribuir para o atraso dos empreendimentos. Portanto, o emprego da análise fatorial possibilitaria agrupar em fatores as causas de atraso identificadas anteriormente, uma vez que causas de diferentes origens podem convergir ou contribuir de uma para um mesmo grupo abrangente. Dentro deste contexto, foram executadas as seguintes técnicas estatísticas, que serão mais bem explicitadas no capítulo de discussão de resultados da presente tese: testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e da esfericidade de Bartlett (BTS); variância total explicada da amostra; análises das matrizes de correlação e de componente rotativa; além do teste de Alfa de Cronbach.

Ressalta-se que, para Fávero *et al.* (2009), a análise fatorial “é uma técnica estatística multivariada que visa à redução dos dados e à criação de indicadores que representam variáveis originais”. Ademais, de acordo com os referidos autores, a utilização da análise fatorial parte do pressuposto da existência de uma correlação das variáveis originais e do compartilhamento de um ou mais fatores, que explicam a relação entre essas variáveis. Destaca-se também que, segundo Hair Junior *et al.* (2009), o tamanho da amostra não deve ser nunca menor que 50 observações, pois, desse modo, seria difícil à realização de uma análise fatorial.

### **3.6. 3ª Fase - Etapa III – Elaboração de um modelo para mitigação dos fatores de atraso de obras com base na metodologia MCDA-C.**

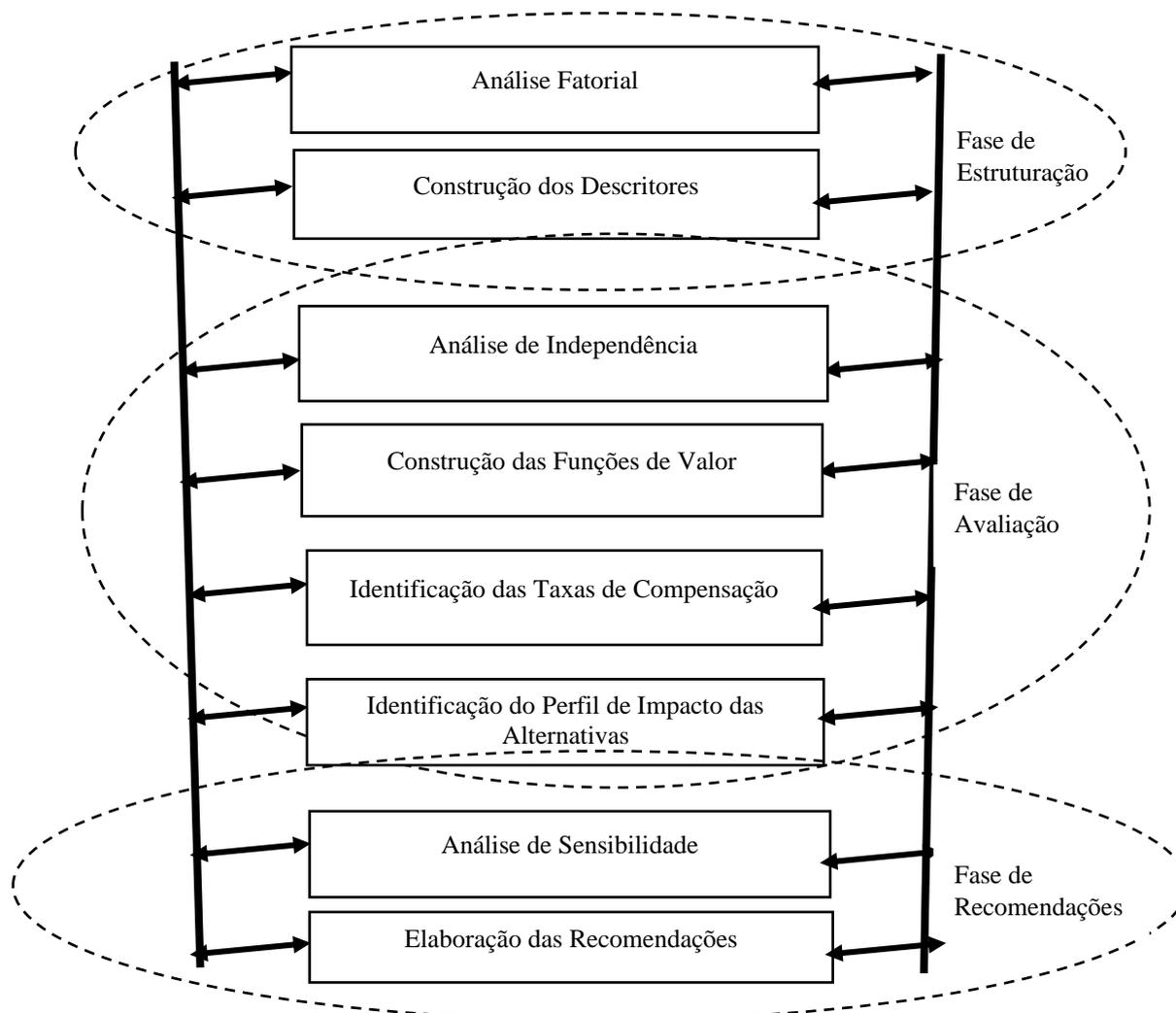
O modelo para mitigação dos fatores de atraso de obras com base na metodologia MCDA-C proposto nesta pesquisa é composto por três fases. A primeira (Estruturação) contém

as etapas de análise fatorial e construção dos descritores e apresenta uma abordagem qualitativa do contexto avaliado, construindo um entendimento dos ambientes existentes (interno e externo) que possibilitou a delimitação da problemática analisada; identificando o que é essencial e as escalas de mensuração elaboradas (BORTOLUZZI et al., 2017). A segunda fase (Avaliação) tem como base o método quantitativo e busca ampliar o conhecimento gerado, transformando o modelo ordinal em cardinal, fundamentado nas preferências do decisor (ENSSLIN et al., 2010) e apresenta as seguintes etapas: análise de independência, construção das funções de valor, identificação das taxas de compensação e a identificação do perfil de impacto das alternativas. A última fase (Recomendações) possui as etapas de análise de sensibilidade e de elaboração das recomendações.

Salienta-se, contudo, que diferentemente dos procedimentos originais do método, na execução da fase de estruturação da MCDA-C não foram elaborados os mapas cognitivos (abordagem soft) e nem as árvores de pontos de vista (APV) junto ao decisor. Ressaltando-se que o propósito das etapas citadas é inicialmente a caracterização das adversidades existentes no contexto analisado pelo decisor, que, junto com o facilitador, identifica e organiza os principais aspectos relativos à tomada de decisão e compara o grau de desempenho deles entre si. Posteriormente, tais critérios são agrupados em uma configuração hierárquica, organizada em forma de árvore, onde os níveis superiores de cada critério são subdivididos em níveis inferiores até a base da escala (LONGARAY; ENSSLIN, 2015).

Entretanto, neste trabalho, a fase de estruturação iniciou-se pela análise fatorial das principais causas de atraso identificadas durante a Pesquisa Survey, ou seja, o primeiro passo foi o conhecimento das inter-relações dessas causas e a organização delas em fatores, caracterizados como os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) no presente trabalho; enquanto as causas associadas a cada fator de atraso foram configuradas como os Pontos de Vista Elementares (PVEs). Em suma, foram apresentados ao entrevistado os fatores de atraso para validação e, após tais fatores terem sido considerados pelo decisor como problemas fundamentais na gestão dos projetos de construção da empresa, a metodologia de pesquisa proposta seguiu as outras etapas do MCDA-C; conforme detalhado na Figura 3.

**Figura 3** – Fases da metodologia para mitigação dos fatores de atraso de obras.



**Fonte:** Autor. Adaptado de Ensslin *et al.* (2001).

### 3.6.1. Construção dos Descritores

A etapa seguinte finaliza a fase de estruturação do método e incluiu a construção dos descritores, que, segundo Ensslin *et al.* (2001), são critérios ou atributos, hierarquizados em níveis de impacto por meio de escalas ordinais, que permitem ao decisor avaliar, de acordo com sua preferência, a performance das ações analisadas nos pontos de vista que compõem o processo decisório. Em vista disso, o autor ressalta que é imprescindível o trabalho conjunto do decisor com o facilitador durante todo esse processo, para o sucesso do método, o que de fato ocorreu durante a execução da pesquisa, visto que todos os descritores foram elaborados em conjunto com o decisor, que sugeriu ajustes, aprovou soluções e colaborou com os processos realizados.

Em suma, os descritores, que podem ser considerados também como indicadores de

desempenho, contém uma mensuração ordinal de cada objetivo e são estruturados em graduações de melhorias progressivas, nas quais as configurações apresentadas passam por uma condição mínima aceitável do contexto avaliado até os níveis superiores da escala, identificados como: sobrevivência, neutro, bom e excelente.

### 3.6.2. Análise de Independência

A próxima fase é a de avaliação, na qual, primeiramente, foi realizada a análise de independência ou isolamento, obtida segundo Keeney (1996), em situações que um descritor apresente um desempenho que não influencie a atratividade dos níveis de desempenho dos outros descritores que fazem parte do mesmo ponto de vista; não importando qual descritor esteja sendo avaliado. Ainda segundo o citado autor, portanto, um ponto de vista independente é aquele que não apresenta relações de causa e efeito entre os seus descritores, de acordo com a independência preferencial mútua, proposta pelo referido pesquisador.

Ensslin, Montibeller Neto e Noronha (2001) afirmam que há dois tipos de testes de independência preferenciais a serem realizados: os exames de independência preferencial ordinal e o de independência preferencial cardinal. Para os pesquisadores, o primeiro teste (IPO) visa à verificação da manutenção da constância da ordem de preferência entre duas alternativas sob a análise de determinado ponto de vista, a despeito dos impactos e ou performances dessas alternativas nos demais pontos de vistas. Em relação ao segundo teste (IPC), o propósito é o de se averiguar a condição da diferença de atratividade entre duas alternativas, em um certo ponto de vista, não ser impactada pelo desempenho das referidas alternativas nos outros pontos de vista.

### 3.6.2 Construção das Funções de Valor

Posteriormente, efetuou-se a construção das funções de valor; que se configuram como ferramentas de auxílio de avaliação de ações potenciais; conforme um ponto de vista específico e as preferências dos decisores (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001). Para Azevedo (2013), é por meio de uma função de valor que o decisor demonstra as diferentes atratividades constatadas entre os níveis da escala de decisor avaliado. O autor cita ainda que existem diversos métodos para se efetuar essa operação (transformação de escalas ordinais em escalas cardinais), tais como Pontuação Direta, Bissecação e o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), que foi o software utilizado na presente tese, em virtude de apresentar uma fácil aplicação prática e por ser um programa de acesso gratuito. Ressalta-se, ainda, que, para Ensslin et al. (2010), o MACBETH é o método

mais utilizado devido a sua representatividade e base teórica.

### 3.6.3. Identificação das taxas de compensação

A etapa seguinte é a de identificação das taxas de compensação (pesos) que foram atribuídas para cada ponto de vista na Estrutura Hierárquica de Valor construída junto com o decisor, possibilitando a integração das escalas locais e, conseqüentemente, a obtenção de um valor global para o desempenho da atividade que está sendo avaliada. Na presente tese, o método de comparação par a par do método MACBETH foi adotado para a definição das taxas de compensação. Ensslin et al. (2012) destacam que a metodologia de compensação por meio da inserção de taxas foi criada com o intuito de incorporar as inúmeras medidas de uma grandeza, buscando não desconfigurar o modelo de avaliação multicritério.

### 3.6.4. Identificação do Perfil de Impacto das Alternativas

Finalizando a fase de avaliação do modelo, realizou-se a etapa de identificação do perfil de impacto das alternativas, com o objetivo de analisar as ações potenciais e aperfeiçoá-las, contribuindo com o aprofundamento da compreensão do decisor sobre cada caso e do contexto geral. Segundo Longaray et al. (2015), a mensuração do desempenho atual da empresa (*status quo*), assim como a medição do impacto individual nas ações examinadas, podem ser executados pelo modelo global de avaliação definido; possibilitando, dessa maneira, o atendimento das metas estipuladas, assim como a constatação dos níveis de performance apresentados pela organização, sejam eles de competição (neutro), risco (crítico) ou de excelência. Ressalte-se, ainda, que, na presente tese, isso foi alcançado por uma fórmula global de agregação aditiva (equação 2), conforme descrito no trabalho de Ensslin, Neto e Noronha (2001):

$$(equação 2) \quad V(a) = \sum_{i=1}^n W_i \times V_i(a)$$

Onde: V(a): valor global da ação *a*;

$W_1, W_2, W_n$ : taxas de substituição dos critérios 1, 2, n...

$V_1, V_2, V_n$ : valor parcial da ação *a* nos critérios 1, 2, n...

n: número de critérios do modelo

### 3.6.5. Análise de Sensibilidade

A terceira fase do método inclui a etapa de análise de sensibilidade do modelo, que, de

acordo com Azevedo (2013), tem por função o exame das possíveis modificações na performance das alternativas devido a mudanças nas taxas de compensação dos pontos de vista avaliados, sejam eles elementares, sejam eles fundamentais.

### 3.6.6. Elaboração das Recomendações

Por fim, a última etapa conteve a elaboração de recomendações, visando à geração de ações de melhoria na atuação (desempenho) da empresa estudada em ações específicas, além da verificação dos impactos das ações sugeridas nos objetivos estratégicos da organização. Em relação à relevância da MCDA-C, deve ser enfatizado que, além de ser caracterizada como uma metodologia da área da análise de desempenho das organizações, que possibilita um diagnóstico significativo da realidade atual de cada empresa e proporciona a elaboração de diretrizes detalhadas de ação de progresso nos processos e atividades desenvolvidas, essa ferramenta pode ser aplicável a qualquer tipo de empreendimento ou porte de obra em função de sua flexibilidade.

Por conseguinte, pode-se afirmar que a presente tese, embora apresente um viés construtivista significativo, também possui características prescritivistas relevantes. E este fato foi comprovado, sobretudo, em decorrência do uso dos fatores de atraso de obra como um marco inicial da aplicação da MCDA-C, sendo esta a principal contribuição metodológica e o caráter de originalidade da pesquisa, que utilizou aspectos das abordagens construtivistas e prescritivistas, visando à elaboração de um modelo para a mitigação dos fatores de atraso em empreendimentos de construção (ver Figura 3).

Justificando essa premissa, Carlson et al. (2008) ressaltam que o método prescritivista apresenta como característica fundamental o auxílio na compreensão da problemática examinada e da interpretação das causas que podem impactá-la, além de permitir que os objetivos implícitos na abordagem sejam conhecidos e avaliados conforme sua relevância. Os autores destacam ainda que essa metodologia também inclui a análise dos riscos existentes por parte dos decisores, que devem atuar como se fossem analistas externos, sem vinculação emocional com o processo. Para Azevedo et al. (2013), o modelo prescritivista é utilizado nos projetos de engenharia de construção visando ao apoio ao processo decisório das empresas, sendo realizado por intermédio de um consultor externo que analisa e direciona os procedimentos de gestão mais adequados para o contexto específico da organização em questão.

### **3.7. 3ª Fase - Etapa IV – Desenvolvimento de um Design Science Research (DSR).**

Após a finalização da fase II da pesquisa, em que as principais causas de atraso de obras foram identificadas e agrupadas em fatores, as próximas etapas do trabalho foram relacionadas à validação dos fatores de atraso obtidos e ao aprofundamento do estudo do processo de tomada de decisão, buscando-se compreender as falhas ou deficiências existentes que possam ocasionar o atraso dos projetos de engenharia. Para isso, foi realizado um Design Science Research (DSR) em uma empresa paraense que atua no mercado privado da construção civil há 25 anos nos estados da região norte do Brasil, na execução, gerenciamento e controle das mais diversas obras, como edificações de múltiplos pavimentos comerciais e residenciais; além de galpões industriais.

### 3.7.1. Escolha do Perfil e Caracterização da Empresa a Ser Estudada

Destaque-se que a empresa foca na inovação e na tecnologia na prestação dos serviços e apresenta uma configuração otimizada em relação ao tamanho da equipe e de sua infraestrutura física. Desse modo, a organização não se caracteriza como uma construtora convencional, que contém uma estrutura hierárquica rígida e possui diversos departamentos instalados, mas como uma gerenciadora de projetos. Portanto, a cadeia de comando é menos burocratizada e com fluxo de informações constante entre o diretor técnico e a equipe de engenheiros das obras ou do setor de orçamento e planejamento da empresa.

Nesse cenário, todas as decisões relacionadas aos aspectos de engenharia dos empreendimentos, como a escolha do sistema produtivo, especificações de projeto, planejamento e controle da obra são de responsabilidade de um único decisor, em concordância com os clientes, obviamente. Um aspecto a ser destacado é que havia um outro sócio na empresa. Contudo, trata-se de um diretor da área comercial e que, por essa razão, não fez parte das entrevistas conduzidas, que foram exclusivamente direcionadas às tomadas de decisão do diretor técnico e realizadas quinzenalmente; conforme o planejamento da pesquisa.

### 3.7.2. Apresentação/Validação dos Fatores de Atraso de Obras (Decisor)

A condição de existir apenas um decisor favoreceu as condições do desenvolvimento do Design Science Research (DSR), pois, quando da apresentação das etapas do trabalho na empresa, o diretor técnico se mostrou extremamente receptivo quanto ao processo de desenvolvimento das entrevistas, que será longo, devido à profundidade das análises e de acordo com os fundamentos da Metodologia Construtivista Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA-C), que foi a ferramenta metodológica escolhida para esta fase da pesquisa; conforme

descrito nos capítulos I e III da presente tese. Além do comprometimento demonstrado com a pesquisa, essencial para o sucesso do método, o entrevistado expressou a possibilidade de implantação, nos procedimentos executados pela empresa, das diretrizes de melhoria sugeridas na fase de recomendações do MCDA-C, em conformidade com as fases de aplicação da metodologia.

Ressalte-se, entretanto, que neste trabalho não foi aplicado fielmente todo o processo da MCDA-C, pois a etapa inicial do método, ou seja, a identificação do contexto decisório e de estruturação do problema foi realizada a partir dos fatores de atraso de obra, identificados na 3ª FASE da ETAPA II deste trabalho e que são relativos a deficiências na gestão dos suprimentos, da mão de obra, de projetos e das condições climáticas na execução dos empreendimentos. Portanto, em um primeiro momento foram apresentados ao decisor, que constatou que os citados fatores de atraso também estavam inseridos tanto no cenário enfrentado pela empresa quanto as principais adversidades existentes que impactavam negativamente no desempenho da organização.

### 3.7.3. Realização das Entrevistas

Durante aproximadamente um ano e meio foram produzidas doze entrevistas, gravadas, referentes a cada uma das causas relativas aos fatores de atraso de obras. Salienta-se que não havia um número fixo de questões a serem respondidas, que variavam conforme o desenvolvimento dos temas tratados, e que o questionário padrão utilizado nos trabalhos foi baseado no trabalho de Ensslin et al. (2001). O objetivo era a formulação de estratégias para a identificação de elementos primários de avaliação (EPAs) para auxiliar na condução das entrevistas; conforme exposto a seguir no quadro 05:

**Quadro 05** – Estratégias para identificar Estruturas Primárias de Avaliação (EPAs)

<b>Estratégia</b>	<b>Pergunta que deve ser feita</b>
Aspectos Desejáveis	Quais são os aspectos que você gostaria de levar em conta em seu problema?
Ações	Quais características distinguem uma ação (potencial ou fictícia) boa de uma ruim?
Dificuldades	Quais são as maiores dificuldades com relação ao estado atual?
Consequências	Quais consequências das ações são boas, ruins ou inaceitáveis?
Metas/Restrições/ Linhas Gerais	Quais são as metas, restrições e linhas gerais adotadas por você?
Objetivos Estratégicos	Quais são os objetivos estratégicos nesse contexto?
Perspectivas Diferentes	Quais são para você, seguindo a perspectiva de um outro decisor, os aspectos desejáveis, as ações, dificuldades etc.?

**Fonte:** Ensslin et al. (2001).

Dessa maneira, entre o período de janeiro a março de 2020 efetuaram-se quatro encontros junto ao decisor, nos quais foram abordadas questões relativas à gestão de suprimentos, que foi a área de gestão identificada como a mais problemática no decorrer da análise fatorial, realizada na fase preliminar da pesquisa. Ressalta-se que em função da pandemia da Covid-19, as entrevistas ficaram interrompidas até fevereiro de 2021, ou seja, por onze meses, quando finalmente os demais fatores de atraso de obra puderam ser analisados profundamente dentro do contexto organizacional em questão. As entrevistas ocorreram de forma presencial e online nessa época e foram finalizadas somente em maio de 2022, com os questionamentos pertinentes aos atrasos em função das condições climáticas existentes ao longo das obras.

#### 3.7.4. Transcrição das Entrevistas (Construção dos Descritores)

As etapas de realização e transcrição das entrevistas foram realizadas quase que paralelamente, havendo apenas um pequeno intervalo de dias entre uma atividade e outra. Após a organização do texto e análise do conteúdo, foi possível a identificação dos principais aspectos que envolviam a atuação da empresa nos fatores de atraso de obra estudados. A partir desse ponto, efetuou-se a construção dos doze descritores, buscando desenvolver os níveis de cada indicador de desempenho em uma escala hierárquica de melhoria contínua das condições de trabalho das causas de atraso de obra e seus respectivos fatores de atraso correlacionados: gestão dos suprimentos, mão de obra, projetos e condições climáticas.

#### 3.7.5. Apresentação/Validação Dos Descritores (Decisor)

Posteriormente, foram apresentados ao decisor os resultados desse processo para análise e validação dos descritores. Em suma, excetuando-se algumas pequenas inserções sugeridas pelo decisor, a formatação elaborada durante a pesquisa foi aceita. Cabe destacar que, apesar da importância de todas as fases da metodologia MCDA-C, a base do método está fundamentada na construção desses descritores, junto com a identificação inicial dos problemas a serem analisados, representados pelos fatores de atraso de obra, identificados na análise fatorial executada anteriormente. Justifica-se tal afirmação pelo fato de que todos os testes, análises, taxas, funções e recomendações executadas posteriormente terem partido das premissas elaboradas nos descritores.

### **3.8. 4ª Fase - Etapa I - Apresentação dos Resultados da Aplicação da MCDA-C (Decisor)**

Depois da finalização da execução de todas as etapas da MCDA-C, foi realizada uma reunião presencial com o decisor, na qual foi apresentado o relatório final com os resultados gerados pelo método e em que foram dirimidas as últimas dúvidas acerca dos dados obtidos. No caso, principalmente, acerca das recomendações de melhoria para mitigação dos fatores de atraso de obras, que se configuram como o produto (artefato) da DSR aplicada.

### **3.9. 4ª Fase - Etapa II - Análise/Validação das Recomendações do Modelo (Decisor)**

Por fim, foi realizada uma entrevista derradeira com o decisor, com o intuito de avaliar todo o processo desenvolvido ao longo do período da realização da DSR. A entrevista também foi gravada e transcrita, tendo sido elaboradas questões referentes:

- À visão do decisor, aspectos positivos e negativos, quanto aos resultados da aplicação da metodologia MCDA-C em relação a análise de desempenho da empresa;
- À possibilidade de implementação de alguma ação em função das recomendações sugeridas;
- A alterações na estrutura organizacional da empresa, com a criação de novos cargos e a contratação de novos colaboradores na estrutura organizacional da empresa;
- À perspectiva de a MCDA-C ser utilizada em outras áreas, além da mitigação do atraso de obras, considerando o campo de atuação da empresa;
- À aprovação pelo decisor da aplicação da MCDA-C na empresa e a possibilidade de recomendação da utilização do método em outras organizações.

## CAPÍTULO 4

### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados principais, obtidos após a realização das etapas descritas na metodologia de pesquisa do presente trabalho, e efetuada a análise dos dados, em consonância com a literatura existente sobre atraso de obras.

#### 4.1. 3ª Fase - Etapa I - Resultados da Pesquisa Survey

Em relação aos resultados da pesquisa Survey, a Tabela 2 apresenta os valores do índice de importância relativa (RII) de cada causa de atraso, organizados hierarquicamente, como também os valores acumulados do RII e do percentual de representatividade dos itens avaliados, que foram estratificados nas classes respectivas da curva ABC. É observado ainda que as 12 principais causas de atraso de obras possuem os maiores valores do RII e encontram-se justapostas na classe A da curva ABC, que foi a faixa de amostra analisada e representa 30,77% em relação ao universo total, composto por 58 variáveis.

**Tabela 2** – Causas mais relevantes de atraso em obras

Item	Causas de atraso	RII	RII Acum.	% Acu m.	Curva ABC
1	Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra	0,7164	0,7164	3,09%	A
2	Atraso na entrega de materiais pelos fornecedores	0,6985	1,4149	6,11%	A
3	Retrabalho devido a erros durante a construção	0,6299	2,0448	8,83%	A
4	Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira (cliente)	0,6269	2,6716	11,54%	A
5	Baixo nível de produtividade da mão de obra	0,6030	3,2746	14,15%	A
6	Falta de Compromisso da mão de obra	0,5970	3,8716	16,72%	A
7	Recebimento de projetos incompletos	0,5940	4,4657	19,29%	A
8	Aumento de serviços (alteração de projetos)	0,5612	5,0269	21,72%	A
9	Escassez de materiais de construção	0,5284	5,5552	24,00%	A
10	Tempo/Condições meteorológicas (calor, chuva etc.)	0,5254	6,0806	26,27%	A
11	Atrasos nos trabalhos da mão de obra	0,5224	6,6030	28,52%	A
12	Dificuldades de obtenção p/o financiamento do projeto	0,5194	7,1224	<b>30,77%</b>	<b>A</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2. 3ª Fase - Etapa II – Resultados da Análise Fatorial

Conforme discutido na seção de metodologia de pesquisa, foi realizada a análise fatorial no tratamento dos dados coletados. Ressalte-se, entretanto, que foram analisadas somente as causas de atraso mais relevantes, ou seja, aquelas que apresentavam os maiores valores de RII e pertencentes ao grupo “A” da curva ABC, de acordo com o exposto no item anterior sobre a pesquisa Survey. Para se verificar a matriz de correlação e a adequação da AF foram aplicados

o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett (BTS), cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Testes de KMO e Bartlett**

Medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adequação de amostragem.	0,761
Teste de esfericidade de Bartlett (BTS) – Significância	0,000
Qui-quadrado X <sup>2</sup>	308,355
Grau de liberdade	66

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Assim, conforme os critérios da ferramenta estatística, o valor de KMO encontrado (0,761) corresponde a uma análise fatorial média, visto que valores próximos a 0 indicam uma correlação fraca entre as variáveis, enquanto resultados mais aproximados de 1 exprimem uma correlação da AF mais forte. Em relação ao teste de esfericidade de Bartlett aplicado, o resultado obtido (0.000) demonstra que a análise fatorial está adequada, pois a hipótese nula foi rejeitada e que há indícios da existência de correlações significativas entre as variáveis originais (FÁVERO, L. P; BELFIORI, P.; SILVA, F. L. DA; CHAN, 2009).

Em seguida, foi realizada a variância total explicada da amostra, visto que a análise fatorial visa à transformação de um conjunto de variáveis em fatores, ou seja, o objetivo do método é a explicação da maior parte da variância dos dados. Os resultados demonstraram que as 12 causas de atraso identificadas são correlacionadas a apenas 4 fatores de atraso, que explicam 69,179% da variância dos dados originais e possuem os autovalores de seus componentes com significância, ou seja, maiores do que 1; conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4 - Variância total explicada**

Var.	Valores próprios iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas rotativas de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variânc.	% cumul.	Total	% de variânc.	% cumul.	Total	% de variânc.	% cumul.
1	4,403	36,689	36,689	4,403	36,689	36,689	2,569	21,407	21,407
2	1,654	13,781	50,470	1,654	13,781	50,470	2,495	20,792	42,198
3	1,241	10,340	60,810	1,241	10,340	60,810	2,116	17,637	59,835
4	1,004	8,369	69,179	1,004	8,369	69,179	1,121	9,344	69,179
5	0,921	7,674	76,854						
6	0,780	6,502	83,356						
7	0,524	4,367	87,723						
8	0,391	3,254	90,977						
9	0,350	2,920	93,897						
10	0,305	2,541	96,438						
11	0,231	1,929	98,367						
12	0,196	1,633	100,00						

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Nota: Método de Extração - Análise de Componente Principal.

Em relação à análise da matriz de correlação, os resultados da Tabela 5 demonstraram que as causas de atraso com maior correlação são referentes a problemas com os suprimentos e dificuldades com a mão de obra. Os índices de correlação das variáveis mais significativos encontram-se descritos a seguir:

- a) Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra/Atraso na entrega de materiais pelos fornecedores - Índice de correlação das variáveis: 0,686;
- b) Baixo nível de produtividade da mão de obra/Falta de compromisso da mão de obra - Índice de correlação das variáveis: 0,696;
- c) Baixo nível de produtividade da mão de obra/Atrasos nos trabalhos da mão de obra - Índice de correlação das variáveis: 0,674;
- d) Falta de compromisso da mão de obra/Baixo nível de produtividade da mão de obra - Índice de correlação das variáveis: 0,696;
- e) Atraso na entrega de materiais pelos fornecedores/Atraso na entrega de materiais, ineficiência do setor de compra - Índice de correlação das variáveis: 0,686;
- f) Atraso na entrega de materiais/Escassez de materiais de construção - Índice de correlação das variáveis: 0,610;
- g) Atrasos nos trabalhos da mão de obra/Baixo nível de produtividade da mão de obra - Índice de correlação das variáveis: 0,674;
- h) Escassez de materiais de construção/Atraso na entrega de materiais - Índice de correlação das variáveis: 0,610.

Tabela 5 - Matriz de correlações

		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m
C o r r e l a ç ã o	Recebimento de projetos Incompletos	1,000	0,425	0,270	0,343	0,145	0,032	0,154	0,233	0,176	0,057	0,192	0,568
	Atraso no pagamento durante obra	0,425	1,000	0,261	0,410	0,433	0,346	0,313	0,410	0,309	0,362	0,035	0,316
	Retrabalho devido erro	0,270	0,261	1,000	0,342	0,204	0,230	0,531	0,355	0,195	0,278	-0,040	0,425
	Atraso entrega de materiais (setor compra)	0,343	0,410	0,342	1,000	0,295	0,376	<b>0,686</b>	0,171	0,372	0,530	0,137	0,334
	Baixo nível de produtividade	0,145	0,433	0,204	0,295	1,000	<b>0,696</b>	0,369	0,153	<b>0,674</b>	0,362	0,126	0,195
	Falta de compromisso (mão de obra)	0,032	0,346	0,230	0,376	<b>0,696</b>	1,000	0,501	0,177	0,590	0,409	0,117	0,124
	Atraso entrega de materiais pelos fornecedores	0,154	0,313	0,531	<b>0,686</b>	0,369	0,501	1,000	0,294	0,370	<b>0,610</b>	0,189	0,270
	Dificuldade de obtenção de financiamento	0,233	0,410	0,355	0,171	0,153	0,177	0,294	1,000	0,143	0,278	0,179	0,230
	Atraso no trabalho (mão de obra)	0,176	0,309	0,195	0,372	<b>0,674</b>	0,590	0,370	0,143	1,000	0,274	0,252	0,186
	Escassez de material de construção	0,057	0,362	0,278	0,530	0,362	0,409	<b>0,610</b>	0,278	0,274	1,000	0,000	0,242
S I g . ( l e x t r e m i d a d e )	Tempo condições meteorológicas	0,192	0,035	-0,040	0,137	0,126	0,117	0,189	0,179	0,252	0,000	1,000	0,061
	Aumento de serviço	0,568	0,316	0,425	0,334	0,195	0,124	0,270	0,230	0,186	0,242	0,061	1,000
	Recebimento de projetos incompletos		0,000	0,014	0,002	0,121	0,399	0,107	0,029	0,077	0,323	0,060	0,000
	Atraso no pagamento durante obra	0,000		0,016	0,000	0,000	0,002	0,005	0,000	0,005	0,001	0,390	0,005
	Retrabalho devido erro	0,014	0,016		0,002	0,049	0,030	0,000	0,002	0,057	0,011	0,374	0,000
	Atraso na entrega de materiais/setor de compra	0,002	0,000	0,002		0,008	0,001	0,000	0,083	0,001	0,000	0,135	0,003
	Baixo nível de produtividade	0,121	0,000	0,049	0,008		0,000	0,001	0,108	0,000	0,001	0,154	0,057
	Falta de compromisso da mão de obra	0,399	0,002	0,030	0,001	0,000		0,000	0,076	0,000	0,000	0,172	0,159
	Atraso na entrega de matérias pelos fornecedores	0,107	0,005	0,000	0,000	0,001	0,000		0,008	0,001	0,000	0,063	0,014
	Dificuldade de obtenção de financiamento	0,029	0,000	0,002	0,083	0,108	0,076	0,008		0,125	0,011	0,073	0,031
	Atraso no trabalho (mão de obra)	0,077	0,005	0,057	0,001	0,000	0,000	0,001	0,125		0,012	0,020	0,066
	Escassez de material de construção	0,323	0,001	0,011	0,000	0,001	0,000	0,000	0,011	0,012		0,499	0,024
	Tempo condições meteorológicas	0,060	0,390	0,374	0,135	0,154	0,172	0,063	0,073	0,020	0,499		0,311
	Aumento de serviço	0,000	0,005	0,000	0,003	0,057	0,159	0,014	0,031	0,066	0,024	0,311	

Fonte: Autor.

Obs. Determinante = 0,006. (a) Recebimento de projetos incompletos.; (b) Atraso no pagamento durante a obra; (c) Retrabalho devido ao erro; (d) Atraso entrega materiais setor de compra; (e) Baixo nível de produtividade; (f) Falta compromisso da mão de obra; (g) Atraso entrega materiais e fornecedores; (h) Dificuldade de obtenção de financiamento; (i) Atraso trabalho mão de obra; (j) Escassez de material de construção; (l) Tempo condições meteorológicas; (m) Aumento de serviço.

Por fim, com o intuito de auxiliar na interpretação dos fatores resultantes na fase de extração, foi realizada a análise da matriz de componentes rotacionais. Conforme apresentado na Tabela 6, é possível a visualização das variáveis que compõem os fatores. Observa-se também, que cada variável possui somente um carregamento de fator significativo para cada um dos quatro fatores observados. Desse modo, facilita-se a interpretação e identificação dos fatores de atraso de obra.

**Tabela 6 - Matriz de componente rotativa**

	Componente			
	1	2	3	4
Atraso na entrega de materiais pelos fornecedores	0,86			
	6			
Escassez de materiais de construção	0,75			
	9			
Atraso na entrega de materiais – ineficiência do setor de compra	0,69			
	1			
Retrabalho devido a erros durante a construção	0,59			
	5			
Baixo nível de produtividade da mão de obra		0,89		
		3		
Atraso nos trabalhos da mão de obra		0,81		
		1		
Falta de compromisso da mão de obra		0,80		
		2		
Recebimento de projetos incompletos			0,86	
			8	
Aumento de serviços (alteração de projetos)			0,77	
			4	
Atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do cliente			0,56	
			8	
Dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto			0,39	
			5	
Tempo/condições meteorológicas (calor, chuva etc.)				0,960

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Notas: Método de Extração: Análise de Componente Principal.

Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.

a. Rotação convergida em 5 iterações.

Em seguida, baseando-se na metodologia utilizada, efetuou-se a identificação e

interpretação dos quatro fatores, buscando-se descrever cada um de forma que represente as causas que estão contidas nos mesmos; conforme demonstrado a seguir:

**Fator I – Gestão de Suprimentos:** atraso na entrega de materiais, escassez de materiais de construção, atraso na entrega de materiais – ineficiência do setor de compra e retrabalho devido a erros durante a construção;

**Fator II – Gestão da Mão de Obra:** baixo nível de produtividade da mão de obra, atraso nos trabalhos da mão de obra e falta de compromisso da mão de obra;

**Fator III – Gestão do Projeto:** recebimento de projetos incompletos, aumento de serviços (alteração de projetos), atraso nos pagamentos ao longo da obra, dificuldade financeira do cliente e dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto

**Fator IV – Gestão das Condições do Tempo:** tempo/condições meteorológicas (calor, chuva etc.).

Por fim, visando medir a confiabilidade da análise estatística fatorial aplicada, efetuou-se o teste de *Alfa de Cronbach*, que apresentou os resultados expostos na Tabela 7. Foi constatado que o valor de 0,857 do coeficiente estava em consonância com o mínimo aceitável pela literatura, que é de 0,70 (TORRES; MONTEIRO; ARICA, 2010).

**Tabela 7** - Estatísticas de confiabilidade

Alfa de Cronbach	0,857
Alfa de Cronbach, com base em itens padronizados	0,857
Número de itens	12

**Fonte:** Autor.

#### FATORES DE ATRASO DE OBRAS:

Considerando os resultados apresentados e objetivando uma análise mais específica de cada fator de atraso identificado, buscou-se compreender as causas fundamentais, que influenciam a ocorrência do evento, pelo fator correspondente. Ressalta-se que as causas de atraso, organizadas em seus respectivos fatores e de acordo com o percentual de frequência de ocorrência obtidos, encontram-se identificadas a seguir:

**Fator I - Gestão de Suprimentos:** Tal fator representa 21,407% do total da variação (ver **Tabela 3**) e é composto pelas variáveis:

I - Atraso na Entrega de Materiais (Ineficiência do Setor de Compra):

Esta causa possui um fator de carga de 0,866 e é relativa à ineficiência do setor de compras das empresas, que é o responsável pela gestão de suprimentos das obras, incluindo a contratação dos fornecedores, com detalhamento das condições pré-estabelecidas de prazos de entrega e custos do fornecimento dos materiais. Na hipótese de os critérios estabelecidos para a contratação desses fornecedores não serem adequados, podem ocorrer atrasos na entrega de materiais ou fornecimento de produtos que não atendam às especificações mínimas de qualidade, por empresas que não possuem a infraestrutura necessária para o correto atendimento do cronograma da obra.

Em relação ao exposto, Hwang et al. (2013) afirmam que a disponibilidade de materiais no canteiro é considerada um dos fatores críticos que afetam o desempenho do cronograma do setor de habitação pública em Singapura, visto que o mercado local é bastante dependente de importações. Em função dessa situação, os autores recomendam que os contratantes efetuem contratos de longo prazo, com o intuito de se reduzir os impactos das incertezas e riscos potenciais da disponibilidade e dos preços dos materiais e equipamentos.

Destaque-se ainda que, para Serna et al. (2018) a falta de materiais necessários na obra no período programado caracteriza-se como um dos fatores mais influentes quanto à variação dos custos e da ocorrência de atrasos na conclusão dos projetos; além de ser um possível indicativo de ausência de planejamento do empreendimento, assim como de deficiências no controle dos serviços pelos profissionais responsáveis pelos empreendimentos.

## II - Atraso na Entrega de Materiais pelos Fornecedores:

O fator de carga dessa causa é 0,759 e o seu foco é nas deficiências alusivas aos fornecedores de materiais às obras, ou seja, podem ser relacionados aos atrasos na entrega de materiais em função de má gestão, planejamento deficiente, logística inadequada, entre outros fatores que ocasionam a desorganização do processo executivo das empresas. Ressalte-se, então, que na análise desta causa não se considera a atuação do setor suprimentos da empresa responsável pelo empreendimento; independentemente ainda da eficiência ou não desta ação.

Acerca do panorama exposto, Ogunlana e Jearkjirm (1996) salientam que o adequado fornecimento dos materiais é uma pré-condição fundamental, presente em praticamente todas as atividades da obra, visto que a escassez dos materiais de construção pode ocasionar o atraso e, conseqüentemente, o encerramento do projeto. Os autores relatam, também, que os

problemas relacionados à gestão de suprimentos, especialmente na aquisição de materiais, equipamentos e mão de obra, foram os mais impactantes no retardo na entrega das obras, principalmente em períodos de grande expansão do mercado em países em desenvolvimento, devido à carência de infraestrutura da indústria de construção dessas nações.

Segundo Enshassi et al. (2009), as causas principais que influenciam os atrasos em obras na Faixa de Gaza estão relacionadas à falta de materiais nos mercados, escassez de materiais de construção no canteiro e os atrasos na entrega de materiais para a construção, o que, indubitavelmente, ocasionará a ociosidade da mão de obra e demora na conclusão dos serviços. Os pesquisadores ressaltam ainda que as condições geopolíticas locais dificultam a importação de materiais dos países vizinhos em virtude do controle das fronteiras por Israel. Assim, devido a esse contexto, os construtores planejam, com antecedência, a gestão de suprimentos e a logística de entrega dos materiais nos canteiros de obras dos empreendimentos.

### III - Retrabalho Devido a Erros Durante a Construção:

Esta causa apresenta fator de carga de 0,691, sendo relacionada à necessidade de se efetuar novamente um serviço já realizado anteriormente devido a falhas durante a execução da obra. As justificativas para o fenômeno, quanto aos suprimentos utilizados no processo, podem ser a utilização de materiais fora da especificação de projeto, ou seja, materiais com desempenho inferior ao exigido, dimensões inadequadas ou com baixa qualidade. Tal cenário foi comprovado por Pereira et al. (2011), que constataram que o retrabalho na construção civil impacta negativamente no cronograma da obra em função do atraso gerado, assim como gera prejuízos financeiros. Ainda segundo os pesquisadores, entre os tipos de retrabalho identificados, os atrasos ocorrem em virtude de os materiais serem entregues com defeitos e pelas mudanças no tipo de material e especificações durante a construção.

Yap e Low (2017) mensuraram que o retrabalho na construção civil impacta em torno de 5 a 10% nos atrasos do cronograma da obra e constataram que as principais razões para a ocorrência do retrabalho no setor de construção são as entregas, fora do prazo acordado, de materiais com defeitos ou impróprios para uso. Os pesquisadores identificaram 18 fatores que ocasionam o problema, que foram agrupados em cinco grupos, como a tecnologia e a gestão de máquinas e materiais, por exemplo. Neste trabalho uma das recomendações efetuadas para se minimizar o problema do retrabalho é a melhoria da gestão de suprimentos, o que inclui o correto manejo dos materiais e o controle do processo de entrega nos canteiros de obras.

#### IV - Escassez de Materiais de Construção:

A causa de escassez de materiais apresenta um fator de carga de 0,595 e é referente a pouca quantidade de um determinado tipo de suprimento no canteiro de obras. Os motivos para a escassez são diversos, podendo ocorrer em consequência de questões de logística, de desperdício do material durante a execução dos serviços, neste caso, por perdas. Há ainda as hipóteses de furto ou da quantidade comprada do insumo ter sido mal estimada, por erros de cálculos do orçamento, por exemplo. Para Sambasivan e Soon (2007) , a falta de materiais básicos (areia, cimento, agregados graúdos, tijolos cerâmicos e ferro) pode causar atrasos significativos nos projetos. No caso, em particular, de nações que se encontram em um desenvolvimento intenso, como a Malásia, pesquisada pelos autores, a demanda por suprimentos acaba excedendo a oferta, seja pela produção local insuficiente, seja pela incapacidade de importação do país na velocidade e quantidade necessárias. Tal situação, consequentemente, causará o aumento dos preços dos insumos, ou seja, inflação.

Nesse contexto, Asnaashari et al. (2009) relatam que, em função das sanções econômicas e condições específicas impostas ao Irã, existem vários problemas na fase de compra de materiais, componentes e máquinas que podem causar atrasos, especialmente em casos de suprimentos que dependem de importação. As situações mais graves observadas são referentes à falta de cimento, aço e concreto, que são considerados insumos críticos para qualquer empreendimento de construção. Rahman et al. (2017) consideram, inclusive, que os atrasos no prazo de entrega dos empreendimentos, em grande parte dos países, se devem à falta de materiais ou à demora no fornecimento dos materiais. A questão principal é a aquisição desses materiais no tempo adequado devido a pouca disponibilidade dos insumos no mercado local e às condições logísticas para a identificação das quantidades e especificações corretas dos suprimentos, conforme o contrato da obra.

**Fator II: Gestão da Mão de Obra:** Este fator é responsável por 20,792 % do total da variação, sendo composto pelas variáveis:

#### V - Atrasos nos Trabalhos da Mão de Obra:

Os atrasos nos trabalhos, relacionados a mão de obra, apresentam um fator de carga de 0,893 e podem estar relacionados a métodos inadequados de trabalho adotados nos processos produtivos, incluindo as técnicas construtivas, treinamento da mão de obra e os equipamentos

disponibilizados para os serviços, o que compromete as normas de segurança e de qualidade e, conseqüentemente, afeta a produtividade, conforme Doloi et al. (2012) comprovaram em sua pesquisa. Outra questão a ser considerada é o dimensionamento inadequado das equipes de trabalho ou mesmo a escassez da mão de obra, que segundo Abdul-Rahman et al. (2006) é uma das maiores causas de atraso de obras. Os referidos pesquisadores destacam ainda a necessidade de um maior investimento na melhoria dos conhecimentos e habilidades dos recursos humanos para minimizar o fenômeno do atraso de obras.

Finalizando, não se pode deixar de mencionar o absenteísmo, clima organizacional ruim, alcoolismo, depressão, assim como os acidentes de trabalho, que podem provocar uma paralisação total ou parcial das atividades. Kiviniemi et al. (2011) por exemplo, citam que, em 2008, houve 35,2 acidentes envolvendo trabalhadores da construção civil na Finlândia, o que resultou em pelo menos quatro dias de ausência dos funcionários. Shan e Goodrum (2010) ressaltam, ainda, que, quando comparado a outros setores industriais, a construção civil apresenta uma maior rotatividade (média de 15,5%) e absenteísmo (7,5%) da força de trabalho, segundo dados do Instituto da Indústria da Construção dos EUA, citado no trabalho dos autores.

#### VI - Falta de Compromisso da Mão de Obra:

A citada causa possui um fator de carga de 0,811 e é referente à conduta não profissional adotada por alguns colaboradores da empresa, sejam eles próprios, sejam eles terceirizados, o que contribui para o atraso dos serviços do empreendimento. Nesse caso, estão inseridos comportamentos negligentes, desrespeitosos e não alinhados (focados) às suas funções e atividades designadas pela gestão da obra. Sobre esse aspecto Doloi et al. (2012) afirmam que um dos fatores mais críticos para o atraso de obras é a ausência de comprometimento. Para os autores, isso inclui a falta de motivação para finalizar a obra no prazo, a ocorrência de acidentes de trabalho pela não adoção de medidas de segurança, uso de métodos construtivos inadequados ou ultrapassados, dentre outras ações.

Ademais Iyer e Jha (2005) advertem que, para se alcançar a finalização da obra dentro do prazo contratual de qualquer empreendimento, o comprometimento de todos os envolvidos é essencial. Por fim, Arantes e Ferreira (2015) recomendam que seja dada uma maior atenção à ausência de comunicação e de compromisso dos subcontratados, por serem estas causas relevantes de atraso de obra, com impactos em todas as outras causas identificadas.

## VII - Baixo Nível de Produtividade da Mão de Obra:

A causa de baixa produtividade da mão de obra possui um fator de carga de 0,802 e pode estar relacionado a um treinamento inadequado (ou inexistente) para a execução de respectiva atividade, a métodos de trabalho ineficientes e a falhas na seleção ou recrutamento do funcionário, que não é qualificado para a função, condições corroboradas por Dolage e Pathmarajah (2015). Em relação à baixa produtividade de mão de obra, Palikhe et al. (2018) afirmam que esse é um dos maiores problemas da indústria da construção civil, em função de afetar diretamente o custo e possibilitar a ocorrência de atrasos do cronograma das obras. Os autores relatam também que as causas principais que afetam a produtividade dos operários são a ausência de incentivos financeiros, a indisponibilidade de ferramentas, a insuficiência de encontros periódicos e condições inseguras de trabalho.

Deve ser considerada ainda a influência de uma fiscalização não muito exigente no desempenho da mão de obra, assim como a ausência de um mecanismo financeiro compensatório para a execução de uma tarefa, como o pagamento por produção, conforme demonstrado no trabalho de Odeh e Battaineh (2002). Outros motivos relevantes são a cultura e o clima organizacional, sendo que Arditi et al. (2017) destacam que a cultura organizacional é uma das causas de atraso dos projetos de construção e que, por isso, é importante que esteja alinhada com a cultura local do país.

**Fator III - Gestão do Projeto:** O fator explica 17,637 % do total da variação, tendo as variáveis:

## VIII - Recebimento de Projetos Incompletos:

A ausência de informações ou detalhamento deficiente dos projetos contém um fator de carga de 0,868 e contribui para o atraso em obras em função de possíveis dificuldades de interpretação e de ocorrências de erros. Destaque-se ser uma prática frequente a entrega de alguns projetos ou partes complementares deles ainda durante a fase de execução das obras. Tal situação poderia ser evitada ou minimizada, caso fossem tomadas ações de gestão que viabilizassem os cumprimentos dos prazos de entrega dos projetos, e houvesse a colaboração entre os projetistas e os engenheiros da empresa, na elaboração dos parâmetros dos projetos e no planejamento do empreendimento.

Essa temática foi abordada por Choong Kog (2018), que identificou como principais

causas de atraso em obra a emissão tardia de instruções, informações ou desenhos incompletos, a elaboração de desenhos inadequados e o atraso na revisão e finalização do projeto. Além disso, Santos et al. (2014) observaram em seu trabalho que o principal problema nos aditivos contratuais de prazo, consequência do atraso da obra, está relacionado a deficiências nos projetos, mais especificamente à falta de compatibilização, especificação insuficiente e detalhamento insatisfatório. Khanzadi et al. (2019) destacaram ainda a complexidade dos processos relacionados aos projetos, ressaltando as diversas tarefas inter-relacionadas existentes, assim como sua variabilidade e imprevisibilidade, o que acarretaria as variações e atrasos constatados nos cronogramas.

#### IX - Aumento de Serviços (Alteração de Projetos):

A alteração dos projetos apresenta um fator de carga de 0,774 e podem ocorrer por diversos fatores, tais como: questões técnicas, conjunturas econômicas, e, inclusive, por solicitação dos clientes. Entretanto, independente do contexto existente, ao ocorrer qualquer alteração nos projetos, haverá um aumento dos serviços em função da necessidade de adequação do sistema produtivo a mudança proposta, incluindo os custos e prazos envolvidos no novo cenário. Consequentemente, haverá o atraso das obras.

Nesse panorama, Tarigan e Subroto (2018) citam que uma das principais causas de atraso de obras são as solicitações de mudanças de trabalho feitas pelo proprietário, durante a fase de construção, assim como as alterações ou erros nos documentos de projeto, segundo Marzouk et al. (2008). Há também a pesquisa de Kazaz et al. (2012) que identificou que as alterações de projeto e material como o fator mais significativo de atraso de obras e que pode ocasionar atrasos no cronograma das obras e o aumento de custos do projeto.

#### X - Atraso nos Pagamentos ao Longo da Obra (Dificuldade Financeira do Cliente):

O atraso nos pagamentos ao longo da obra, devido a dificuldades financeiras do cliente, apresenta um fator de carga de 0,568 e é identificada como uma causa significativa de atraso das obras, pois pode proporcionar tensões e desgastes nas relações entre a empresa contratante e seus funcionários, fornecedores e parceiros. Os resultados imediatos são o descumprimento das metas, aumentos dos custos em função da variação na produtividade das equipes, possíveis protestos, paralisações ou, até mesmo, greve dos trabalhadores, além da interrupção do fornecimento dos insumos das obras.

Sobre esse contexto, Park et al. (2019) afirmam que os dois fatores de risco que mais impactam nas empresas de gerenciamento da construção são o atraso nos projetos e o atraso nos pagamentos, caracterizado como uma dificuldade financeira de responsabilidade do proprietário do projeto e que afeta a operação da empresa. Em função disso, Assaf e Al-Hejji (2006) ressaltam que o pagamento, sem atraso, dos serviços executados ao contratante é fundamental para não prejudicar a capacidade de empreiteiros de financiamento dos trabalhos. Os respectivos autores citam ainda que uma das causas significativas de atraso é o fato de que nas licitações serem contratadas empresas com as propostas de menor valor, o que pode inviabilizar a conclusão da obra em determinadas situações, fato também observado por Abbasnejad e Moud (2013).

#### XI - Dificuldades de Obtenção de Financiamento para o Projeto:

Esta causa possui um fator de carga de 0,395 e terá mais ou menos importância, dentro do contexto da execução do empreendimento nos prazos contratuais, em razão do porte da obra e das condições econômicas da empresa, ou seja, sua capacidade de realizar os serviços sem o auxílio de uma instituição financiadora. O atraso na execução das obras poderá ocorrer caso a empresa não apresente reservas financeiras suficientes para a execução da obra, ou o financiamento solicitado seja negado ou não tenha sido aprovado em tempo hábil.

Em relação a esse tema, El-Razek et al. (2008) destacam que as duas principais causas de atraso de obra são referentes a problemas de financiamento do contratante durante a construção e atrasos no pagamento dos empreiteiros pelo proprietário. Marzouk e El-Rasas (2014) recomendam ainda que seja efetuado o desenvolvimento de um abrangente plano de financiamento e fluxo de caixa do empreendimento, visto que as questões financeiras e o completo pagamento dos serviços executados configuram-se como um dos principais focos de preocupação tanto por parte dos proprietários, quanto das empresas contratadas.

**Fator IV - Gestão das Condições do Tempo:** Este último fator esclarece 9,344 % do total da variação e possui a variável:

#### XII - Tempo/Condições meteorológicas (calor, chuva etc.):

As condições meteorológicas apresentam um fator de carga de 0,960 e se caracterizam como uma das principais causas de atraso de obras, conforme atestam os estudos de Senouci et al. (2018), que relatam que as condições meteorológicas têm um alto impacto na produtividade

do trabalho, principalmente a temperatura. Ahsan e Gunawan (2010) consideram ainda que as calamidades naturais também devem ser consideradas como causas críticas de atraso dos projetos. Para Ballesteros-Pérez et al. (2015), entretanto, somente poucos estudos abordaram de forma minuciosa as influências decorrentes do clima sobre as atividades de construção a céu aberto.

Observa-se que os dados relatados nessas pesquisas não diferem da realidade da região norte do Brasil, que apresenta características típicas do clima tropical, como o calor intenso e alta umidade relativa do ar, condições que podem influenciar o planejamento das obras e possibilitar ocorrências de atrasos no cronograma original, especialmente no período chuvoso.

#### 4.3. 3ª Fase - Etapa IV - Resultados do Design Science Research

Em relação ao estudo de caso realizado, os resultados obtidos são apresentados a seguir, tendo sido agrupados em conformidade aos fatores de atrasos identificados anteriormente (gestão de suprimentos, gestão de mão de obra, gestão da obra e gestão das condições do tempo) e de acordo com as três fases da MCDA-C (estruturação, avaliação e recomendações) e com as sete etapas que compõem a metodologia adotada na presente tese, que foram descritas na Figura 3 e detalhadas no capítulo 4: I) construção dos descritores; II) análises de independência; III) construção das funções de valor; IV) identificação das taxas de compensação; V) identificação do perfil de impacto das alternativas; VI) análise de sensibilidade e VII) elaboração das recomendações.

##### 4.3.1. Gestão de Suprimentos:

###### 4.3.1.1. Construção dos Descritores

Nesta etapa será apresentado o resultado proveniente da elaboração dos descritores que foram desenvolvidos conjuntamente com o decisor para todos os fatores de atraso. Em relação à gestão de suprimentos, os descritores referem-se à aquisição, entrega, aplicação e planejamento dos materiais, conforme descrito a seguir:

###### - Aquisição:

O descritor “aquisição” está relacionado ao atraso na entrega de materiais por ineficiência do setor de compras da empresa analisada. Neste caso a condição mínima aceitável inclui a efetivação de compras baseadas apenas nos menores valores dos suprimentos, enquanto

as escalas posteriores abrangem a aquisição dos materiais, equipamentos ou ferramentas por meio da utilização do orçamento da obra, assim como do histograma e do cronograma físico-financeiro; além da compatibilização (integração) dos projetos. Por fim, no nível de excelência há a inserção de um gerente de suprimentos (especialista) no procedimento de adquirir os materiais; além de que os fornecedores passam a ser escolhidos a partir de um cadastro prévio e com avaliação positiva ao longo do período de relacionamento; de acordo com a Figura 4.

Considerando o contexto exposto, pode ser citado o trabalho de Krainer et al. (2019) que estudou o relacionamento entre as empresas da construção civil e os fornecedores de suprimentos, com o intuito de auxiliar na elaboração de modelos de cooperação entre ambos. Os respectivos autores enfatizaram que o engajamento, o estímulo e a aplicação em inovação por parte dos fornecedores são primordiais para a geração de uma parceria entre as organizações, além da coparticipação de conhecimentos, convicções e uma ligação por um período extenso. Entretanto, as conclusões são de que as relações se baseiam fundamentalmente em interesses comerciais, não havendo, de fato, uma associação entre estes dois importantes agentes do setor.

**Figura 4** – Descritor “aquisição”

EXCELENTE	Comprar pelo menor preço de fornecedores cadastrados e avaliados positivamente, com base no orçamento e em projetos integrados, histograma, cronograma físico financeiro e em um especialista (comprador).
BOM	Comprar pelo menor preço, com base no orçamento e em projetos integrados, histograma, orçamento e no cronograma físico financeiro.
NEUTRO	Comprar pelo menor preço, com base no orçamento e em projetos integrados.
SOBREVIVÊNCIA	Comprar pelo menor preço e com base no orçamento.
MIN. ACEITÁVEL	Comprar pelo menor preço.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

- Entrega:

Conforme detalhado na Figura 5, o descritor “entrega” corresponde ao atraso na entrega de materiais pelos fornecedores; sendo que em relação às estratificações do indicador, a condição mínima aceitável relata que, embora os suprimentos estejam nas quantidades e especificações corretas, os acondicionamentos dos materiais são inadequados e há um atraso de três dias na entrega dos materiais no canteiro de obras. Ressalta-se que condições semelhantes são observadas nos itens sobrevivência e neutro, alterando apenas o período de 2 e 3 dias de

atraso, respectivamente. Entretanto, o cenário difere consideravelmente nas escalas superiores, visto que no nível considerado bom não há atraso nas entregas e os materiais encontram-se acondicionados de forma correta; enquanto o item excelente especifica que a entrega foi executada antes do prazo contratual.

Para uma melhor compreensão dessa questão e visando minimizar suas consequências, a inferência a pesquisa de Thunberg et al. (2017) se faz necessária, visto que, para os pesquisadores, o atraso no fluxo de materiais nos empreendimentos é um dos principais problemas nos canteiros de obras e origina-se por problemas na cadeia de suprimentos, como a não integração dos empreiteiros e fornecedores desde o começo do projeto, por exemplo. Ainda segundo os autores, esse processo de agregação e a possibilidade da existência de um relacionamento duradouro, baseado em confiança mútua, dependem dos termos que regem a contratação dos fornecedores.

**Figura 5 –** Descritor “entrega”

EXCELENTE	Entrega de materiais no canteiro <b>antes do prazo</b> e nas quantidades, especificações e acondicionamentos corretos.
BOM	Entrega de materiais no canteiro <b>sem atraso</b> e nas quantidades, especificações e <b>acondicionamentos corretos</b> .
NEUTRO	Entrega de materiais no canteiro <b>com atraso de 1 dia</b> e nas quantidades e especificações corretas, mas com os acondicionamentos inadequados.
SOBREVIVÊNCIA	Entrega de materiais no canteiro <b>com atraso de 2 dias</b> e nas quantidades e especificações corretas, mas com os acondicionamentos inadequados
MIN. ACEITÁVEL	Entrega de materiais no canteiro <b>com atraso de 3 dias</b> e nas quantidades e especificações corretas, mas com os acondicionamentos inadequados.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

- Aplicação:

Outra causa de atraso relevante é o retrabalho devido a erros durante a construção, que é caracterizado pelo descritor “aplicação” e apresentado na Figura 6, onde o item mínimo aceitável descreve uma situação em que a aplicação dos suprimentos ocorre em desconformidade com o projeto, sem respeitar as recomendações normativas e sem uma metodologia padrão de execução dos serviços; além da mão de obra não ser treinada para a realização das tarefas. Na sequência da escala, a aplicação dos materiais já segue as normas técnicas e as especificações do projeto (itens sobrevivência e neutro), assim como o item bom considera que a mão de obra recebeu o treinamento adequado e que há uma metodologia padrão

de execução de referência. Por fim, o nível de excelência inclui nas condições de melhoria progressivas a existência de um registro de lições aprendidas e dos procedimentos adotados pela empresa durante e após a finalização do empreendimento.

De acordo com Paranagamage et al. (2012), as lições aprendidas são direcionadas para diversos objetivos, entre os quais o de se impedir a reincidência de falhas por meio do conhecimento acumulado de projetos análogos, assim como garantir que as conquistas recentes possam ser repetidas nos empreendimentos posteriores, além de promover a aquisição de vantagens competitivas de mercado. Outras metas citadas pelos autores são o incentivo à inovação e à manutenção dos profissionais mais capacitados na empresa, ou seja, a metodologia de registro e disseminação das lições aprendidas na organização tem como uma das consequências mais positivas impossibilitar a “saída de cérebros” da companhia para outras corporações.

Entretanto, segundo Gorkem et al. (2020), esta não é uma realidade na construção civil, considerando-se que os aprendizados adquiridos ao longo da execução dos empreendimentos não são registrados, o que prejudica a efetiva implementação das lições ou novos conteúdos nas práticas das empresas. Os autores, contudo, evidenciam a importância da mudança desse paradigma a partir da adoção de uma cultura organizacional com ênfase na geração de conhecimentos contínuo e baseada na resolução das adversidades.

**Figura 6** – Descritor “aplicação”

EXCELENTE	Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conforme o projeto, por meio de uma metodologia de execução padrão e MO treinada; e com <b>o registro das lições aprendidas e dos procedimentos adotados.</b>
BOM	Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conforme o projeto, por meio de <b>uma metodologia de execução padrão e MO treinada.</b>
NEUTRO	Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e <b>conforme o projeto.</b> Mas, sem uma metodologia de execução padrão e treinamento da MO.
SOBREVIVÊNCIA	Aplicação de suprimentos na obra, <b>normatizados.</b> Mas, não conforme o projeto, sem uma metodologia de execução padrão e treinamento da MO.
MIN. ACEITÁVEL	Aplicação de suprimentos na obra, fora das normas e não conforme o projeto; sem uma metodologia de execução padrão e treinamento da MO.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

- Planejamento:

Finalizando o grupo de suprimentos, há ainda o descritor “planejamento” que é

relacionado ao atraso em função da escassez de materiais de construção, conforme apresentado na Figura 7, em que o item mínimo aceitável retrata um planejamento feito sem atentar para a antecipação dos prazos de compra para se evitar a ausência de suprimentos no canteiro de obras, do mesmo modo que as condições logísticas da aquisição, acondicionamento, armazenamento e transporte do material são desconsiderados, além dos erros de levantamento das quantidades a serem adquiridas. Os patamares seguintes do descritor já ponderam a não existência de erros de levantamento e a consideração das condições logísticas (itens sobrevivência e neutro); enquanto no nível bom a compra antecipada de materiais passa a ser uma realidade através da utilização dos dados do histograma e do cronograma físico-financeiro. Por fim, o item excelente inclui ainda a análise dos métodos construtivos adotados durante o período de execução do empreendimento.

**Figura 7** – Descritor “planejamento”

EXCELENTE	Planejamento com prazos antecipados de aquisição dos materiais (histograma/cronograma), considerando as condições logísticas, sem erros de levantamento e <b>analisando os métodos construtivos</b> .
BOM	Planejamento <b>com prazos antecipados</b> de aquisição dos materiais ( <b>histograma/cronograma</b> ), considerando as condições logísticas, sem erros de levantamento.
NEUTRO	Planejamento com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, <b>considerando as condições logísticas</b> e sem erros de levantamento.
SOBREVIVÊNCIA	Planejamento com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, sem considerar as condições logísticas e <b>sem erros de levantamento</b> .
MIN. ACEITÁVEL	Planejamento com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, sem considerar as condições logísticas e com erros de levantamento.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Em relação ao gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção, Luong et al. (2020) pontuam que o enfoque dado pelas empresas ainda é muito restrito à gestão interna da construção e não englobam o estabelecimento de parcerias de caráter estratégico com os fornecedores, empreiteiros e designers. Além dessa falta de uma maior integração entre as organizações componentes do sistema, os pesquisadores salientam ainda que as questões logísticas e de suporte tecnológico são comumente negligenciados durante as etapas de projeto e planejamento do empreendimento, o que conseqüentemente prejudica a gestão de riscos e as ações de mitigação do gerenciamento dos materiais e equipamentos de toda a cadeia da obra.

#### 4.3.1.2. Análises de Independência

Esta etapa teve por objetivo a verificação da independência preferencial, ou seja, a isolabilidade dos pontos de vistas fundamentais (PVF); só podendo ocorrer posteriormente à elaboração dos descritores e do intervalo de cada ponto de vista em que se pretende aferir a sua isolabilidade. A análise incluiu a realização dos testes IPO (Independência Preferencial Ordinal) e IPC (Independência Preferencial Cardinal), respectivamente, e fundamentou-se na comparação de quatro opções referentes aos níveis superior e inferior entre dois descritores do modelo.

#### 4.3.1.2.1. Teste de Independência Preferencial Ordinal (IPO)

O objetivo do teste IPO foi avaliar se os descritores eram mutuamente, ordinalmente preferencialmente independentes; considerando-se o contexto existente nas alternativas, em que primeiramente as condições consideradas ideais de cada descritor foram comparadas com o nível superior e inferior do outro descritor. Posteriormente, a situação foi invertida e o grau inferior do mesmo descritor avaliado anteriormente passou a ser comparado com os dois níveis do descritor diverso.

Durante o processo, o decisor preferiu a alternativa que apresentou a comparação entre os melhores níveis dos descritores que estivessem sob análise à opção em que apenas a graduação superior de um fosse considerada; situação esta que só foi interessante para o decisor quando comparada com os dois níveis menos favorecidos dos descritores. Desse modo, a ordem de preferência do decisor não se alterou e permaneceu constante, independentemente dos impactos dessas ações nos outros pontos de vistas.

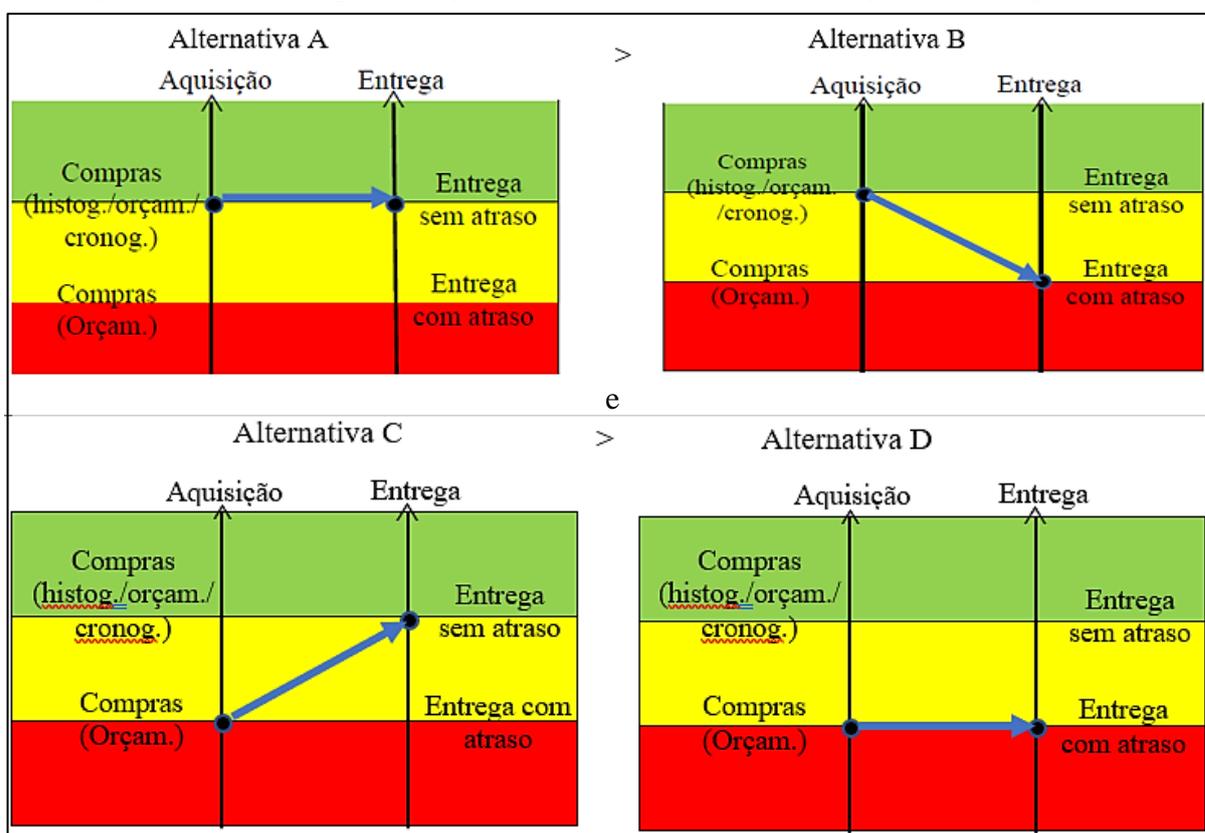
**Descritores:** Aquisição e Entrega

#### **- IPO I:**

Conforme demonstrado na figura 8, foram realizadas análises comparativas entre as alternativas “A” e “B”, do mesmo modo quanto às alternativas “C” e “D”. No primeiro caso (opção A), a aquisição dos suprimentos é baseada nos documentos técnicos do projeto, como o cronograma físico-financeiro, o histograma e o orçamento, enquanto a entrega dos materiais ocorre sem nenhum atraso. Na outra situação (opção B) não há alteração no procedimento de aquisição dos insumos, efetuada ainda na condição ideal de compra. Entretanto, as entregas passam a ocorrer com atraso; o que claramente colocou para o decisor a alternativa “A” em vantagem ou preferível em relação a alternativa “B”.

No segundo momento, ao se comparar a opção “C” com a “D”, o modelo de se adquirir os suprimentos fundamenta-se apenas nas informações do orçamento da obra para as duas alternativas. Contudo, as entregas em “C” são realizadas sem atraso, o que não ocorre em “D”, que apresenta um cenário de atraso nas remessas dos materiais ao canteiro de obras. Conseqüentemente, a alternativa “C” foi a melhor opção para o decisor do que a alternativa “D”, sendo esta uma consequência direta da condição de entrega dos insumos.

**Figura 8** – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPO I).



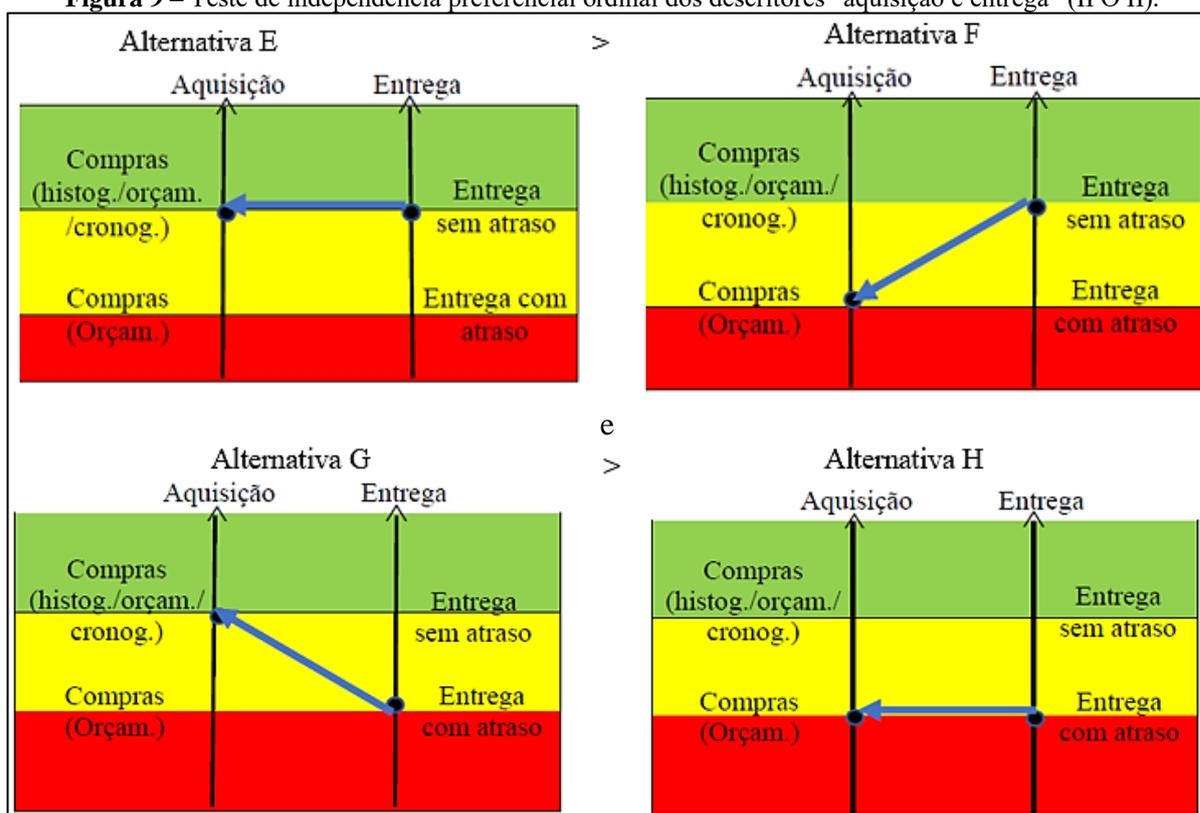
Fonte: Elaborado pelo autor.

## - IPO II:

De acordo com o observado na figura 9, as análises foram feitas considerando-se as alternativas “E” e “F” em um cenário em que não ocorrem atrasos na entrega dos suprimentos em ambos os casos. Todavia, a aquisição dos insumos possui duas opções: serem realizadas com base no orçamento, no histograma e o cronograma físico-financeiro do empreendimento (alternativa E); situação considerada preferível para o decisor quando comparada as compras dos materiais elaboradas somente por meio das informações contidas no orçamento da obra (alternativa F).

Em relação às alternativas “G” e “H”, o descritor entrega foi analisado apenas na condição das entregas serem feitas com atraso e comparado com a pior e melhor circunstância do descritor aquisição. Nessa conjectura, apesar do contexto de atraso na remessa dos insumos, a opção de as compras serem realizadas fundamentadas nos dados obtidos do orçamento, do histograma e o do cronograma físico-financeiro da obra (alternativa G) foi uma condição mais atrativa para o decisor do que o único documento técnico utilizado na aquisição dos suprimentos ser o orçamento do empreendimento (alternativa H).

**Figura 9** – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPO II).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conclui-se, então, após as análises comparativas das alternativas A e B, assim como entre as opções “C” e “D” no teste IPO I, que a entrega dos suprimentos sem atraso foi mais atrativa para o decisor, independentemente da forma de aquisição dos insumos. Entretanto, quando são comparadas as alternativas “E” e “F” no teste IPO II, da mesma maneira que as alternativas “G” e “H”, a preferência do decisor passou a ser pela aquisição de suprimentos baseada nas informações advindas do orçamento, do histograma e o do cronograma físico-financeiro da obra a despeito das condições de entrega dos suprimentos na obra quanto a existência de atraso ou não.

Desse modo, ressalta-se, que sendo consideradas válidas as alegações de existência de

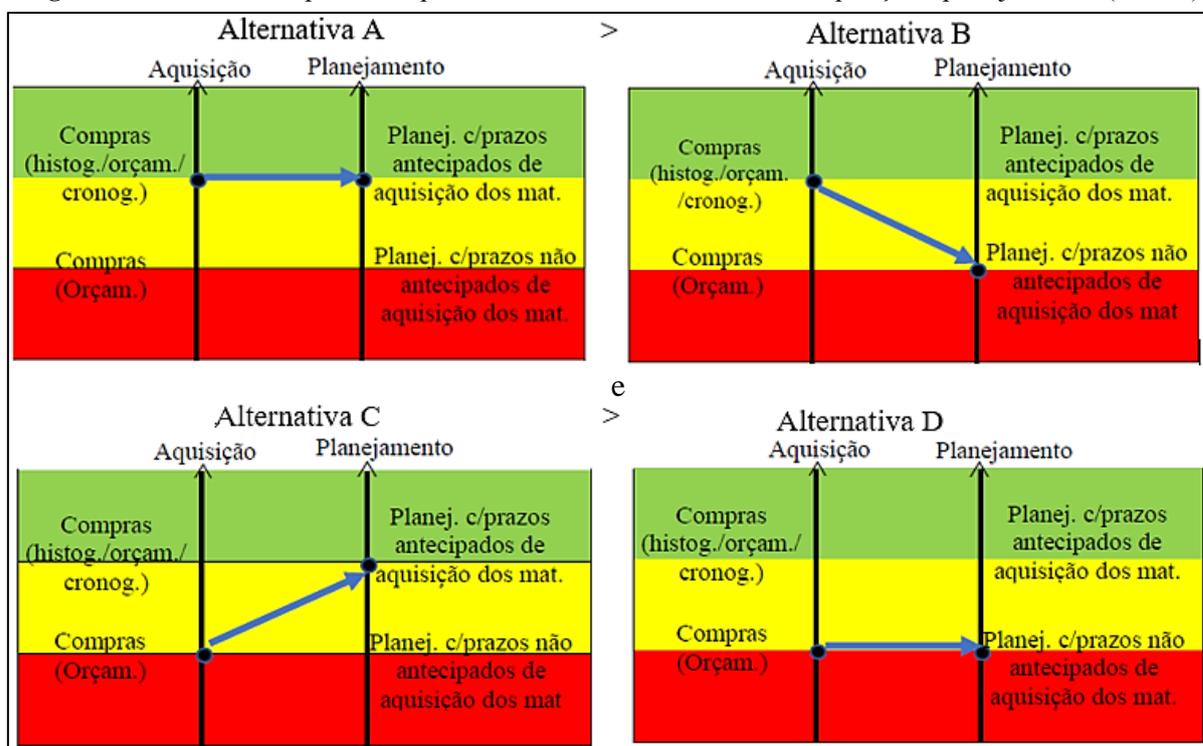
independência entre IPO I e IPO II, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVE): atraso na entrega de materiais (ineficiência do setor de compras) e atraso na entrega de materiais pelos fornecedores referentes aos descritores aquisição e entrega, respectivamente.

**Descritores:** Aquisição e Planejamento.

**- IPO III:**

Na análise de independência preferencial ordinal III tem-se novamente o descritor “aquisição” avaliado no seu nível superior, ou seja, considerando as compras dos suprimentos com base no histograma, no orçamento e no cronograma físico-financeiro da obra, e comparado com as condições mais e menos favoráveis do descritor planejamento. O resultado apresentado na figura 10 demonstra que a alternativa “A” foi mais atrativa para o decisor do que a alternativa “B”, visto que a aquisição dos materiais em “A” é realizada com planejamento antecipado dos prazos junto aos fornecedores.

**Figura 10** – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPO III).



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

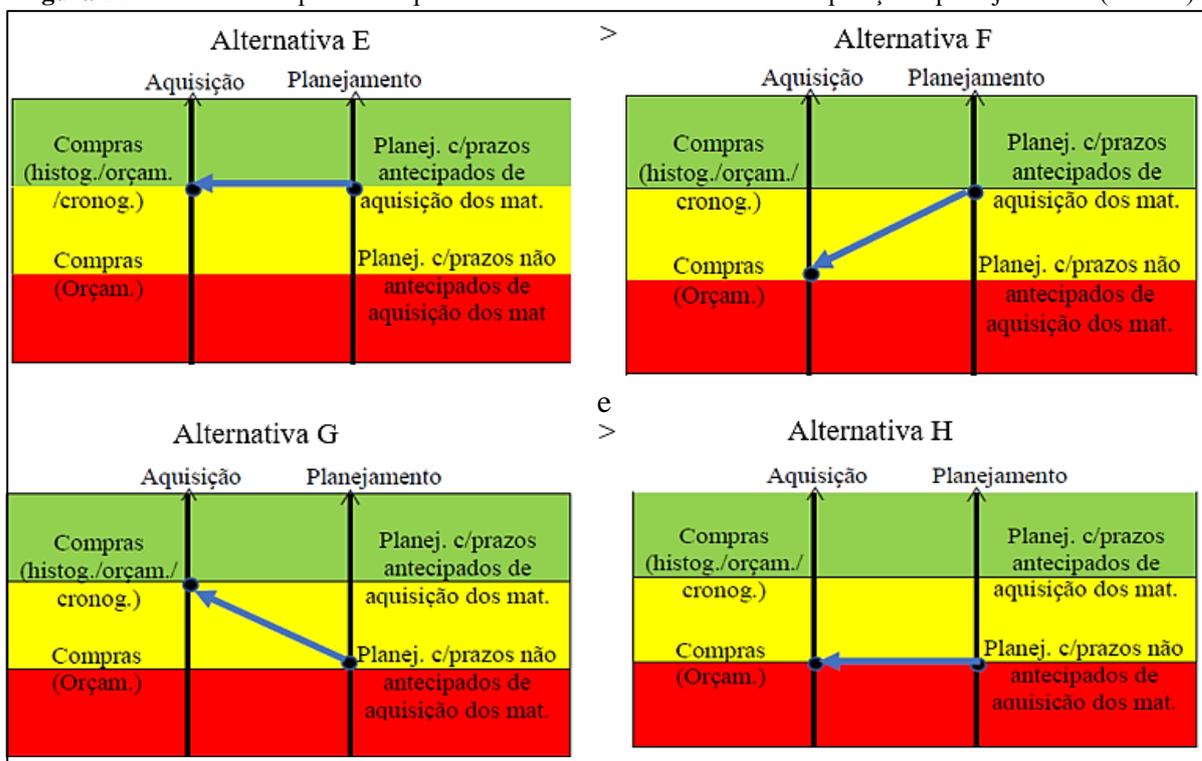
A situação é semelhante na comparação entre as alternativas “C” e “D” em relação a melhor circunstância do descritor planejamento, porém, no caso do descritor aquisição a avaliação é fundamentada no pior cenário que considera apenas o orçamento do empreendimento como o documento técnico a ser utilizado na obtenção dos insumos. Nesse

contexto a alternativa “C” se mostrou preferível ou mais atraente ao decisor que a alternativa “D”, em que o planejamento não é efetivado com prazos antecipados de compra dos materiais.

#### IPO IV:

No caso da análise de independência preferencial ordinal IV, o descritor planejamento é que passa a ser avaliado pelo seu melhor parâmetro, o que significa considerar a aquisição dos materiais efetuada com antecedência de prazos em relação aos fornecedores. A partir desse pressuposto, a comparação foi efetivada com os níveis superior e inferior do descritor aquisição, de acordo com o exposto na figura 11. Neste caso o decisor julgou a atratividade mais eminente o contexto apresentado na alternativa “E”, em que as compras dos suprimentos são concretizadas por meio do histograma, do orçamento e do cronograma físico-financeiro da obra, em detrimento a alternativa “F”.

**Figura 11** – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPO IV).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise comparativa é continuada nas alternativas “G” e “H” que detalham o mesmo cenário apresentado no parágrafo anterior quanto à avaliação do melhor e do pior nível do descritor aquisição. No entanto, no caso do descritor planejamento o critério passa a ser a aquisição dos materiais efetuada sem antecedência de prazos em relação aos fornecedores. Desse modo, o resultado da preferência do decisor foi a alternativa “G”, em que a condição

existente é a das compras dos suprimentos serem realizadas por meio do histograma, do orçamento e do cronograma físico-financeiro da obra e não apenas pelo orçamento, como na alternativa “H”.

Em síntese, em decorrências das análises comparativas das alternativas “A” e “B”, bem como entre as opções “C” e “D” no teste IPO III, infere-se que o planejamento com prazos antecipados de obtenção dos materiais junto aos fornecedores foi mais atrativo para o decisor, independentemente dos documentos técnicos em que a aquisição dos insumos foi baseada. Em contrapartida, ao serem comparadas as alternativas “E” e “F” no teste IPO IV, semelhantemente as alternativas “G” e “H”, a preferência do decisor passou a ser pela aquisição de suprimentos baseada nas informações advindas do orçamento, do histograma e o do cronograma físico-financeiro da obra inobstante o planejamento efetuado com ou sem antecedência dos prazos de compras dos insumos.

Portanto, considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO III e IPO IV, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso na entrega de materiais (ineficiência do setor de compras) e escassez de materiais de construção, que correspondem aos descritores aquisição e planejamento.

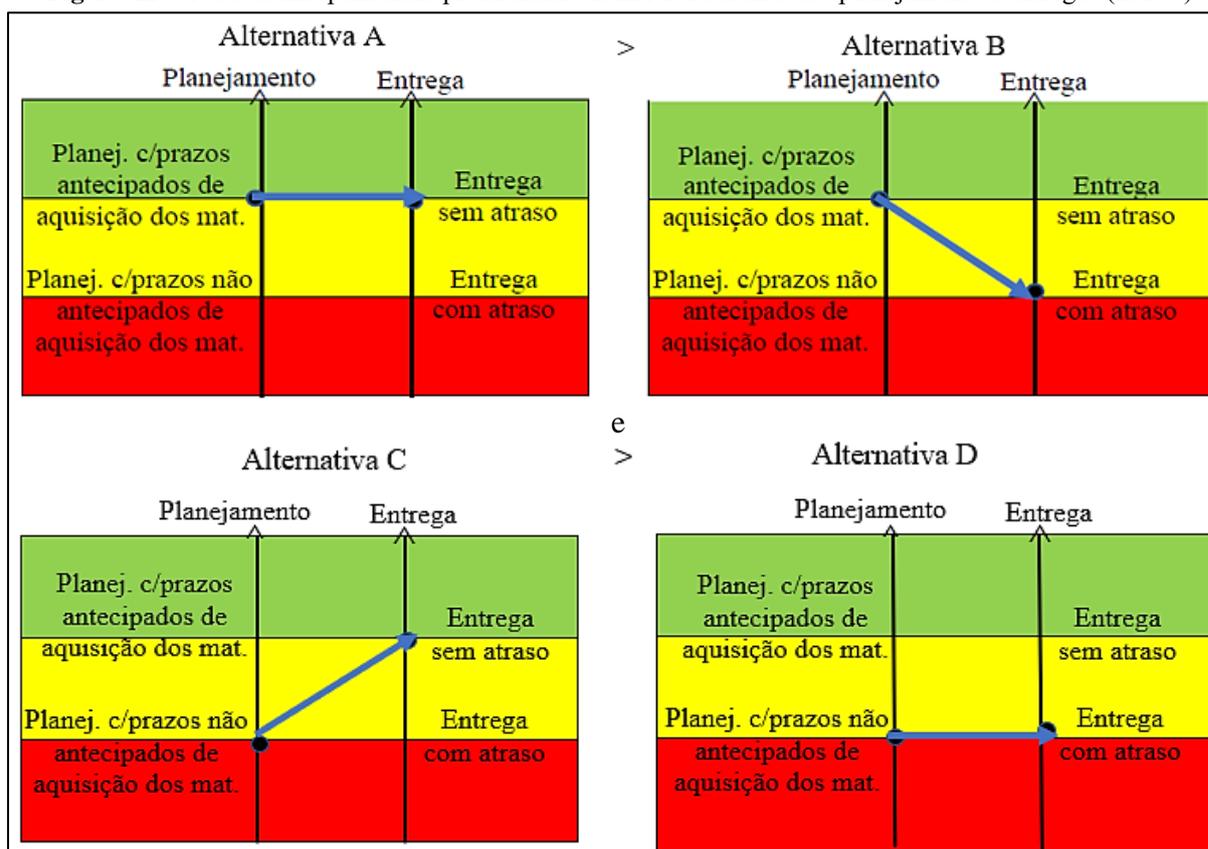
- Descritores: Planejamento e Entrega.

#### **IPO V:**

A análise de independência preferencial ordinal V é demonstrada na figura 12, que apresenta tanto na alternativa “A”, quanto na alternativa “B” o nível superior do descritor planejamento, onde a aquisição dos suprimentos é realizada com antecipação de prazos para se evitar a escassez dos insumos no canteiro de obras. A diferença entre as opções está na comparação das condições de entrega dos materiais, tendo sido mais atrativo para o decisor a alternativa “A”, caso em que as entregas ocorrem sem atraso.

Em relação às alternativas “C” e “D”, a análise foi feita entre as situações que apresentem ou não atraso na entrega e comparando-as com o nível inferior do descritor planejamento, que não considera a antecipação dos prazos na aquisição dos suprimentos. Nesse contexto, o decisor considerou a alternativa “C” mais atrativa que a alternativa “D”, visto que as entregas dos insumos ocorrem sem atraso.

**Figura 12** – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “planejamento e entrega” (IPO V).



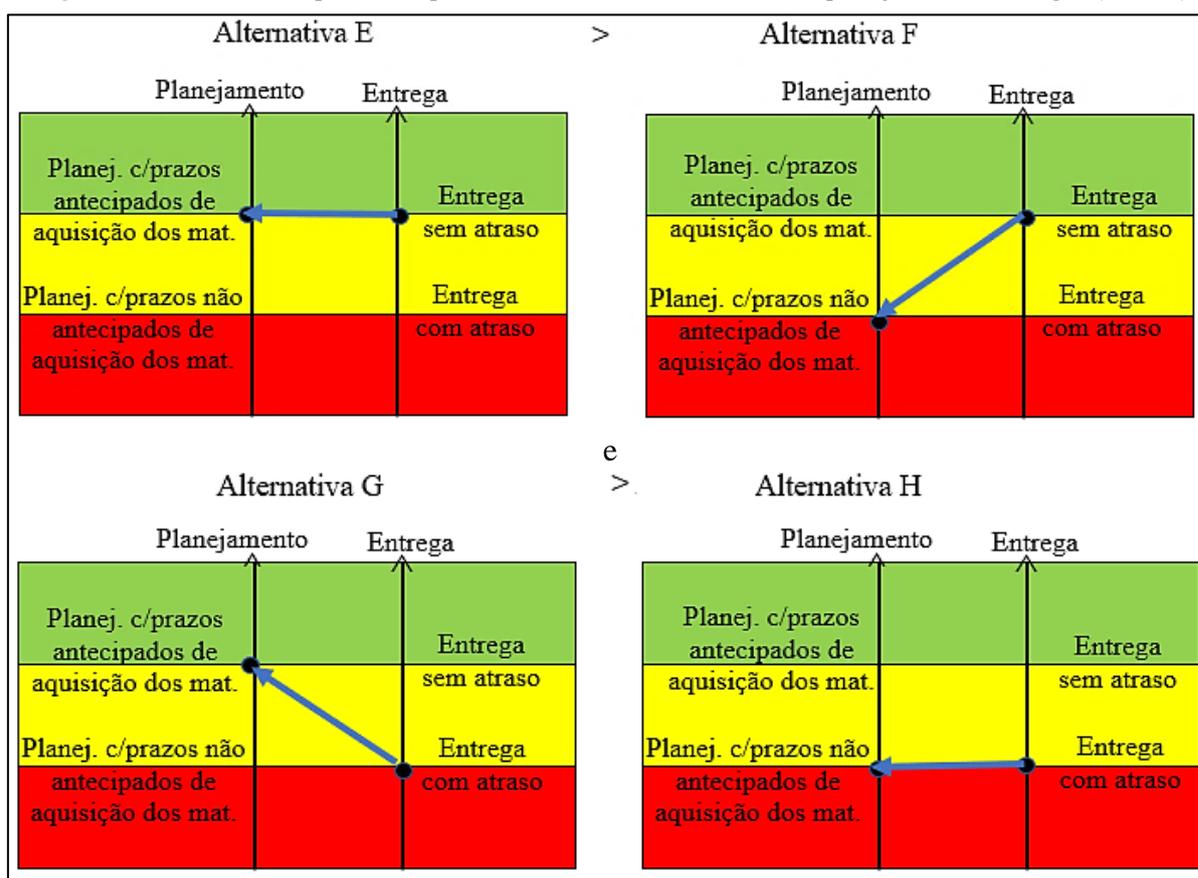
Fonte: Elaborado pelo autor.

### IPO VI:

Na análise de independência preferencial ordinal VI, a avaliação pelo melhor parâmetro passa a ser do descritor entrega, o que significa considerar a circunstância da entrega de materiais no canteiro de obras realizar-se sem atraso. Tomando por base essa conjectura, comparou-se com os níveis superior e inferior do descritor planejamento, conforme o apresentado na figura 13. O resultado do julgamento do decisor foi a opção pela alternativa “E” em vez da alternativa “F” em virtude de o planejamento na aquisição dos suprimentos neste caso ser implementado com antecedência nos prazos.

Na figura 12 também contém a análise comparativa entre as alternativas “G” e “H”, similar à circunstância exposta no parágrafo anterior quanto à avaliação do melhor e do pior parâmetro do descritor planejamento. Todavia, quanto ao descritor entrega, o critério considerado foi o de atraso na remessa dos insumos a obra. Para este cenário, o decisor optou pela alternativa “G”, em que o planejamento é realizado antecipadamente em relação aos prazos de compra dos materiais.

**Figura 13** – Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “planejamento e entrega” (IPO VI).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante das análises comparativas das alternativas “A” e “B”, bem como entre as opções “C” e “D” no teste IPO IV, constata-se que a não existência de atraso na entrega dos materiais foi mais atrativo para o decisor, independentemente de o planejamento ser realizado com prazos antecipados ou não em relação aos prazos de compra dos materiais. Em compensação, ao serem comparadas as alternativas “E” e “F” no teste IPO VI, análogo as alternativas “G” e “H”, a preferência do decisor foi pelo planejamento realizado com antecedência dos prazos de compras dos insumos independentemente da condição de entrega dos suprimentos na obra.

Portanto, considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO V e IPO VI, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): escassez de materiais de construção e atraso na entrega de materiais (ineficiência do setor de compras); que são condizentes com os descritores planejamento e entrega, concomitantemente.

#### 4.3.1.2.2. Teste de Independência Preferencial Cardinal (IPC)

O objetivo do teste IPC foi analisar se os descritores eram mutuamente cardinalmente preferencialmente independentes, ou seja, se a diferença de atratividade existente nas alternativas apresentadas nos pontos de vistas estudados não fora impactada no desempenho dessas opções nos demais pontos de vista. Inicialmente, as condições consideradas ideais de cada descritor foram avaliadas com o nível superior e inferior do outro descritor. Em seguida, em um cenário inverso, o grau inferior do mesmo descritor estudado no primeiro momento passou a ser avaliado em relação aos dois níveis do outro descritor.

No decorrer dos testes, a preferência do decisor foi sempre pela alternativa que expunha os níveis superiores dos descritores que estivessem sendo analisados em vez da opção em que apenas o melhor patamar de um fosse considerado, contexto que só foi se apresentou interessante para o decisor quando avaliado em conjunto com os dois níveis menos favorecidos do outro descritor.

**Descritores:** Aquisição e Entrega

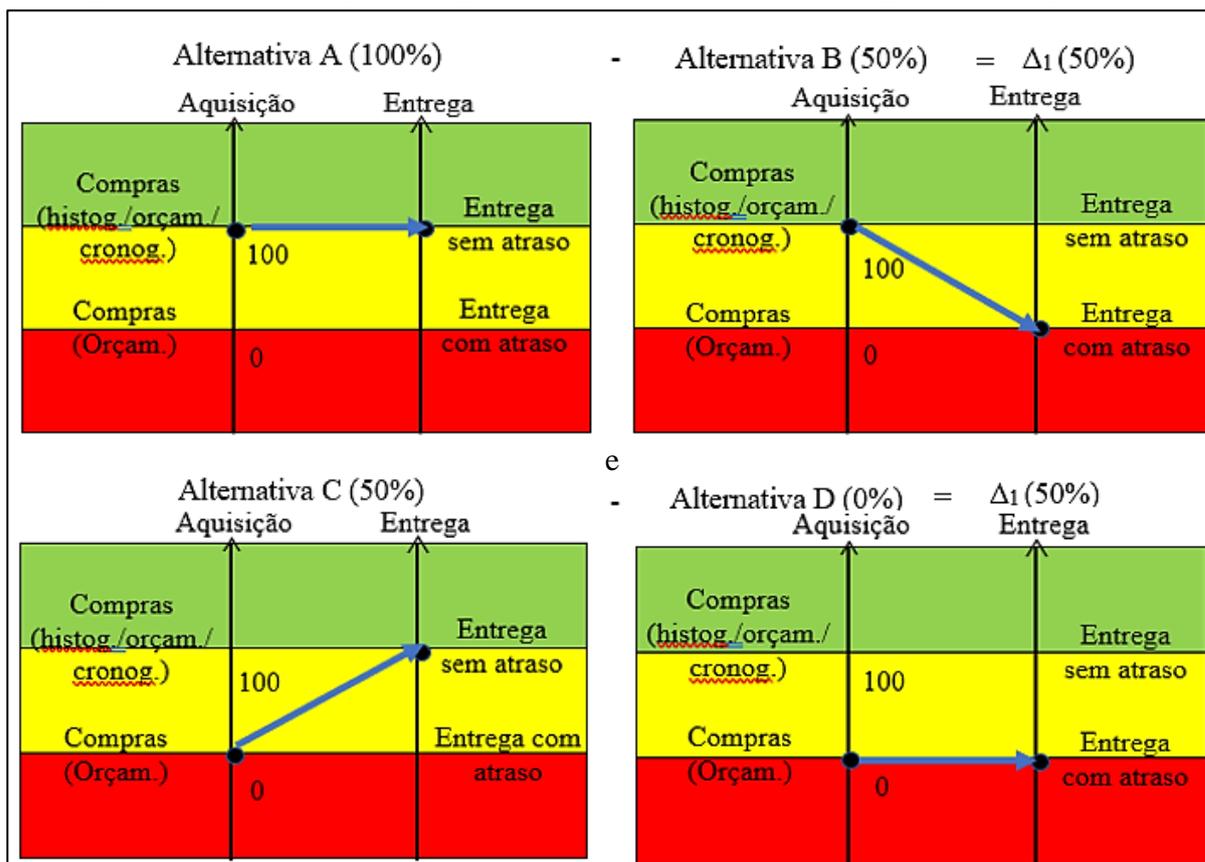
#### **IPC I:**

Na análise de independência preferencial cardinal I (IPC I), conforme demonstrado na figura 14, a alternativa “A” possui os melhores parâmetros dos descritores aquisição e entrega, o que foi avaliado como uma condição com 100% de atratividade, pois neste caso a aquisição dos suprimentos era realizada a partir dos documentos técnicos do projeto, como o cronograma físico-financeiro, o histograma e o orçamento, sendo que a entrega de materiais no canteiro de obras era efetivada sem demora. No caso da alternativa “B”, a única mudança fora a ocorrência de atraso na disponibilização dos insumos na local de construção, o que caracterizou a alternativa com uma atratividade de apenas 50% em relação à condição da opção “A”. Desse modo, a diferença de atratividade entre “A” e “B”, identificada pelo decisor como  $\Delta_1$ , foi de 50% também.

Em contrapartida, nas alternativas “C” e “D” o descritor aquisição dos suprimentos é apresentado com a compra dos suprimentos fundamentada exclusivamente com os dados do orçamento da obra, enquanto a entrega dos suprimentos ocorre sem atraso em “C” e com retardo em “D”. Neste cenário, as atratividades identificadas pelo decisor foram de 50% em “C” e 0% em “D” em virtude de as condições da alternativa serem enquadradas no nível inferior dos dois descritores. Consequentemente, a diferença de atratividade resultante entre as opções ( $\Delta_1$ ) foi

de 50%; assim como entre as alternativas “A” e “B”.

**Figura 14** – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e entrega” (IPC I).

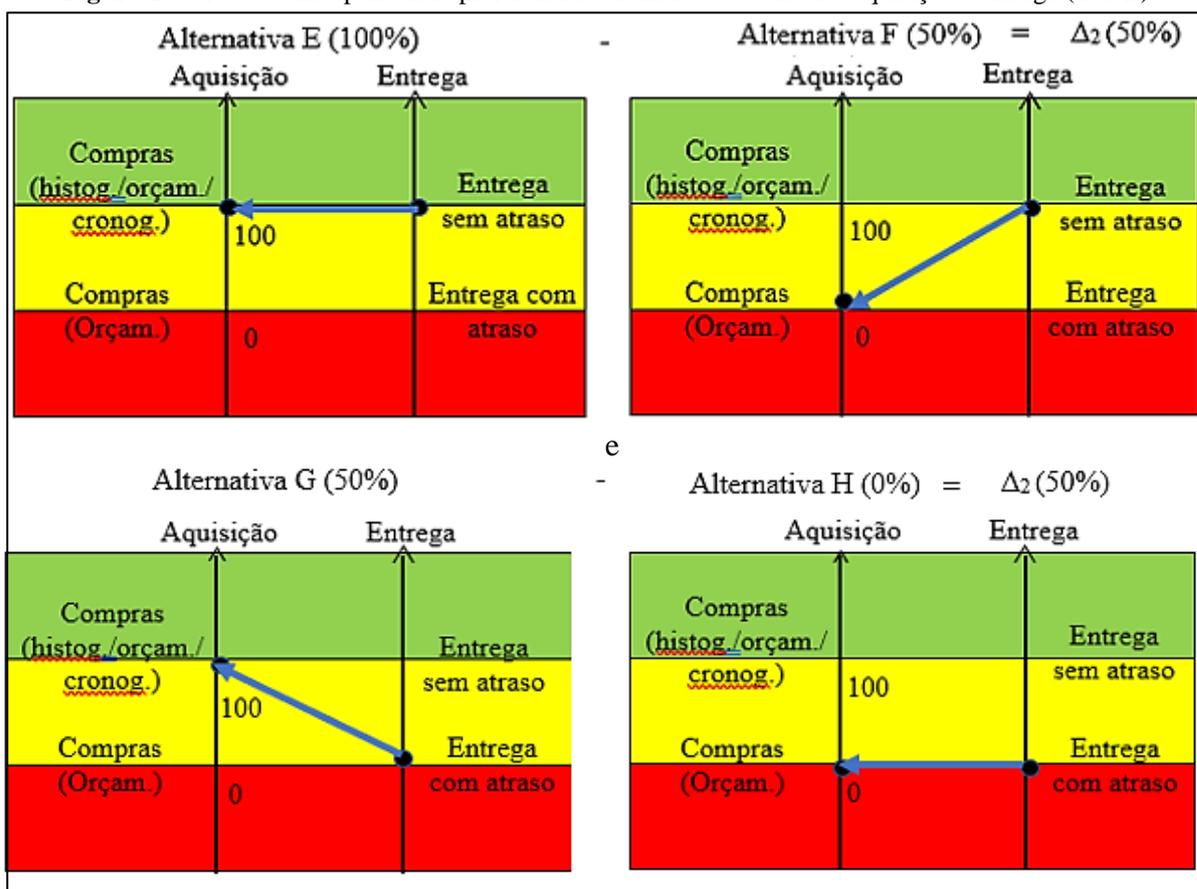


Fonte: Elaborado pelo autor.

## IPC II:

Na figura 15 é detalhada a análise de independência preferencial cardinal II (IPC II), em que a alternativa “E” contém os descritores aquisição e entrega nos seus níveis superiores, visto que a compra dos materiais é efetuada com base no cronograma físico-financeiro, no histograma e no orçamento, enquanto não há atraso na entrega de materiais no canteiro e por essas condições a alternativa “E” foi avaliada com 100% de atratividade. Contudo, no caso da alternativa “F”, embora também não haja atraso na remessa dos insumos para a equipe da obra, a aquisição dos materiais baseava-se unicamente no orçamento do empreendimento. Dessa forma, a alternativa passou a ter uma atratividade de somente 50% em relação a condição da opção “E”. Portanto, a diferença de atratividade entre “E” e “F” ( $\Delta_2$ ) foi considerada como 50% pelo decisor.

Figura 15 – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores aquisição e entrega (IPC II).



Fonte: Autor.

Nas alternativas “G” e “H” observa-se que o descritor entrega encontra-se apresentado meramente na condição de atraso na remessa dos suprimentos a obra, enquanto o descritor aquisição fundamenta-se nos documentos técnicos do projeto (cronograma, histograma e orçamento) em “G” e apenas com as informações obtidas do orçamento da obra na opção “H”. Neste contexto o decisor julgou as atratividades em “G” como de 50% e 0% em “H”, devido às condições da alternativa estarem no nível inferior em ambos os descritores. Por conseguinte, ainda segundo o decisor, a diferença de atratividade entre as opções ( $\Delta_2$ ) foi de 50%, do mesmo modo ocorrido na avaliação das alternativas “C” e “D”.

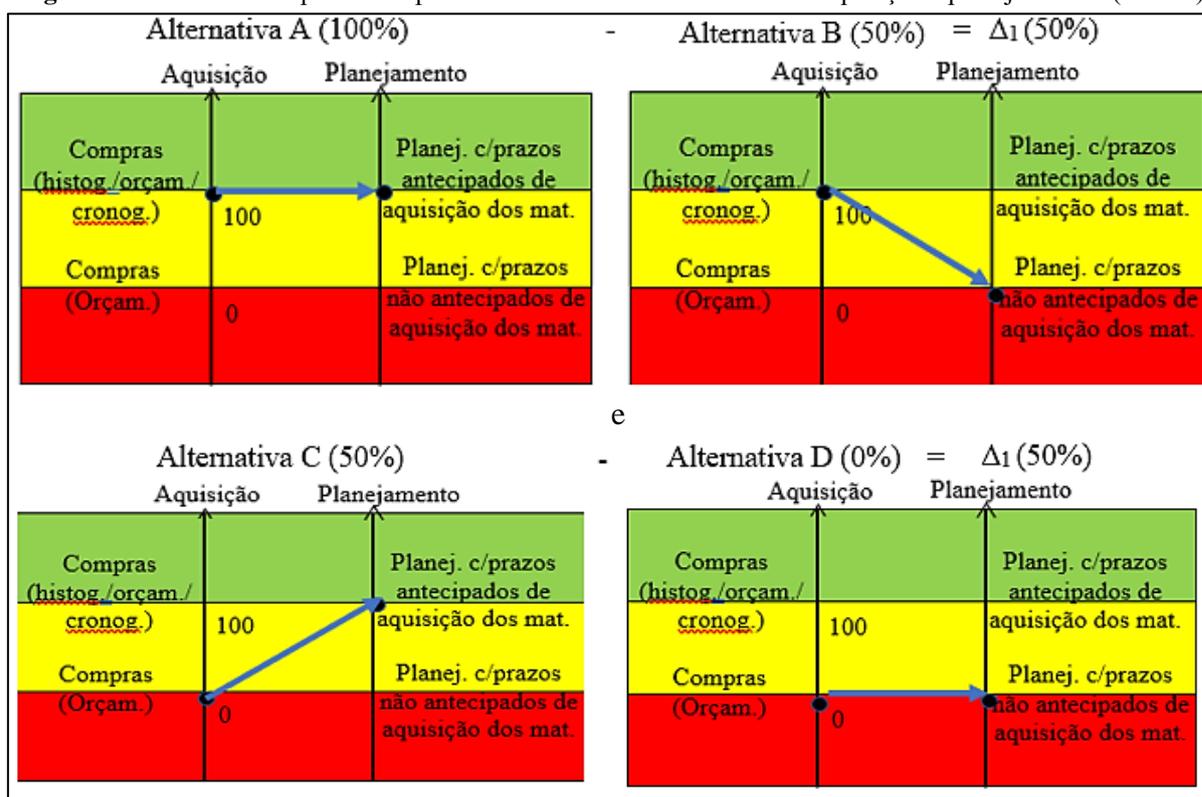
Portanto, em função de serem válidas as afirmações de existência das independências entre IPC I e IPC II, conclui-se que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso na entrega de materiais – ineficiência do setor de compras e atraso na entrega de materiais pelos fornecedores.

**Descritores:** Aquisição e Planejamento

**IPC III:**

A análise de independência preferencial cardinal III (IPC III) é explicitada na figura 16, que expõe na alternativa “A” os descritores aquisição e planejamento em seus níveis superiores, em razão de a compra dos materiais ser efetuada com base no cronograma físico-financeiro, no histograma e no orçamento, enquanto o planejamento da aquisição dos materiais da obra é realizado antecipadamente. Em decorrência dessas condições a alternativa “A” foi avaliada pelo decisor com um valor de 100% na sua atratividade. No entanto, no caso da alternativa “B”, embora a aquisição dos materiais continue no patamar superior do descritor, o planejamento passa a não ser feito com antecedência nesse caso. Dessa forma, a alternativa “B” foi julgada com uma atratividade de apenas 50% em relação a condição da opção “A” e a diferença de atratividade entre “A” e “B” ( $\Delta_1$ ) foi valorada também em 50% pelo decisor.

**Figura 16** – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPC III).



Fonte: Autor.

Em relação as alternativas “C” e “D”, constata-se que o descritor aquisição encontra-se situado no seu nível inferior, ou seja, na condição das compras dos insumos serem realizadas com base apenas nas informações oriundas do orçamento do empreendimento. Por outro lado, o descritor planejamento embora seja realizado antecipadamente em relação aos prazos de compra dos materiais em “C”, na opção “D” isso não ocorre. Diante desse cenário, o decisor julgou as atratividades em “C” como de 50% e 0% em “D”, dada as condições da alternativa

estarem no nível inferior em ambos os descritores. Em suma, o decisor considerou a diferença de atratividade entre as opções ( $\Delta_1$ ) com o valor de 50%; do mesmo modo ocorrido na avaliação das alternativas “A” e “B”.

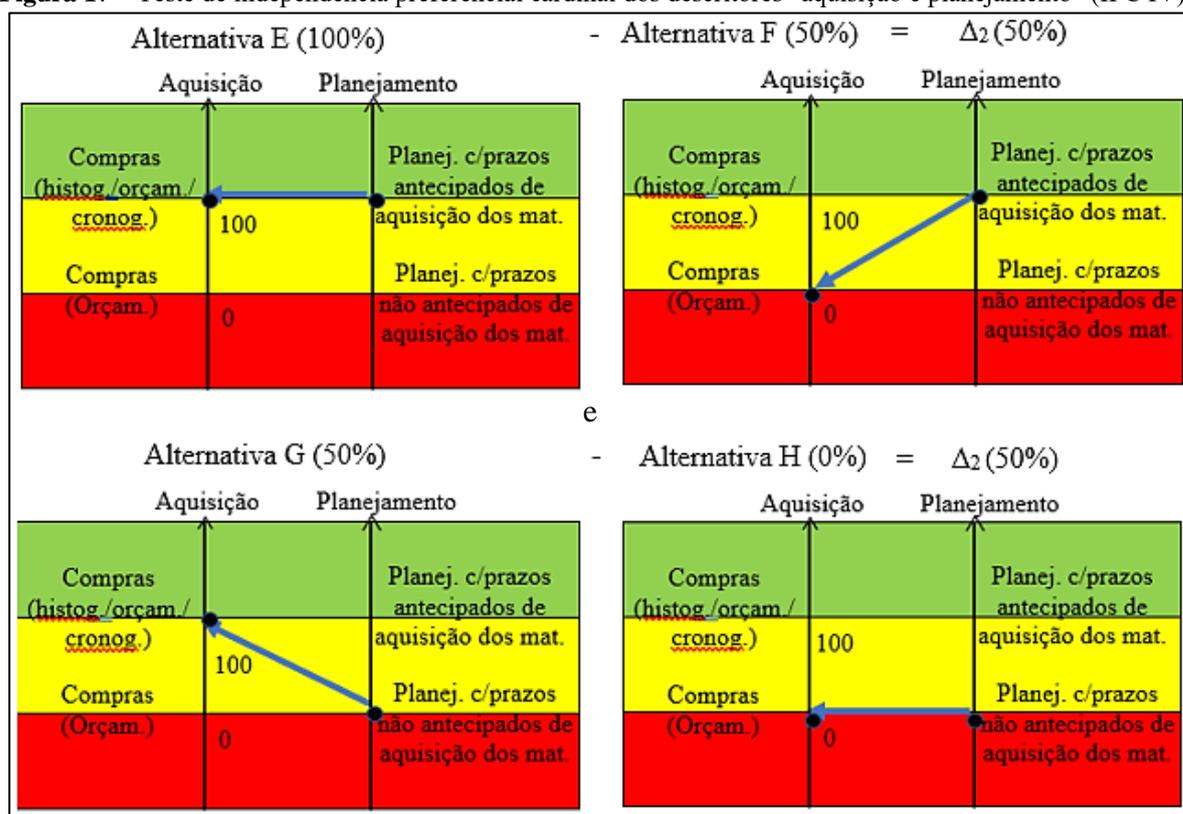
#### **IPC IV:**

A análise de independência preferencial cardinal IV (IPC IV) é detalhada na figura 17, na qual, na alternativa “E”, os descritores aquisição e planejamento são apresentados em seus níveis superiores, visto que a compra dos insumos é realizada baseada nos dados técnicos disponíveis no cronograma físico-financeiro, no histograma e no orçamento, assim como o planejamento da obra é executado com prazos antecipados na aquisição dos suprimentos. Em função desse cenário, o decisor considerou a alternativa “E” com um patamar de 100% na sua atratividade. Em relação à alternativa “F”, o descritor planejamento permanece no seu nível superior, em contrapartida a aquisição é executada com base apenas nas informações originárias do orçamento da obra nesse caso. Em consequência, o decisor julgou a atratividade da alternativa “F” como 50% em relação a condição da opção “E” e a diferença de atratividade entre “E” e “F” ( $\Delta_2$ ) também em 50%.

Quanto às alternativas “G” e “H”, o descritor planejamento situa-se no seu nível inferior, condição em que as compras dos insumos não são realizadas antecipadamente. Em compensação, enquanto o descritor aquisição em “G” é caracterizado pela compra dos materiais fundamentada no cronograma físico-financeiro, no histograma e no orçamento, na opção “H” os insumos são adquiridos apenas baseados nas informações advindas do orçamento. Em razão desse contexto, as atratividades foram consideradas pelo decisor como 50% em “G” e 0% em “H”, como resultado da alternativa apresentar os descritores nos seus níveis inferiores. Em síntese, o decisor considerou a diferença de atratividade entre as opções ( $\Delta_2$ ) com o valor de 50%, do mesmo modo ocorrido na avaliação das alternativas “E” e “F”.

Portanto, em decorrência de serem válidas as afirmações de existência das independências entre IPC III e IPC IV, conclui-se que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso na entrega de materiais – ineficiência do setor de compras e atraso por escassez de materiais de construção.

**Figura 17** – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “aquisição e planejamento” (IPC IV).



Fonte: Autor.

**Descritores:** Entrega e Planejamento

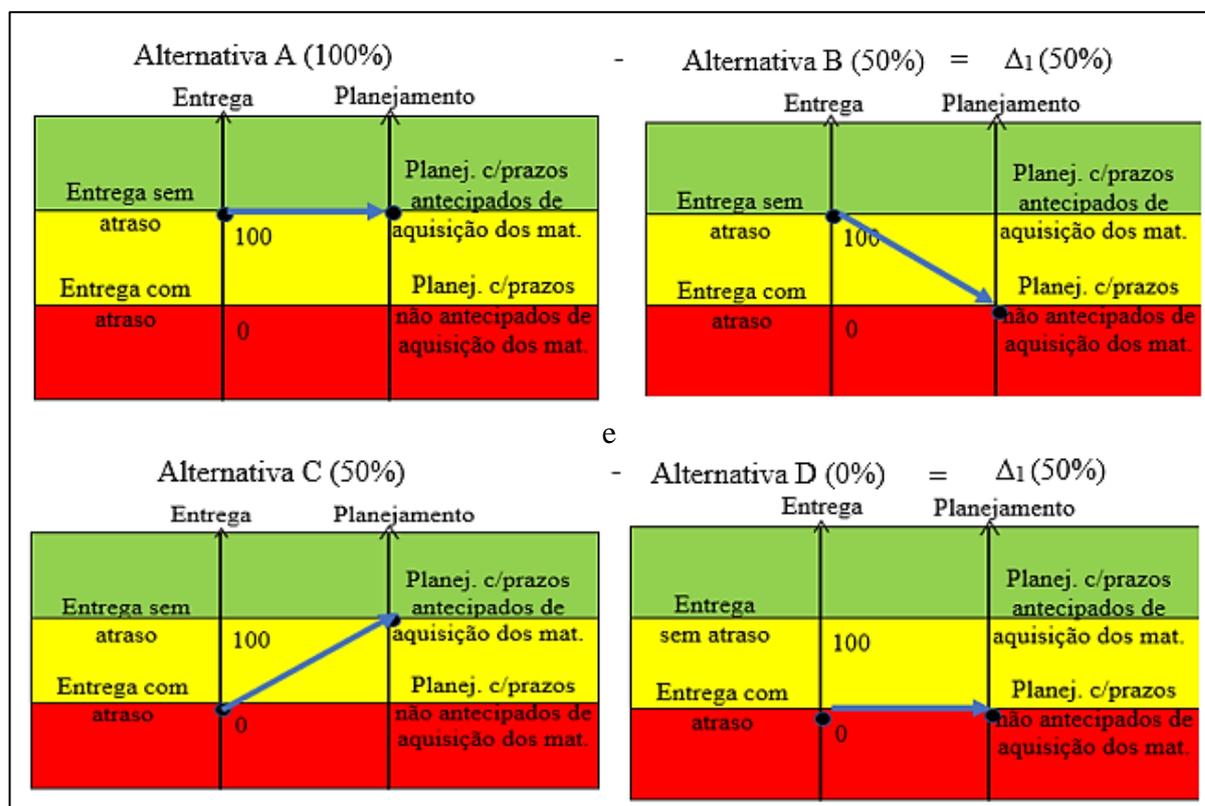
#### IPC V:

A análise de independência preferencial cardinal V (IPC V) é detalhada na figura 18, em que, na alternativa “A” os descritores “entrega e planejamento” encontram-se em seus níveis superiores, visto que a entrega dos insumos é realizada sem atraso e o planejamento da obra é executado com prazos antecipados na aquisição dos suprimentos. Em razão dessa conjuntura, a alternativa “A” foi avaliada pelo decisor com 100% de atratividade. No caso da alternativa “B”, o descritor entrega permanece no seu nível superior, em contrapartida o planejamento não contempla a antecedência nos prazos na aquisição dos materiais. Conseqüentemente, a atratividade da alternativa “B” foi considerada como 50% em relação a condição da opção “A” pelo decisor, que julgou e a diferença de atratividade entre “A” e “B” ( $\Delta_1$ ) também em 50%.

Quanto às alternativas “C” e “D”, o descritor entrega situa-se no seu nível inferior, ou seja, a remessa dos insumos para o canteiro de obras é realizada com atraso. Em contrapartida, o descritor planejamento em “C” é caracterizado pela compra dos materiais com prazos antecipados na aquisição dos materiais, enquanto na opção “D” os suprimentos são adquiridos sem essa antecipação. Ao avaliar esse quadro, o decisor considerou as atratividades como 50%

em “C” e 0% em “D”, como resultado da alternativa apresentar os descritores nos seus níveis inferiores. Em resumo, o decisor considerou a diferença de atratividade entre as opções ( $\Delta_1$ ) com o valor de 50%; do mesmo modo ocorrido na avaliação das alternativas “A” e “B”.

**Figura 18** – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “entrega e planejamento” (IPC V).

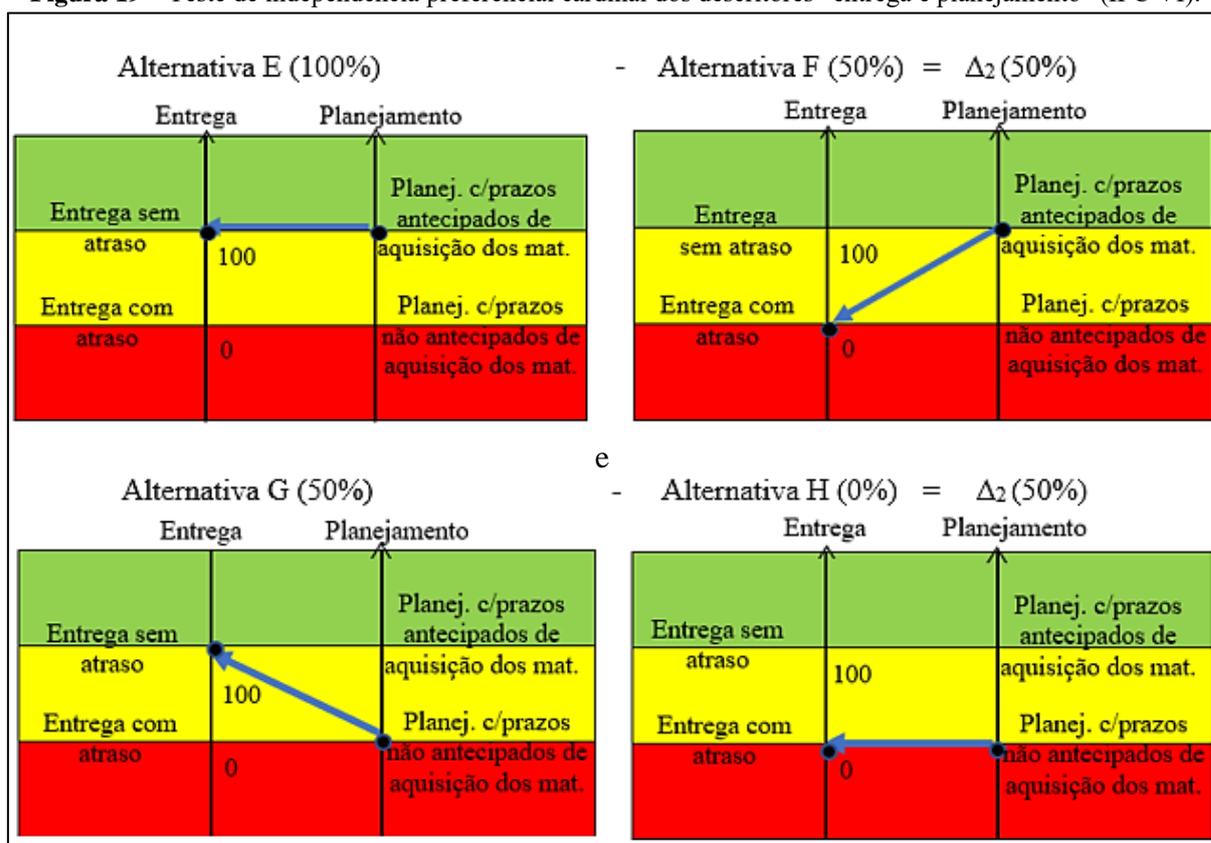


Fonte: Autor.

## IPC VI:

A análise de independência preferencial cardinal VI (IPC VI) é detalhada na figura 19, onde na alternativa “E” os descritores “entrega e planejamento” encontram-se situados em seus níveis superiores, com a remessa dos insumos para as obras realizada sem atraso e o planejamento da obra efetuada com prazos antecipados de compra dos suprimentos. Como consequência, o decisor avaliou a alternativa “E” com 100% de atratividade. No caso da alternativa “F”, o descritor planejamento permanece no seu nível superior, em contrapartida a entrega dos materiais passa a ser efetuada com atraso. Logo, em função dessa condição, a atratividade da alternativa “F” foi considerada como 50% em relação a condição da opção “E” pelo decisor, que julgou a diferença de atratividade entre “E” e “F” ( $\Delta_2$ ) também em 50%.

**Figura 19** – Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “entrega e planejamento” (IPC VI).



Fonte: Autor.

No caso das alternativas “G” e “H”, o descritor planejamento situa-se no seu nível inferior, ou seja, a compra dos materiais não é realizada com prazos antecipados. Em contrapartida, a remessa dos insumos para o canteiro de obras é realizada sem atraso em “G”, enquanto na opção “H” os suprimentos são entregues com atraso. Diante dessa circunstância, o decisor avaliou as atratividades como 50% em “G” e 0% em “H”; como resultado da alternativa apresentar os descritores nos seus níveis inferiores. Em suma, o decisor considerou a diferença de atratividade entre as opções ( $\Delta_2$ ) com o valor de 50%; do mesmo modo ocorrido na avaliação das alternativas “E” e “F”.

Portanto, devido a serem válidas as afirmações de existência das independências entre IPC V e IPC VII, conclui-se que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso na entrega de materiais pelos fornecedores e atraso por escassez de materiais de construção.

#### 4.3.1.3. Construção das Funções de Valor

É a mensuração cardinal de cada objetivo, segundo a percepção preferencial dos decisores e calculada por meio do software MACBETH (Measuring Attractiveness by a

Categorical Based Evaluation Technique), que permite a medição da atratividade das alternativas com base em uma técnica de avaliação em categorias. No caso específico em questão, trata-se dos descritores dos fatores de atraso do grupo suprimentos, conforme apresentado na Figura 20: Entrega, Aquisição, Aplicação e Planejamento.

**Figura 20** – Árvore dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”.



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## A – Descritor: Entrega

**Figura 21** – Propriedades do descritor “entrega”

Janela de propriedades do descritor 'ENTREGA'. O título da janela é 'Propriedades de ENTREGA'. O formulário contém os seguintes campos:

- Nome:** ENTREGA
- Nome abreviado:** ENTREGA
- Comentários:** Atraso na entrega de suprimentos pelos fornecedores
- Base de comparação:**
  - as opções
  - as opções + 2 referências
  - níveis qualitativos de performance:
  - níveis quantitativos de performance:
- Níveis de performance:**

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Entrega de materiais no canteiro antes do prazo	EAP
2		Entrega de materiais no canteiro sem atraso	ESA
3		Entrega de materiais no canteiro com atraso de 1 dia	EA1D
4		Entrega de materiais no canteiro com atraso de 2 dias	EA2D
5		Entrega de materiais no canteiro com atraso de 3 dias	EA3D

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Em relação às propriedades do descritor entrega, observa-se na Figura 21 que elas foram baseadas em níveis qualitativos de performance e seguem a estruturação já relatada na presente tese deste indicador de desempenho, com as condições dos níveis da escala passando progressivamente de cenários não tão favoráveis, com atrasos na entrega dos suprimentos nas

construções de 1 (EA1D), 2 (EA2D) e 3 três dias (EA3D), para as graduações superiores em que tais demoras inexistem (ESA) ou os materiais chegam até mesmo antes do prazo (EAP) no canteiro de obras (níveis bom e de excelência).

A próxima etapa refere-se à construção da matriz de julgamento do descritor entrega, em que as alternativas se encontram dispostas, tanto na horizontal quanto na vertical, de acordo com a condição mais desejada, que se refere à entrega antes do prazo, até a pior circunstância das entregas ocorrerem com três dias de atraso; em consonância ao demonstrado na Figura 22. As opções disponíveis são comparadas umas com as outras pelo critério par a par, por meio das relações entre elas, que pode ser nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema.

**Figura 22** – Matriz de julgamento do descritor “entrega”

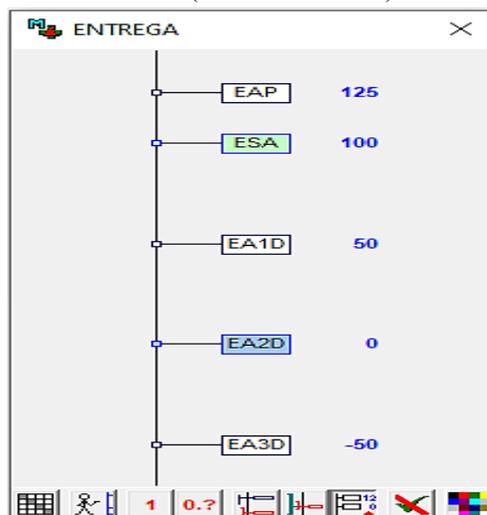
	EAP	ESA	EA1D	EA2D	EA3D	Escala atual
EAP	nula 0	mt. fraca 25	fraca 75	forte 125	mt. forte 175	125
ESA		nula 0	fraca 50	moderada 100	forte 150	100
EA1D			nula 0	fraca 50	moderada 100	50
EA2D				nula 0	fraca 50	0
EA3D					nula 0	-50

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

O resultado dessa metodologia é a obtenção da escala cardinal em substituição da escala ordinal anteriormente construída, com os valores variando de 125, que corresponde ao nível da escala considerado excelente para entregas dos insumos antes do prazo, até - 50 que caracteriza o pior cenário, com um atraso de 3 dias na entrega dos materiais no canteiro. Esse processo é mais bem detalhado na Figura 23, que retrata uma escala Macbeth para o caso e onde é possível observar a correlação entre os índices referentes ao descritor “entrega”, por exemplo: a entrega sem atraso (ESA) que é condizente ao nível bom no modelo qualitativo (ordinal) e possui um valor numérico de 100 no modelo quantitativo (cardinal).

**Figura 23** – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “entrega”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## B – Descritor: Aquisição

As propriedades do descritor aquisição estão expostas na Figura 24 e também foram baseadas em níveis qualitativos de performance, assim como seguem a estruturação previamente explanadas do indicador de desempenho, em que as gradações da escala iniciam-se primeiramente pela realização das compras apenas pelo menor preço (MP) e passam a incorporar a atividade de aquisição de suprimentos por meio das informações geradas pelo orçamento da obra (MP+OR), pela inclusão das especificações de projeto (MP+OR+ PJ), dos dados obtidos do histograma e do cronograma físico-financeiro (MP+OR+ PJ+HI+CR) e por fim é incorporado a prática de recrutar somente fornecedores cadastrados e avaliados positivamente (MP+ENG+CAD).

Ressalta-se que a sigla ENG engloba os documentos técnicos elaborados pelo corpo de engenharia da empresa, no caso: o orçamento, os projetos, o histograma e o cronograma físico-financeiro. Em seguida foi realizada a elaboração da matriz de julgamento do descritor aquisição, que contém as alternativas organizadas nos planos horizontal e vertical de forma decrescente, ou seja, do cenário ideal (MP+ENG+CAD) até a condição menos favorável (MP). A metodologia, neste caso, não se altera, visto que a comparação entre as opções existentes é efetuada igualmente pelo critério par a par, que aborda as relações entre as alternativas: nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema; conforme exposto na Figura 25.

**Figura 24** – Propriedades do descritor “aquisição”

Propriedades de AQUISIÇÃO

Nome: AQUISIÇÃO

Nome abreviado: AQUIS.

Comentários: Atraso na compra de Materiais (ineficiência do setor de compras)

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Comprar p/menor preço, c/base no orçam., proj. integ., hist., crono	MP+ENG+CAD
2		Comprar p/menor preço, c/base no orçam., proj. integ., hist. e cron	MP+OR+PJ+HI+CR
3		Comprar p/menor preço, c/base no orçam. e proj. integ.	MP+OR+PJ
4		Comprar p/menor preço e c/base no orçam.	MP+OR
5		Comprar p/menor preço	MP

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Comprar pelo menor preço, com base no orçamento, projetos integrados, histograma, cronograma e de fornecedores cadastrados.
- 2- Comprar pelo menor preço, com base no orçamento, projetos integrados, histograma e cronograma.
- 3- Comprar pelo menor preço, com base no orçamento e em projetos integrados.
- 4- Comprar pelo menor preço e com base no orçamento.
- 5- Comprar pelo menor preço.

A consequência desse processo é a substituição da escala originalmente qualitativa (ordinal) por uma de caráter quantitativo (cardinal). Desse modo, os níveis: mínimo aceitável (MP), sobrevivência (MP+OR), neutro (MP+OR+ PJ), bom (MP+OR+ PJ+HI+CR) e excelente (MP+ENG+CAD) do modelo ordinal passam a ser representados por resultados numéricos no modelo cardinal; conforme demonstrado detalhadamente na Figura 26, que é composta pelo valor 133.33 na extremidade superior, além de 100, 44 e 0 nos outros níveis de graduações, além de – 44.44 na base da escala.

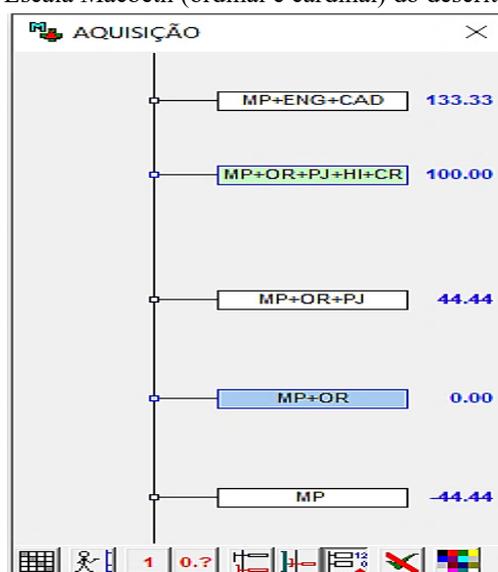
**Figura 25** – Matriz de Julgamento do descritor “aquisição”

	MP+ENG+CAD	MP+OR+PJ+HI+CR	MP+OR+PJ	MP+OR	MP	Escala atual	
							extrema
MP+ENG+CAD	nula 0.00	moderada 33.33	forte 88.89	mt. forte 133.33	extrema 177.77	133.33	mt. forte
MP+OR+PJ+HI+CR		nula 0.00	forte 55.56	mt. forte 100.00	extrema 144.44	100.00	forte
MP+OR+PJ			nula 0.00	moderada 44.44	forte 88.88	44.44	moderada
MP+OR				nula 0.00	moderada 44.44	0.00	fraca
MP					nula 0.00	-44.44	mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 26** – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “aquisição”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

### C – Descritor: Aplicação

O descritor aplicação, confeccionado em decorrência do atraso de obras referente ao retrabalho devido a erros durante a construção, encontra-se detalhado na Figura 27, onde são apresentadas as propriedades do indicador em conformidade com as condições crescentes de melhoria de trabalho. No nível inicial, tem-se a aplicação de suprimentos na obra sem respeitar as recomendações das normas técnicas e em desconformidade aos projetos do empreendimento, assim como também inexistente uma metodologia padrão de execução dos serviços e a mão de obra não recebe nenhum treinamento para desenvolver as tarefas exigidas (AP).

Nas graduações seguintes, o cenário é bastante semelhante, excetuando-se o fato de que a aplicação dos materiais é executada de acordo com as indicações normativas (AP NOR) e em

compatibilidade com os projetos (AP NOR+PJ). Nos demais níveis a mão de obra passa a ser treinada para a função e há a adoção de uma metodologia padrão de execução para as atividades desenvolvidas (AP NOR+PJ+MP+MOT), do mesmo modo que é realizado o registro das lições aprendidas e dos procedimentos adotados ao longo da obra (AP NOR+PJ+MP+MOT+RG).

**Figura 27** – Propriedades do descritor “aplicação”

Propriedades de APLICAÇÃO

Nome: APLICAÇÃO

Nome abreviado: APLICAÇÃO

Comentários: Atrasos nas obras devido ao retrabalho em função de erros na construção

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conform	AP NOR+PJ+MP+MOT+RG
2		Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conform	AP NOR+PJ+MP+MOT
3		Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conform	AP NOR+PJ
4		Aplicação de suprimentos na obra, normatizados. Mas, não	AP NOR
5		Aplicação de suprimentos na obra, fora das normas e não	AP

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth

- 1-** Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conforme o projeto, sendo que a MO é treinada, há uma metodologia de execução padrão, assim como é realizado o registro das lições aprendidas e dos procedimentos adotados.
- 2-** Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conforme o projeto, por meio de uma metodologia de execução padrão e MO treinada.
- 3-** Aplicação de suprimentos na obra, normatizados e conforme o projeto. Mas, sem uma metodologia de execução padrão e treinamento da MO.
- 4-** Aplicação de suprimentos na obra, normatizados. Mas, não conforme o projeto, sem uma

metodologia de execução padrão e treinamento da MO.

5- Aplicação de suprimentos na obra, fora das normas e não conforme o projeto; sem uma metodologia de execução padrão e treinamento da MO.

Posteriormente, foi realizada a confecção da matriz de julgamento do descritor “aplicação”, no qual os planos horizontal e vertical encontram-se organizados em uma escala decrescente, ou seja, inicia-se pela circunstância ideal (AP NOR+PJ+MP+MOT+RG) até a condição menos favorável (AP). Nesse caso, a metodologia permanece a mesma dos outros descritores, considerando que a comparação entre as opções existentes é efetuada do mesmo modo, pelo critério par a par, que avalia as relações entre as alternativas como nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema; segundo o exposto na Figura 28.

**Figura 28** – Matriz de julgamento do descritor “aplicação”

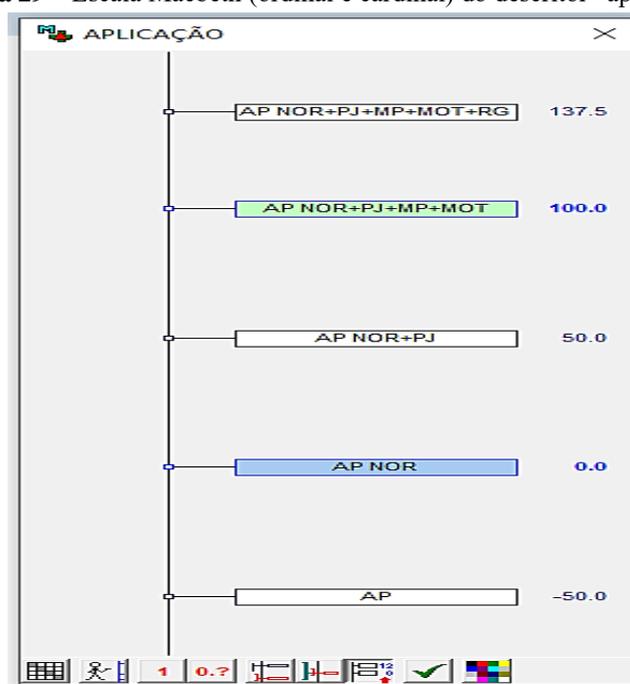
APLICAÇÃO							X
	AP NOR+PJ+MP+MOT+RG	AP NOR+PJ+MP+MOT	AP NOR+PJ	AP NOR	AP	Escala atual	
	nula 0.0	moderada 37.5	forte 87.5	mt. forte 137.5	extrema 187.5	137.5	extrema
AP NOR+PJ+MP+MOT+RG							mt. forte
AP NOR+PJ+MP+MOT		nula 0.0	forte 50.0	mt. forte 100.0	extrema 150.0	100.0	forte
AP NOR+PJ			nula 0.0	forte 50.0	mt. forte 100.0	50.0	moderada
AP NOR				nula 0.0	forte 50.0	0.0	fraca
AP					nula 0.0	-50.0	mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth

Os resultados desse processo estão expostos na coluna “escala atual” da matriz e correspondem à substituição da escala originalmente qualitativa (ordinal) por uma de caráter quantitativo (cardinal). Desse modo, os níveis mínimos aceitável (AP), sobrevivência (AP NOR), neutro (AP NOR+PJ), bom (AP NOR+PJ+MP+MOT) e excelente (AP NOR+PJ+MP+MOT+RG) do modelo ordinal passam a ser representados por resultados numéricos no modelo cardinal, conforme demonstrado detalhadamente na Figura 29, que é composta pelo valor 137.50 na extremidade superior, além de 100, 50 e 0 nos outros níveis de graduações, além de – 50 na base da escala.

**Figura 29** – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “aplicação”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## D – Descritor: Planejamento

O descritor planejamento, confeccionado em decorrência do atraso de obras devido à escassez de materiais de construção, encontra-se detalhado na Figura 30, onde são apresentadas as propriedades do indicador em conformidade com as condições progressivas de melhoria de trabalho. No nível inicial (PL), em que as condições não são as ideais, o planejamento é realizado com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, além de não considerar as condições logísticas e ainda apresentar erros de levantamento dos insumos necessários.

Nos patamares consecutivos, o panorama é quase análogo, com exceção que não ocorrem mais problemas de levantamento (PL+LEV) e nem de logística (PL+LOG+LEV). Nos demais níveis o planejamento passa a ser realizado com base no histograma e no cronograma físico-financeiro e a contemplar prazos antecipados de aquisição dos materiais (PLANT+LOG+LEV), assim como são avaliados os métodos construtivos adotados no decorrer da obra (PLANT+LOG+LEV+METCON).

**Figura 30** – Propriedades do descritor “planejamento”

Propriedades de PLANEJAMENTO

Nome: PLANEJAMENTO

Nome abreviado: PLANEJAMENTO

Comentários: Atrasos nas obras devido a escassez de materiais de construção

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Planejamento com prazos antecipados de aquisição dos	PLANT+LOG+LEV+METCON
2		Planejamento com prazos antecipados de aquisição dos	PLANT+LOG+LEV
3		Planejamento com prazos não antecipados de aquisição	PL+LOG+LEV
4		Planejamento com prazos não antecipados de aquisição	PL+LEV
5		Planejamento com prazos não antecipados de aquisição	PL

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Planejamento com prazos antecipados de aquisição dos materiais (histograma/cronograma), considerando as condições logísticas, sem erros de levantamento e analisando os métodos construtivos.
- 2- Planejamento com prazos antecipados de aquisição dos materiais (histograma/cronograma), considerando as condições logísticas, sem erros de levantamento.
- 3- Planejamento com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, considerando as condições logísticas e sem erros de levantamento.
- 4- Planejamento com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, sem considerar as condições logísticas e sem erros de levantamento.
- 5- Planejamento com prazos não antecipados de aquisição dos materiais, sem considerar as condições logísticas e com erros de levantamento.

Na etapa seguinte, confeccionou-se a matriz de julgamento do descritor “planejamento”, no qual os planos horizontal e vertical encontram-se organizados em uma escala descendente, ou seja, inicia-se pela circunstância ideal (PLANT+LOG+LEV+METCON) até a condição

menos favorável (PL). Equivalente aos outros descritores, nesse caso, não há alteração na metodologia, visto que a comparação entre as opções existentes é efetuada do mesmo modo, pelo critério par a par, que avalia as relações entre as alternativas como nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema; segundo o exposto na Figura 31.

**Figura 31** – Matriz de julgamento do descritor “planejamento”

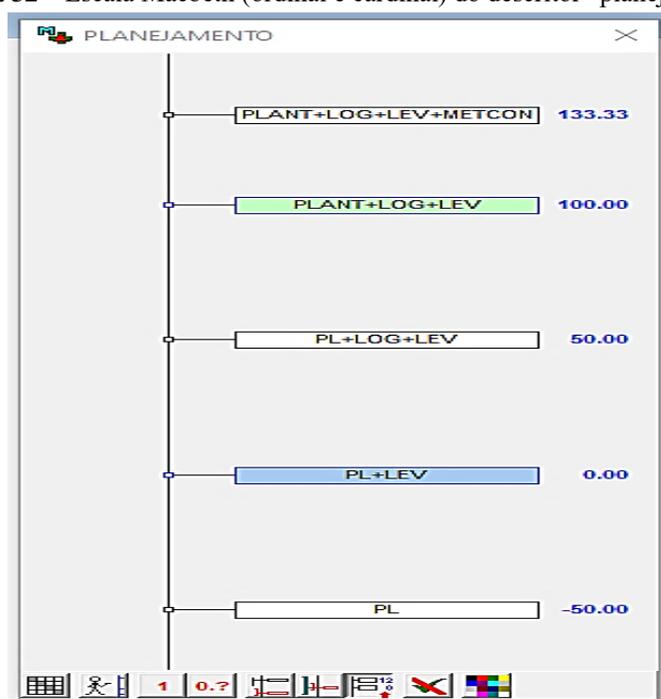
PLANEJAMENTO							X
	PLANT+LOG+LEV+METCON	PLANT+LOG+LEV	PL+LOG+LEV	PL+LEV	PL	Escala atual	
PLANT+LOG+LEV+METCON	nula 0.00	fraca 33.33	forte 83.33	mt. forte 133.33	extrema 183.33	133.33	extrema
PLANT+LOG+LEV		nula 0.00	moderada 50.00	forte 100.00	mt. forte 150.00	100.00	mt. forte
PL+LOG+LEV			nula 0.00	moderada 50.00	forte 100.00	50.00	forte
PL+LEV				nula 0.00	moderada 50.00	0.00	moderada
PL					nula 0.00	-50.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Na coluna “escala atual” da matriz, são apresentados os resultados desse processo, que correspondem à substituição da escala primária, que é qualitativa (ordinal), por uma de natureza quantitativa (cardinal). Desse modo, os níveis: mínimo aceitável (PL), sobrevivência (PL+LEV), neutro (PL+LOG+LEV), bom (PLANT+LOG+LEV) e excelente (PLANT+LOG+LEV+METCON) do modelo ordinal passam a ser representados por resultados numéricos no modelo cardinal; conforme demonstrado detalhadamente na Figura 32, que é composta pelo valor 133.33 na extremidade superior, além de 100, 50 e 0 nos outros níveis de graduações, além de – 50 na base da escala.

**Figura 32** – Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “planejamento”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

#### 4.3.1.4. Elaboração das Taxas de Compensação

Para se obter as taxas de compensação do fator de atraso de gestão de suprimentos, primeiramente, foram organizadas alternativas nas quais seus descritores apresentavam, isoladamente, o nível bom de cada um correlacionado ao grau de sobrevivência dos demais (A1, A2, A3 e A4), assim como também uma alternativa (A0) em que todos os descritores se encontravam com as condições estabelecidas somente na escala de sobrevivência; conforme descrito nas figuras 33, 34, 35, 36 e 37.

**Figura 33** – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A1)

#### SUPRIMENTOS (A1)

AQUISIÇÃO	ENTREGA	APLICAÇÃO	PLANEJAMENTO
COMPRAS (HIST./ORÇ./CRON.)	ENTREGA SEM ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA/PROJ. C/ MEP E MÃO DE OBRA TREINADA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS
COMPRAS	ENTREGA C/ ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS NÃO ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 34** – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A2)

**SUPRIMENTOS (A2)**

AQUISIÇÃO	ENTREGA	APLICAÇÃO	PLANEJAMENTO
COMPRAS(HIST./ORÇ./CRON.)	ENTREGA SEM ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA/PROJ. C/ MEP E MÃO DE OBRA TREINADA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS
COMPRAS	ENTREGA C/ ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS NÃO ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 35** – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A3).

**SUPRIMENTOS (A3)**

AQUISIÇÃO	ENTREGA	APLICAÇÃO	PLANEJAMENTO
COMPRAS(HIST./ORÇ./CRON.)	ENTREGA SEM ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA/PROJ. C/ MEP E MÃO DE OBRA TREINADA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS
COMPRAS	ENTREGA C/ ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS NÃO ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 36** – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A4).

**SUPRIMENTOS (A4)**

AQUISIÇÃO	ENTREGA	APLICAÇÃO	PLANEJAMENTO
COMPRAS(HIST./ORÇ./CRON.)	ENTREGA SEM ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA/PROJ. C/ MEP E MÃO DE OBRA TREINADA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS
COMPRAS	ENTREGA C/ ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS NÃO ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 37** – Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos” (Alternativa A0).

**SUPRIMENTOS (A0)**

AQUISIÇÃO	ENTREGA	APLICAÇÃO	PLANEJAMENTO
COMPRAS(HIST./ORÇ./CRON.)	ENTREGA SEM ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA/PROJ. C/ MEP E MÃO DE OBRA TREINADA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS
COMPRAS	ENTREGA C/ ATRASO	APLICAÇÃO CONF. NORMA	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS NÃO ANTECIPADOS/ AQUISIÇÃO DE MATERIAIS

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Posteriormente, apresentaram-se, para o decisor, as alternativas elaboradas, que comparou cada uma com as outras existentes, no modelo par a par, com o intuito de observar qual delas possuía uma condição superior em cada caso; identificado pelo número “1”, enquanto o algarismo “0” indicava a alternativa menos atraente na comparação entre as alternativas. A matriz de Robert, apresentada na figura 38, contém os resultados desse processo avaliativo, incluindo a ordem de preferência das alternativas de acordo com o ponto de vista do decisor.

**Figura 38** – Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”

	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	4	1 <sup>o</sup>
A2	0	X	1	1	1	3	2 <sup>o</sup>
A3	0	0	X	1	1	2	3 <sup>o</sup>
A4	0	0	0	X	1	1	4 <sup>o</sup>
A0	0	0	0	0	X	0	5 <sup>o</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na etapa seguinte, confeccionou-se a matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”, em que os planos horizontal e vertical encontram-se organizados em uma escala descendente, ou seja, inicia-se pelo descritor considerado mais atrativo pelo decisor (Entrega) até àquele em que a preferência não foi a ideal (Aquisição). A metodologia utilizada também foi por meio da comparação entre as opções existentes, pelo critério par a par, que avalia as relações entre as alternativas como nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema; segundo o exposto na Figura 39.

**Figura 39** – Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”

Ponderação (FATORES DE ATRASO - SUPRIMENTOS)							
	[ ENTREGA ]	[ PLANEJAMENTO ]	[ APLICAÇÃO ]	[ AQUIS. ]	[ tudo inf. ]	Escala atual	
[ ENTREGA ]	nula 0.00	fraca 5.12	moderada 10.25	forte 17.95	mt. forte 33.33	33.33	extrema
[ PLANEJAMENTO ]		nula 0.00	fraca 5.13	moderada 12.83	forte 28.21	28.21	mt. forte
[ APLICAÇÃO ]			nula 0.00	moderada 7.70	forte 23.08	23.08	forte
[ AQUIS. ]				nula 0.00	forte 15.38	15.38	moderada
[ tudo inf. ]					nula 0.00	0.00	fraca
							mt. fraca
							nula

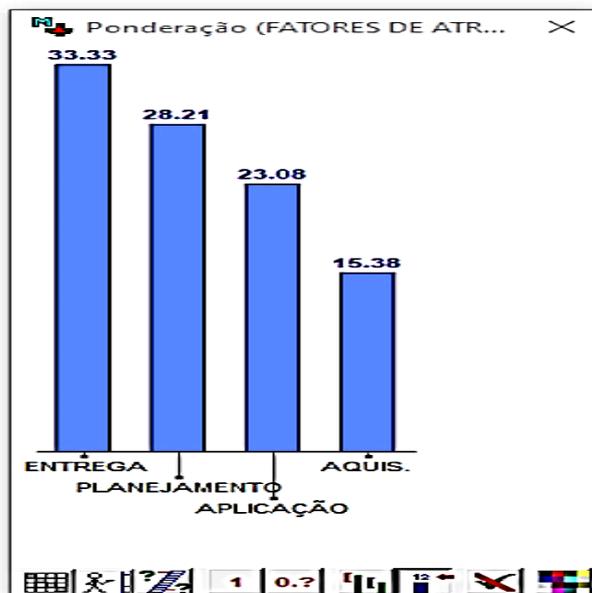
**Julgamentos consistentes**

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Na coluna “escala atual” da matriz são apresentados os resultados desse processo, que correspondem a substituição da escala primária, que é qualitativa (ordinal), por uma de natureza quantitativa (cardinal). Desse modo, cada descritor passa a ser representado por resultados numéricos (taxas de compensação) no modelo cardinal; conforme demonstrado detalhadamente no histograma da Figura 40, que é composta pela taxa percentual de 33.33 % para o descritor

“entrega”, além dos valores de 28.21 %, 23.08 % e 15.38 %, que correspondem aos descritores “planejamento”, “aplicação” e “requisição”, respectivamente.

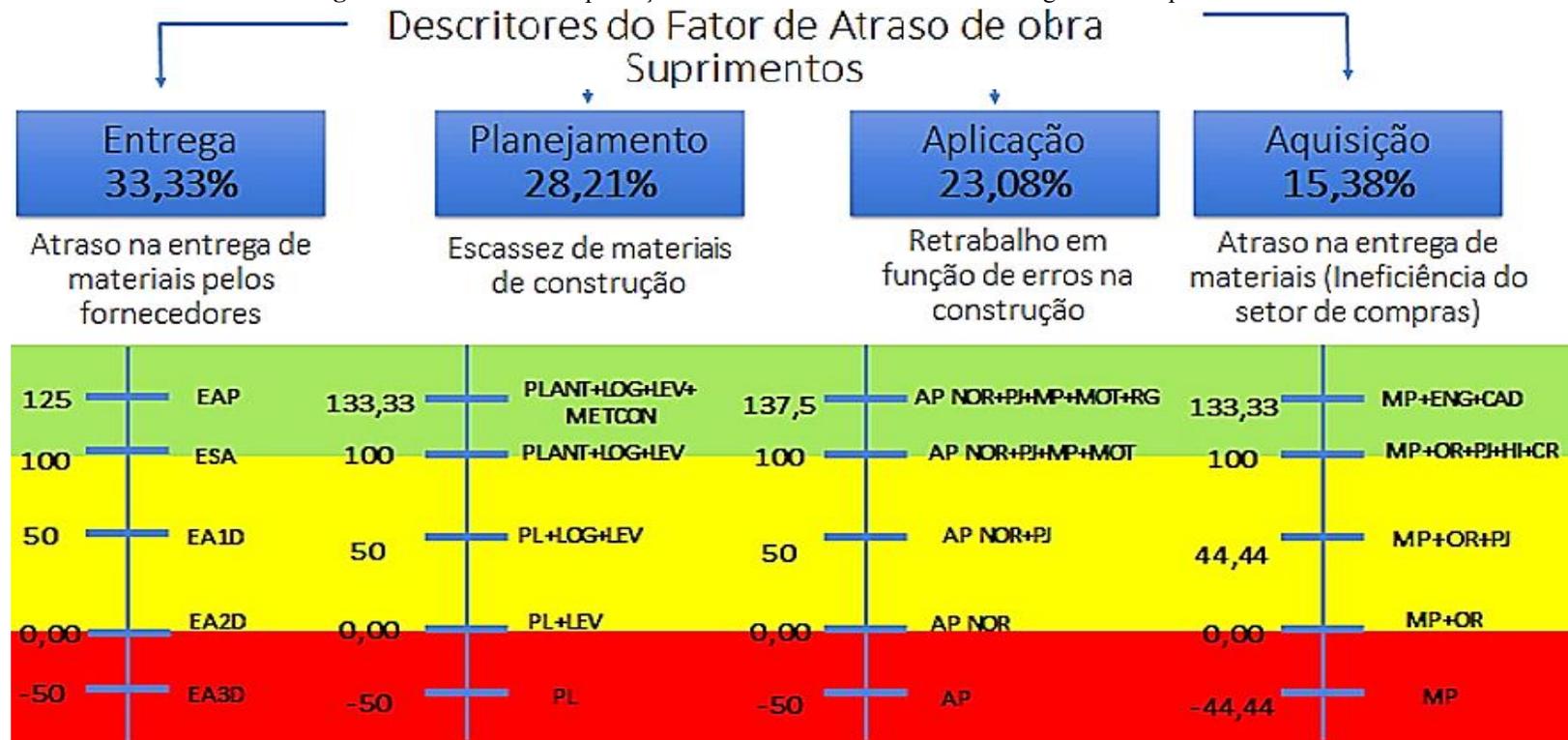
**Figura 40** – Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Por fim, destaca-se ainda a Figura 41, que apresenta uma visão geral dos resultados da aplicação da metodologia MCDA-C relacionados ao fator de atraso de gestão de suprimentos, em razão de detalhar as escalas ordinais e cardinais completas de cada de seus descritores; além de identificar suas taxas de compensação.

Figura 41 – Taxas de compensação dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”



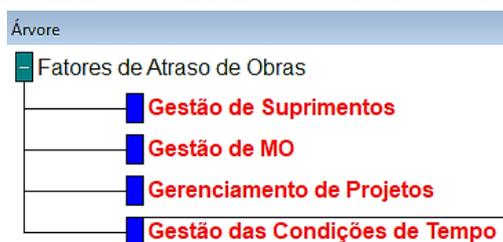
Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Entrega:** EAP (entrega antes do prazo); ESA (entrega s/atraso); EA1D (entrega c/1 dia de atraso); EA2D (entrega c/2 dia de atraso); EA3D (entrega c/3 dia de atraso).
- **Planejamento:** PLANT+LOG+LEV+METCON (planej. antecip/aquis. dos materiais, c/cond. logíst., s/erros de levant. e c/analís. dos met. construt); PLANT+LOG+LEV (planej. antecip/aquis. dos materiais, c/cond. logíst., s/erros de levant.); PL+LOG+LEV (s/planej. antecip/aquis. dos materiais, c/cond. logíst., s/erros de levant.); PL+LEV (s/planej. antecip/aquis. dos materiais, s/erros de levant.); PL (s/planej. antecip/aquis. dos materiais).
- **Aplicação:** AP NOR + PJ+MP+MOT+RG (Aplicação dos suprimentos c/base nas normas e nos projetos, com a MO treinada, havendo uma metodologia de execução padrão e o registro das lições aprendidas e dos procedimentos adotados); AP NOR + PJ+MP+MOT (Aplicação dos suprimentos c/base nas normas e nos projetos, com a MO treinada, havendo uma metodologia de execução padrão); AP NOR + PJ (Aplicação dos suprimentos c/base nas normas e nos projetos), AP NOR (Aplicação dos suprimentos c/base nas normas) AP (Aplicação dos suprimentos s/base nas normas).
- **Aquisição:** MP+ENG+CAD (Comprar p/menor preço, c/base no orçam., proj. integ., hist., cronog. e de fornec. Cadast); MP+OR+PJ+HI+CR (Comprar p/menor preço, c/base no orçam., proj. integ., hist. e cronog.); MP+OR+PJ (Comprar p/menor preço, c/base no orçam., proj. integ); MP+OR (Comprar p/menor preço e c/base no orçam); MP (Comprar p/menor preço).

#### 4.3.1.5. Análise de Sensibilidade

Em relação à próxima etapa da pesquisa, o objetivo foi avaliar as alterações das recomendações do modelo durante a variação do peso de um critério, sem modificar as razões de proporcionalidade entre os demais pesos. No caso, optou-se por efetuar uma análise geral de sensibilidade dos fatores de atraso de obra (Figura 42), visto que tal procedimento demonstrou-se compatível com as análises individuais por descritor.

**Figura 42** – Análise de Sensibilidade dos fatores de atraso de obras



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Quanto ao método de realizar a análise de sensibilidade, preliminarmente, foi identificada a performance dos descritores associados a cada fator de atraso, classificados como “opções” (op), conforme o exposto na tabela apresentada na Figura 43. Salienta-se também que a expressão “tudo inferior” representa uma “referência global com performances nos critérios iguais às respectivas referências inferiores”, de acordo com o manual do usuário do software MacBeth (BANA; CORTE, 2017).

**Figura 43** – Tabela de performances dos descritores dos fatores de atraso de obras

Opções	Gestão Suprimentos	Gestão da MO	Gestão de Projetos	Gestão CT
op 1	ENTREGA	PRODUTIVIDADE	DES. PROJ.	COND. TEMPO
op 2	PLANEJAMENTO	QUALIFICAÇÃO	ALT. PROJ.	TUDO INFERIOR
op 3	APLICAÇÃO	COMPROMETIMENTO	GEST. FINANC. OBRA	TUDO INFERIOR
op 4	AQUISIÇÃO	TUDO INFERIOR	FINAC. PROJ.	TUDO INFERIOR
op 5	TUDO INFERIOR	TUDO INFERIOR	TUDO INFERIOR	TUDO INFERIOR

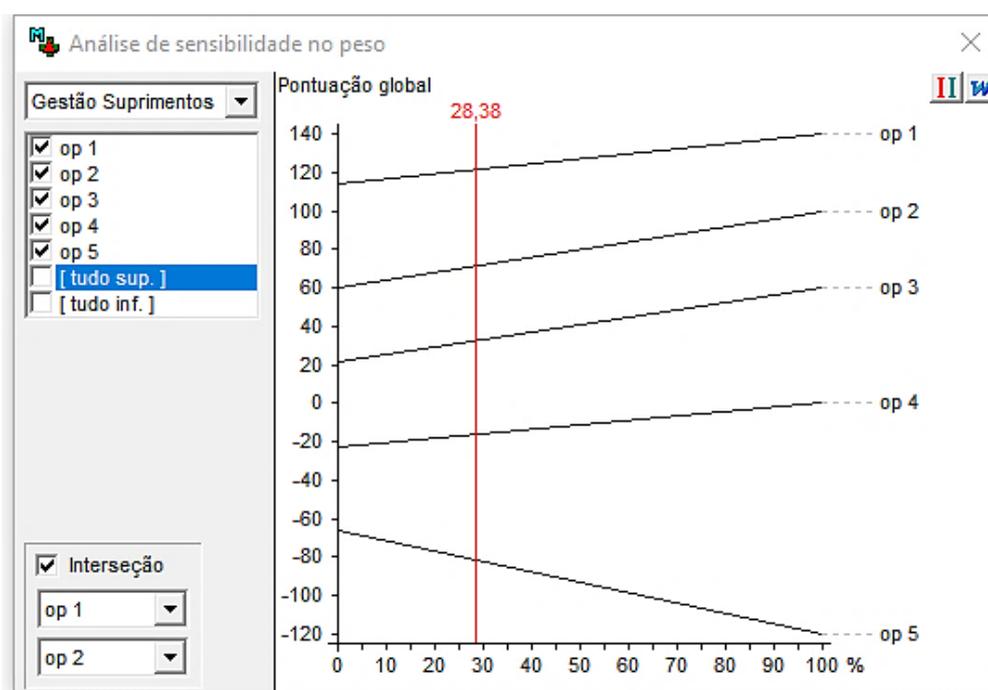
**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

A partir dessas premissas é que a análise de sensibilidade no peso de um critério foi executada, sendo representada por meio de um gráfico bidimensional, no qual cada linha mostra a pontuação global (eixo vertical) da opção correspondente quando o peso do critério varia de 0% a 100% (eixo horizontal), em conformidade a Figura 44. Destaca-se ainda a linha vermelha vertical no gráfico, que representa o peso atual do critério em análise.

No caso específico do grupo “gestão de suprimentos”, independentemente do fator de

atraso de obra e da opção, observa-se que, ao se comparar as opções, não há interseção entre os descritores no contexto avaliado; condição esta que só ocorrerá para as opções 01, 02 e 03 em um cenário futuro, tendendo ao infinito. Enquanto para as opções 04 e 05 a possibilidade de cruzamento entre elas e os outros descritores é praticamente nula. As razões que justificam esse fenômeno se dão em função dos descritores terem sido elaborados com níveis de escala em condições de melhoria crescentes em relação ao grau anterior, o que é corroborado por Bana e Corte (2017), que afirmam que, se a interseção entre duas opções não ocorre, é devido a uma das opções ser mais atrativa que a outra, independente do peso do critério.

**Figura 44** – Análise de sensibilidade dos descritores do fator de atraso “gestão de suprimentos”



Ressalta-se que todas as etapas da metodologia MCDA-C, executadas quanto ao fator de atraso de obra de gestão de suprimentos e suas causas correlatas também foram aplicadas nos outros fatores de atraso. Portanto, os anexos desta tese contêm todos os resultados relacionados à elaboração dos descritores, à realização das análises de independência preferencial ordinal e cardinal (testes IPO e IPC), da construção das funções de valor, de confecção das taxas de compensação e o processamento da análise de sensibilidade quanto à gestão da mão de obra, gestão de projeto e gestão das condições climáticas.

#### 4.3.1.6. Taxas de Compensação dos Fatores de Atraso de Obras

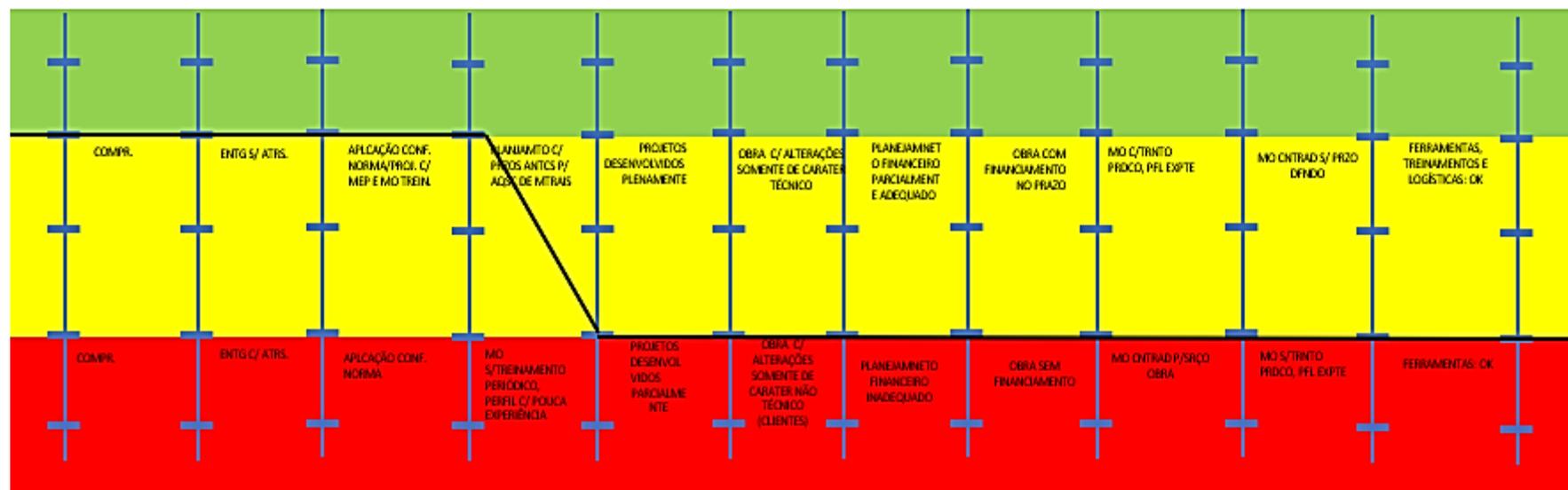
Após a identificação das taxas de compensação de todos os descritores, a próxima etapa

foi a de se verificar as taxas de compensação dos fatores de atraso. Para isso, o procedimento foi o mesmo adotado anteriormente, ou seja, organizaram-se alternativas que apresentavam, isoladamente, o nível bom de cada fator de atraso correlacionado ao grau de sobrevivência dos demais fatores (A1, A2, A3 e A4), assim como também uma alternativa (A0) em que todos os descritores se encontravam com as condições estabelecidas somente na escala de sobrevivência; conforme descrito nas figuras 45, 46, 47, 48 e 49.

Figura 45 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obra (Alternativa A1)

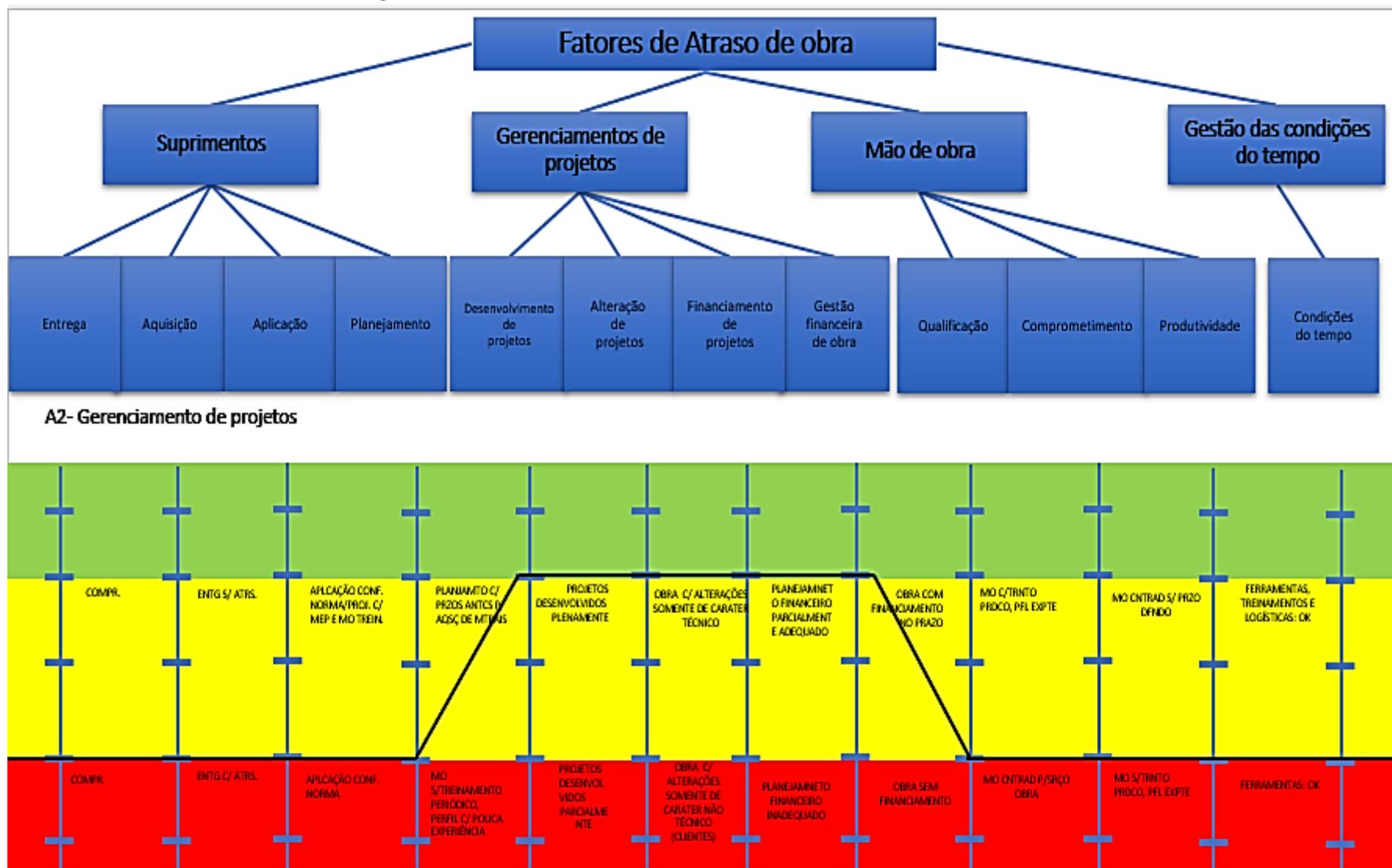


#### A1 - Suprimentos



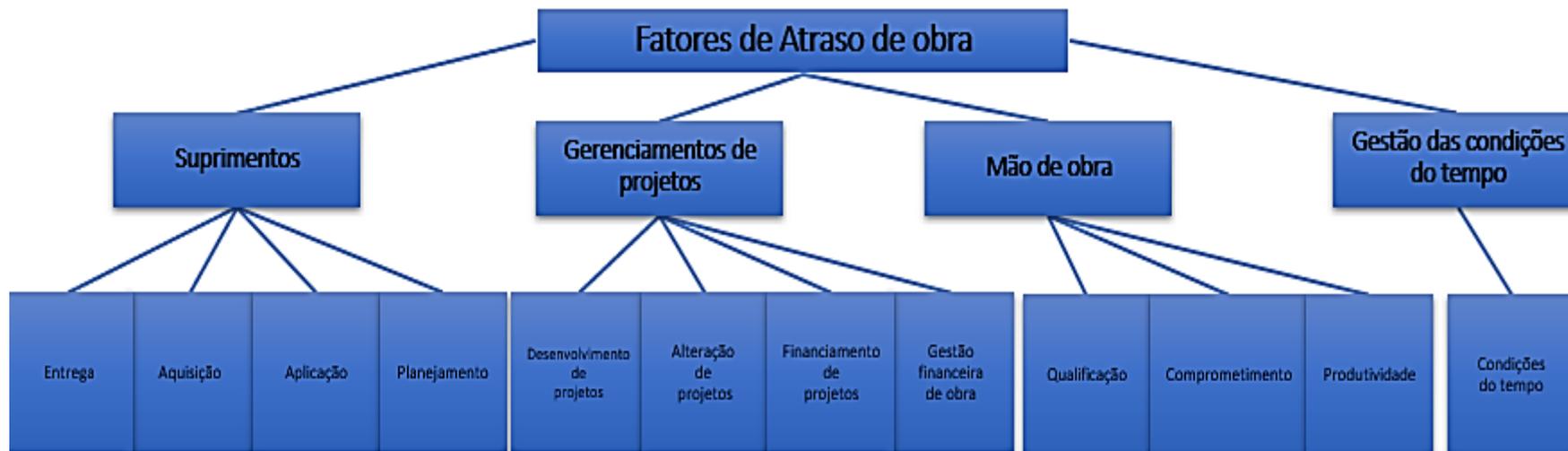
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 46 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obra (Alternativa A2)

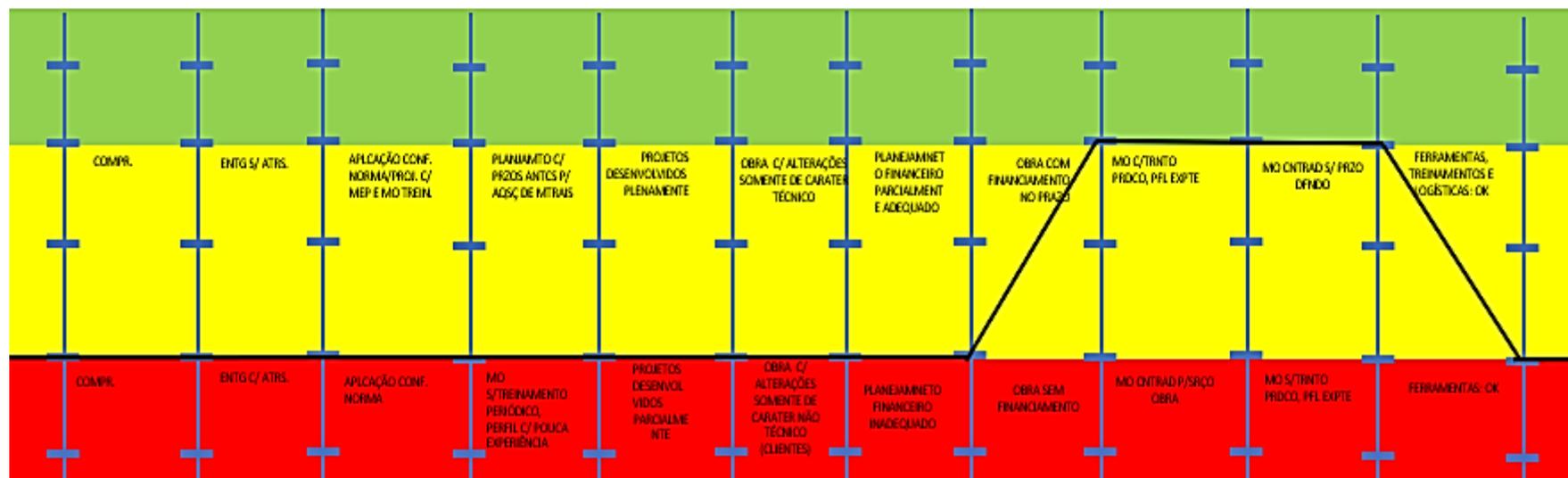


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 47 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obra (Alternativa A3)



A3- Mão de Obra



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 48 – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obra (Alternativa A4)



A4- Gestão das condições Climáticas

[Green background bar]											
COMPR.	ENTG S/ ATRS.	APLICAÇÃO CONF. NORMA/TRCII. C/ MEP E MO TREIN.	PLANEJAMTO C/ PZOS ANTES P/ AQSÇ DE MTRAS	PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMNET O FINANCEIRO PARCIALMENT E ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO	MO C/TRINTO P/RCO, PFL EXPTE	MO ONTRAD S/ PRZO DFINDO	FERRAMENTAS, TREINAMENTOS, LOGÍSTICAS: OK	
COMPR.	ENTG C/ ATRS.	APLICAÇÃO CONF. NORMA	MO S/TREINAMENTO PERÍÓDICO, PERFIL C/ POUCA EXPERIÊNCIA	PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALME NTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CLIENTES)	PLANEJAMNETO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO	MO ONTRAD P/SRÇO OBRA	MO S/TRINTO P/RCO, PFL EXPTE	FERRAMENTAS: OK	
[Red background bar]											

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 49** – Análise de sensibilidade dos fatores de atraso de obra (Alternativa A0)



A0

[Green Bar]										
COMPR.	ENTG S/ ATIS.	APLICAÇÃO CONF. NORMA/PROJ. C/ MEP E MO TREIN.	PLANEJAMENTO C/ PRAZOS ANTES P/ AQSÇ DE MATERIAIS	PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMENTO FINANCEIRO PARCIALMENTE E ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO	MO C/ TRINTO PRCCO, PFL EXPTE	MO ONTRAD S/ PRAZO OFRNDO	FERRAMENTAS, TREINAMENTOS E LOGÍSTICAS: OK
COMPR.	ENTG C/ ATIS.	APLICAÇÃO CONF. NORMA	MO S/ TREINAMENTO PERÍODICO, PERFIL C/ POUCA EXPERIÊNCIA	PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CLIENTES)	PLANEJAMENTO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO	MO ONTRAD P/ SRÇO OBRA	MO S/ TRINTO PRCCO, PFL EXPTE	FERRAMENTAS: OK
[Red Bar]										

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, as alternativas construídas foram expostas para o decisor, que comparou cada uma com as outras existentes, no modelo par a par, com o intuito de observar qual delas possuía uma condição superior em cada caso, identificado pelo número “1”, enquanto o algarismo “0” indicava a alternativa menos atraente na comparação entre as alternativas. Os resultados desse processo são apresentados na matriz de Robert, que demonstra, inclusive, a ordem de preferência das alternativas em consonância com o ponto de vista do decisor, de acordo com a figura 50.

**Figura 50** – Matriz de Robert dos fatores de atraso de obra

	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	1	3	2º
A2	1	X	1	1	1	4	1º
A3	0	0	X	1	1	2	3º
A4	0	0	0	X	1	1	4º
A0	0	0	0	0	X	0	5º

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Na etapa seguinte, confeccionou-se a matriz de julgamento dos fatores de atraso de obra, no qual os planos horizontal e vertical encontram-se organizados em uma escala descendente, ou seja, inicia-se pelo fator de atraso considerado mais atrativo pelo decisor (gestão de projetos) até àquele em que a preferência não foi a ideal (gestão das condições climáticas). A metodologia utilizada também foi por meio da comparação entre as opções existentes, pelo critério par a par, que avalia as relações entre as alternativas como nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema; segundo o exposto na Figura 51.

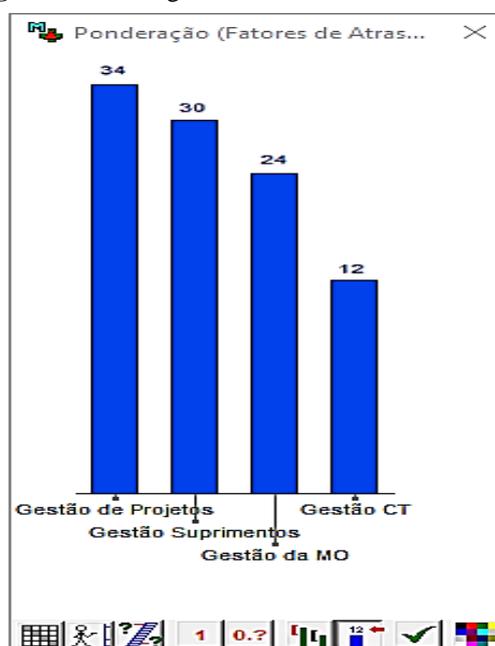
**Figura 51** – Matriz de julgamento dos fatores de atraso de obra

Ponderação (Fatores de Atraso de Obras)							X	
	[ Gestão de Projetos ]	[ Gestão Suprimentos ]	[ Gestão da MO ]	[ Gestão CT ]	[ tudo inf. ]	Escala atual	extrema	
[ Gestão de Projetos ]	nula 0.00	fraca 2.70	moderada 6.76	forte 14.86	mt. forte 31.08	34	mt. forte	
[ Gestão Suprimentos ]		nula 0.00	moderada 4.06	forte 12.16	mt. forte 28.38	30	moderada	
[ Gestão da MO ]			nula 0.00	forte 8.10	mt. forte 24.32	24	fraca	
[ Gestão CT ]				nula 0.00	mt. forte 16.22	12	mt. fraca	
[ tudo inf. ]					nula 0.00	0.00	nula	

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

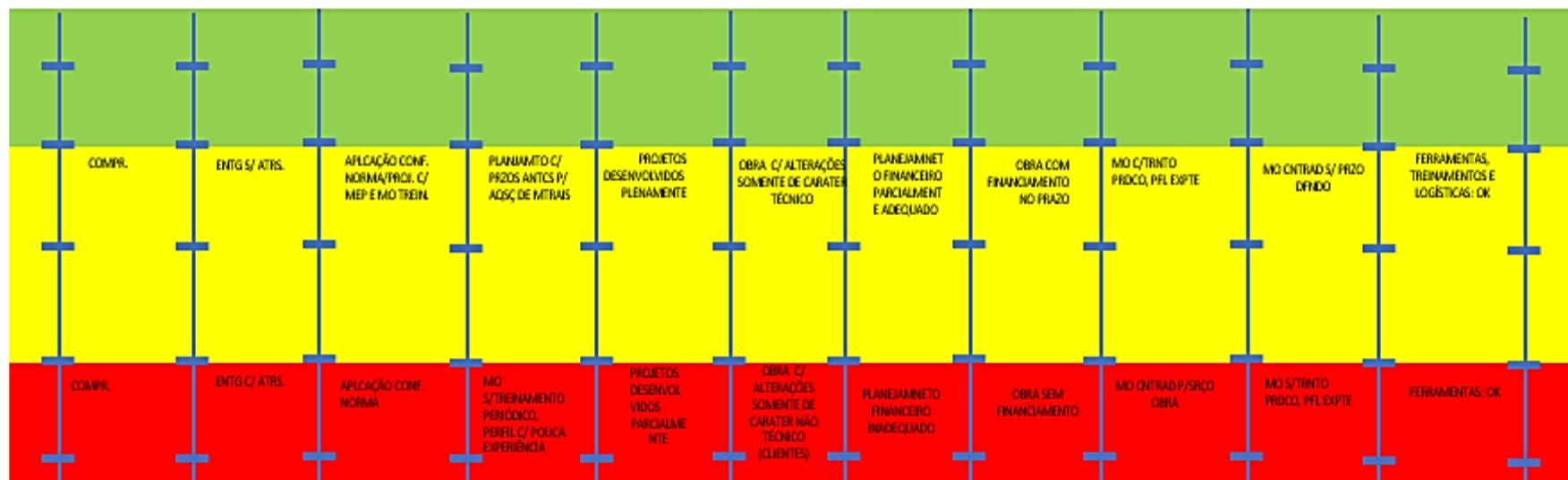
Na coluna “escala atual” da matriz são apresentados os resultados desse processo, que correspondem à substituição da escala primária, que é qualitativa (ordinal), por uma de natureza quantitativa (cardinal). Desse modo, cada descritor passa a ser representado por resultados numéricos (taxas de compensação) no modelo cardinal, conforme demonstrado detalhadamente no histograma da Figura 52, que é composta pela taxa percentual de 34 % para o fator de atraso “gestão de projetos”, além dos valores de 30 %, 24 % e 12 %, que correspondem aos demais fatores de atraso de obra: “gestão de suprimentos”, “gestão da mão de obra” e “gestão das condições climáticas”, respectivamente.

**Figura 52** – Histograma dos fatores de atraso de obra

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Por fim, destaca-se ainda a Figura 53, que apresenta uma visão geral dos resultados da aplicação da metodologia MCDA-C relacionados aos fatores de atraso de obras, em razão de detalhar as escalas ordinais e cardinais completas de cada de fato de atraso e seus referentes descritores; além de identificar suas taxas de compensação.

Figura 53 – Taxas de compensação dos fatores de atraso de obra



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.2. Avaliação do Perfil de Impacto das Ações Potenciais

Após terem sido verificados, localmente, todos os critérios e subcritérios do modelo, a próxima etapa incluiu a avaliação do perfil de impacto das ações potenciais pelo decisor, que teve como objetivo identificar os pontos fortes e fracos existentes na atuação da empresa; considerando-se aos fatores de atraso em estudo. O intuito foi auxiliar o decisor na tomada de decisão quanto às ações de melhoria necessárias no descritor que não tivesse obtido um valor de 80 pontos de sucesso ou efetividade; sendo este um patamar de desempenho mínimo aceitável, estabelecido pelo próprio decisor. Os resultados das análises realizadas encontram-se detalhados a seguir.

Quanto ao fator de atraso de “gestão de suprimentos”, observa-se que, em função da ocorrência de dois dias de atraso na entrega dos materiais no canteiro de obra, o decisor classificou como nula a ação da firma em relação ao descritor “entrega”, ou seja, foi identificado 0 (zero) pontos de performance neste item, situado, portanto, no nível “sobrevivência” da escala. Outros que também apresentaram um resultado inferior ao mínimo exigido (80) pelo decisor como um patamar de performance aceitável foram o descritor “aquisição”, avaliado com uma pontuação de 70 quanto à atividade de adquirir os suprimentos para a construção e o descritor “aplicação”, cujo desempenho foi identificado com 75 pontos de eficácia.

Em compensação, o descritor “planejamento” foi enquadrado no nível de excelência deste indicador de desempenho, visto ter obtido uma avaliação de 110 pontos, de acordo com o exposto na figura 54. Cabe destacar que a empresa analisada se caracteriza como uma gestora de projetos, com ênfase no planejamento dos empreendimentos; o que justifica o grau de satisfação do decisor quanto a prática da organização neste campo.

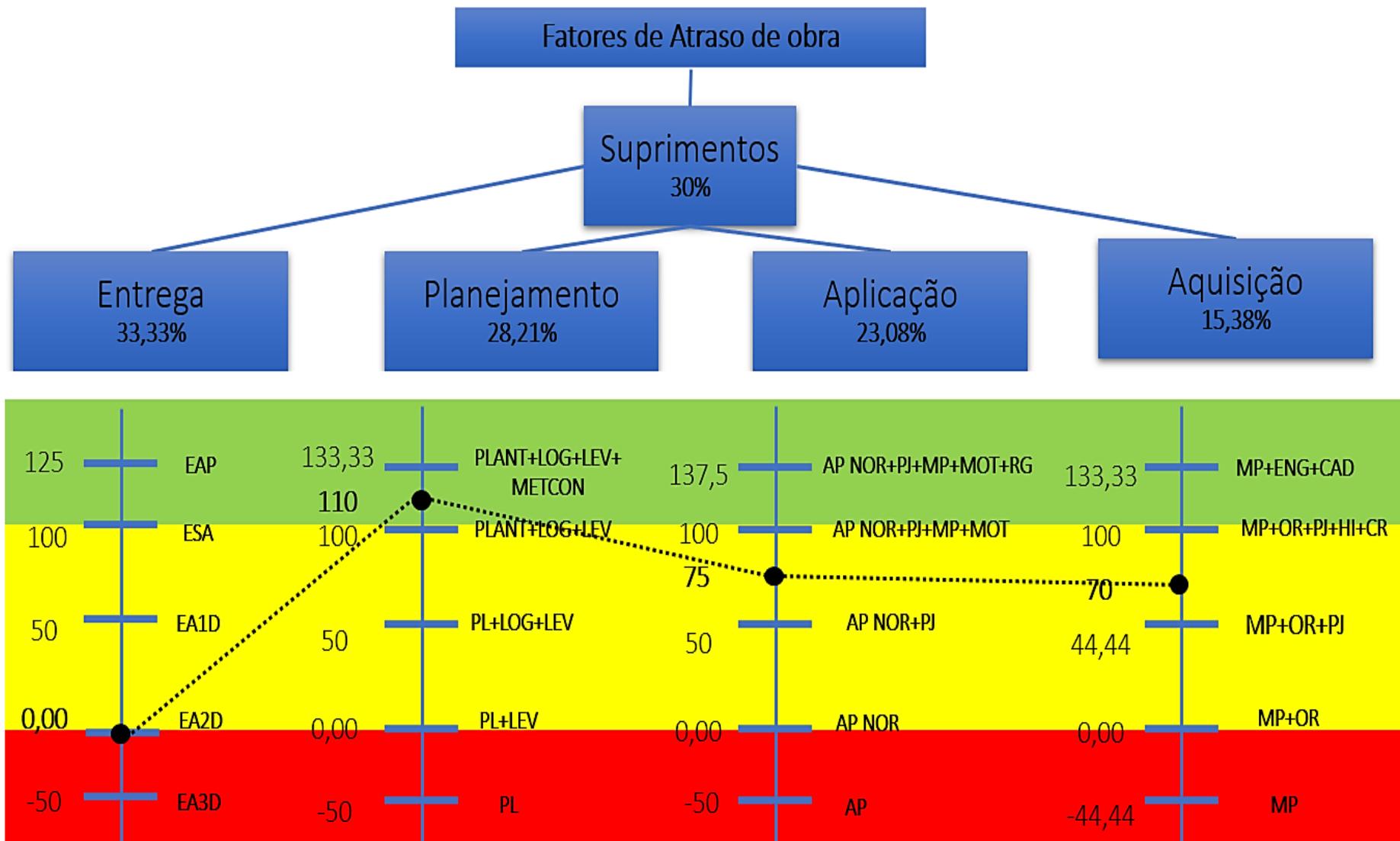
Em relação ao fator de atraso “gestão da mão de obra”, segundo a figura 55, os resultados foram de 80 e 90 pontos para os descritores “comprometimento” e “produtividade”, respectivamente. Desse modo, ambos foram avaliados pelo decisor próximos ao nível bom, que corresponde ao valor 100 de pontuação. Contudo, o julgamento do descritor “qualificação” foi de apenas 75 pontos, ficando, conseqüentemente, abaixo do desempenho mínimo permitido; que se configura no patamar dos 80 pontos.

No caso específico do fator de atraso de “gestão de projetos”, ao se verificar a figura 56, constata-se que o decisor analisou positivamente somente os descritores “desenvolvimento de

projetos” e “gestão financeira da obra”, identificados com 80 e 120 pontos, nessa ordem, o que corresponde a um desempenho mínimo e a uma performance excelente, conforme os níveis da escala de valores do descritor. Todavia, a avaliação da performance dos demais itens caracterizou-se como crítica em virtude dos resultados obtidos pelos descritores “alteração de projetos”, avaliado com 55 pontos, e principalmente o descritor “financiamento de projetos” julgado com apenas 45 pontos.

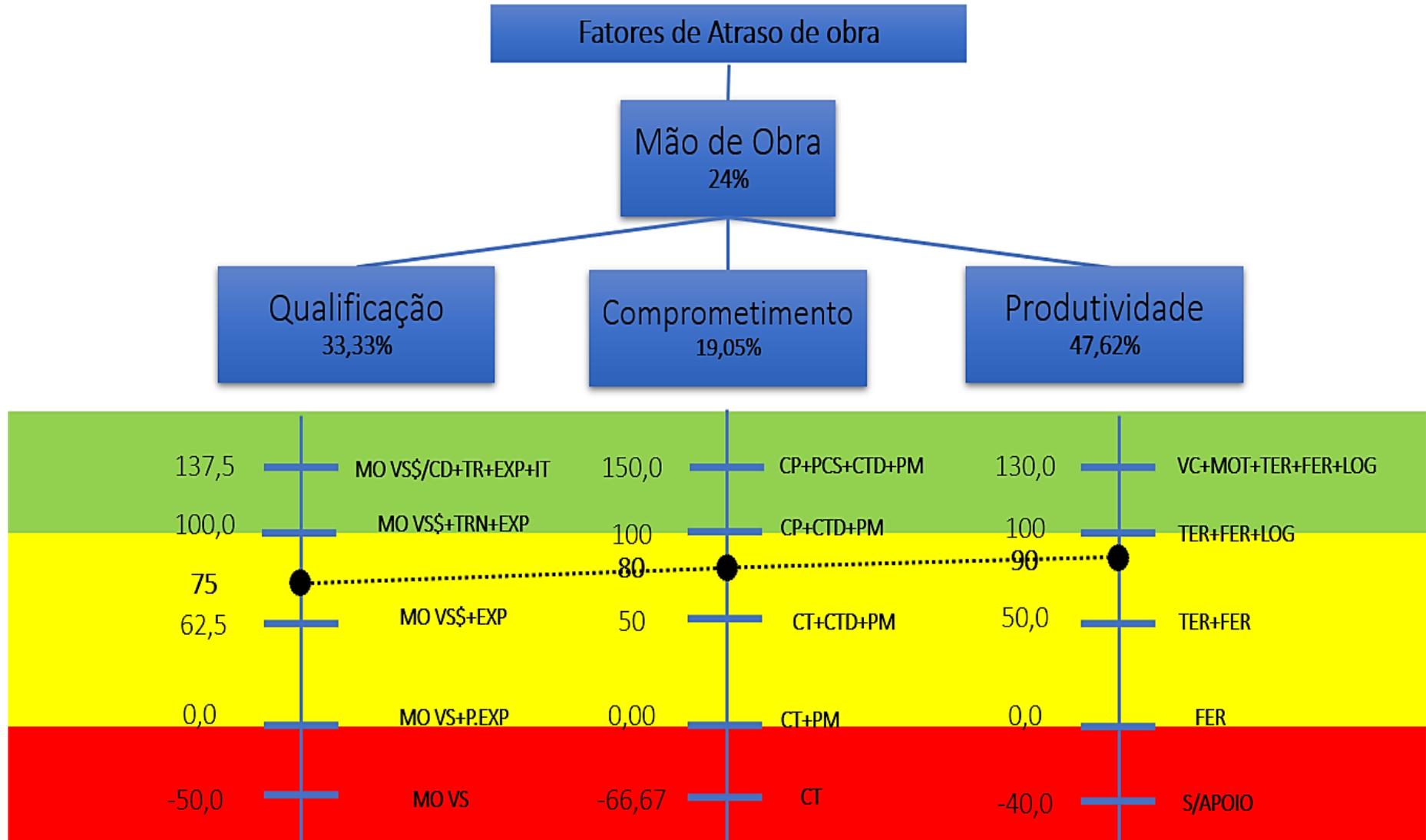
Por fim, tem-se a análise do fator de atraso de “gestão das condições do tempo”, que apresentava o seu único descritor “condições do tempo” com um desempenho de 80 pontos na atuação da empresa neste quesito, segundo o decisor. Portanto, compatível com o desempenho mínimo exigido; em conformidade ao exibido na figura 57.

Figura 54 – Avaliação do perfil de impacto do fator de atraso “gestão de suprimentos”



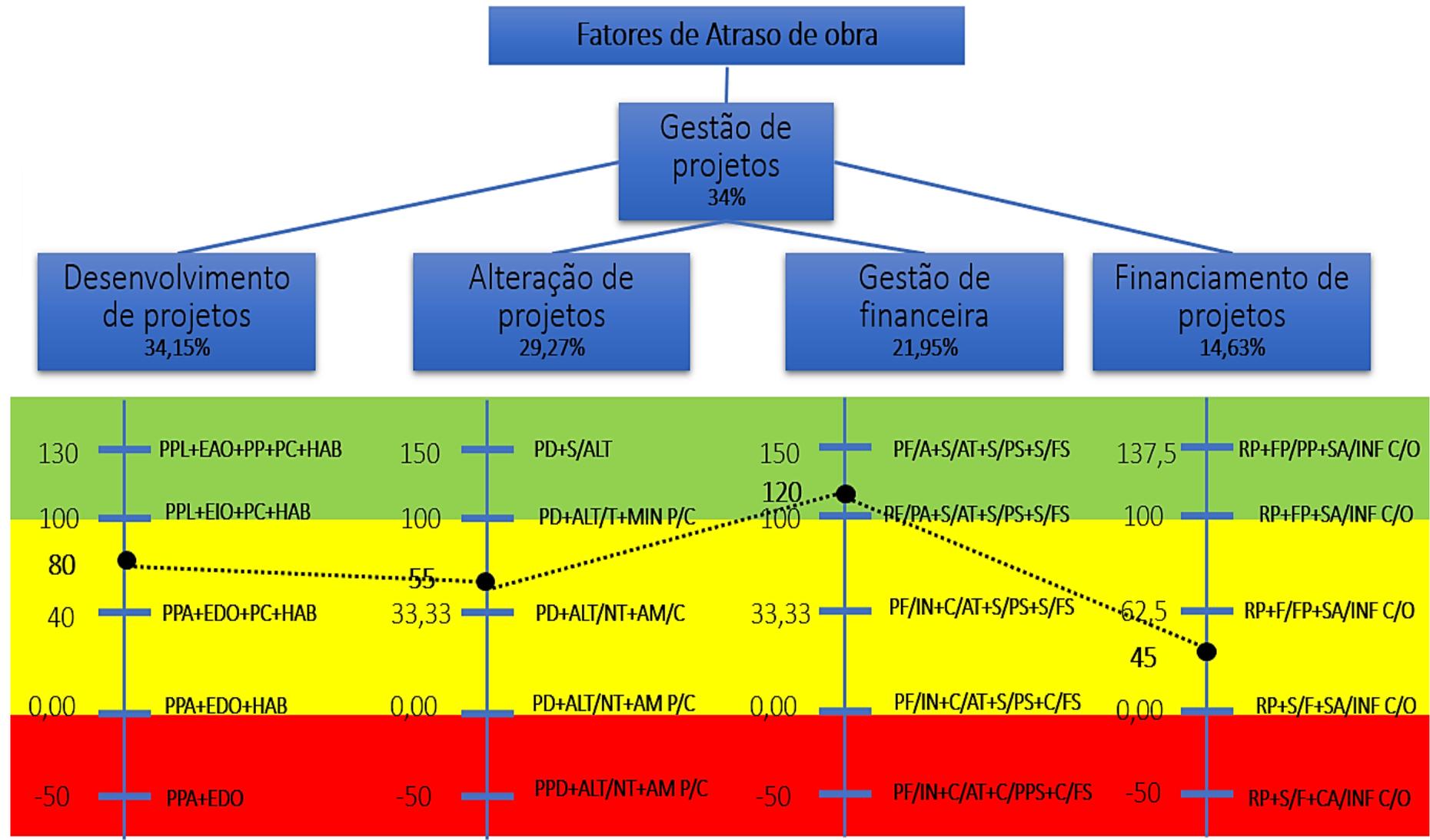
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 55 – Avaliação do perfil de impacto do fator de atraso “gestão da mão de obra”



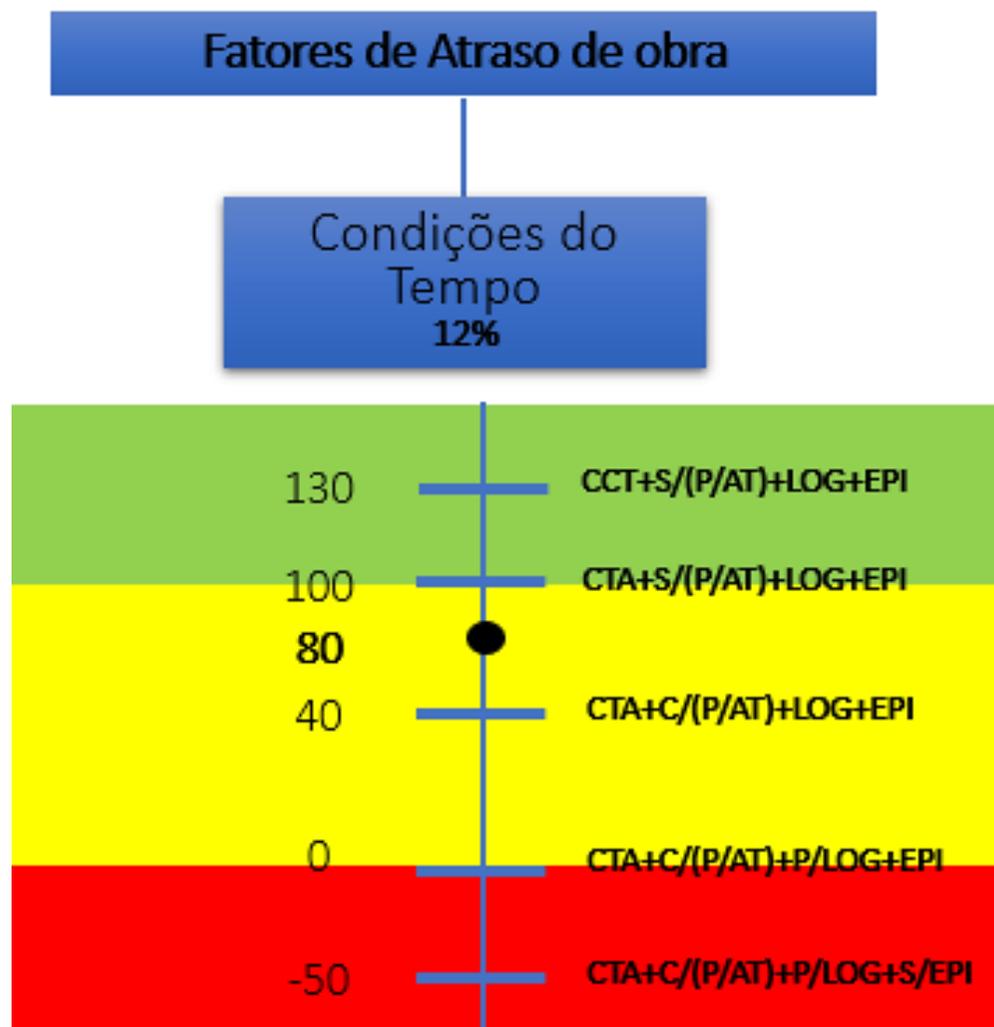
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 56 – Avaliação do perfil de impacto do fator de atraso “gestão de projetos”



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 57 – Avaliação do perfil de impacto do fator de atraso “gestão das condições do tempo”



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3.3. Avaliação Global das Ações no Modelo:

Nas etapas anteriores da MCDA-C, foi realizada a avaliação parcial individual dos critérios do método. Portanto, nesta fase tornou-se viável efetuar-se a avaliação global das ações no modelo. Tal procedimento foi executado por meio da fórmula de agregação aditiva; que foi apresentada primeiramente no capítulo 4 de delineamento e metodologia de pesquisa da presente tese e que se encontra novamente exposta na equação 2:

$$\text{(equação 2)} \quad V(a) = \sum_{i=1}^n W_i \times V_i(a)$$

Onde: V(a): valor global da ação *a*;

$W_1, W_2, W_n$ : taxas de substituição dos critérios 1, 2, n...

$V_1, V_2, V_n$ : valor parcial da ação *a* nos critérios 1, 2, n...

n: número de critérios do modelo

A partir, então, das taxas de substituição dos fatores de atraso de obra identificadas preliminarmente (ver figura 53) e considerando os valores dos julgamentos efetuados pelo decisor quanto à performance da empresa em todos os descritores construídos (ver figuras 54, 55, 56 e 57), obteve-se os resultados dos cálculos referentes à avaliação global de cada um dos fatores de atraso; conforme detalhado abaixo:

#### - GESTÃO DE SUPRIMENTOS:

Entrega + Planejamento + Aplicação + Aquisição

$$[(0,3333 \times 0) + (0,2821 \times 110) + (0,2328 \times 75) + (0,1538 \times 70)] = 59,11$$

#### - GESTÃO DA MO:

Qualificação + Comprometimento + Produtividade

$$[(0,3333 \times 75) + (0,1905 \times 80) + (0,4762 \times 90)] = 83,09$$

#### - GESTÃO DE PROJETOS:

Desenvolvimento/Proj. + Alterações/Proj. + Gestão Financeira/Obra + Financiamento/Proj.

$$[(0,3415 \times 80) + (0,2927 \times 55) + (0,2195 \times 120) + (0,1463 \times 45)] = 76,34$$

#### - GESTÃO DAS CONDIÇÕES DO TEMPO:

Condições do Tempo

$$(0,12 \times 80) = 9,60$$

Com base na composição das equações acima, constatou-se que o fator de atraso de “gestão de suprimentos” foi o que apresentou o pior desempenho: 59,11. Trata-se de um valor muito inferior aos 80, que é o mínimo esperado pelo decisor quanto à empresa que ele gerencia. Isso se deve, principalmente, ao descritor “entrega”, que foi avaliado com uma performance praticamente inoperante, embora os demais descritores (aplicação e aquisição) também tenham colaborado para o resultado ruim.

Situação semelhante foi verificada quanto ao fator de atraso de “gestão dos projetos”, que alcançou 76,34 na soma final e se caracterizou como o segundo pior cenário, ainda sem atingir um desempenho compatível às exigências de desempenho da empresa. Ressalta-se a contribuição dos descritores “alterações dos projetos” (55) e “financiamento dos projetos” (45) para esse insucesso, não obstante o excelente índice (120) da “gestão financeira da obra” e da boa avaliação do descritor “desenvolvimento dos projetos” (80).

Em relação à “gestão da mão de obra”, apesar do produto da fórmula global de agregação aditiva deste fator de atraso (83,09) ter sido superior ao limite mínimo recomendado, observou-se que o descritor qualificação igualmente não possuía uma avaliação (75) adequada ao patamar inferior pré-estabelecido. Finalizando, destaca-se o resultado (80) condizente do descritor “condições do tempo”, que se encontra dentro dos padrões da organização em estudo; levando-se em consideração, obviamente, ao peso menor (12%) dado ao fator de atraso de “gestão das condições do tempo” quanto comparado aos outros fatores de atraso; o que justifica o resultado da equação de apenas 9,60.

#### 4.3.4. Recomendações para os Fatores de Atraso de Obras

Enfim, após a conclusão de todas as etapas preliminares e a realização das avaliações parciais e globais das ações do método, buscou-se a confecção de diretrizes de melhoria para os fatores de atraso de obra quanto as situações identificadas nos descritores com desempenho não compatíveis; segundo a avaliação do decisor, que participou efetivamente de todo o processo. No caso, foram elaborados seis conjuntos de recomendações referentes aos descritores “entrega”, “aplicação” e “aquisição” do fator de atraso de “gestão de suprimentos”; assim como ao descritor “qualificação”, relacionado a “gestão da mão de obra”, e aos descritores “financiamento de projetos” e “alterações de projetos”, que se referentes ao fator de atraso de “gestão de projetos”.

Salienta-se ainda que, com intuito de ser o mais assertivo e o menos genérico possível, a metodologia MCDA-C define critérios e ações bem específicas para cada situação, com detalhamento das metas, dos resultados esperados e requeridos, da pessoa responsável pela tarefa, além da data de início e término da atividade, e por fim, da frequência, do método e do responsável pelo monitoramento de todo os procedimentos; conforme exposto nos quadros apresentados abaixo.

Em relação às recomendações do descritor “entrega”, a meta proposta visa diminuir a ocorrência de atrasos na entrega de suprimentos e melhorar o acondicionamento dos materiais no canteiro de obras, e com isso possibilitar a mudança do “status quo” constatado, configurado como crítico (0), para que se alcance, pelo menos, o desempenho mínimo exigido pela empresa (80). No caso, as ações definidas para viabilizar esse planejamento inclui: (1) a definição de critérios de entrega dos materiais a serem adquiridos; (2) o cadastramento de fornecedores qualificados e a (3) avaliação de desempenho dos fornecedores quanto ao cumprimento dos prazos e a forma de acondicionamento dos suprimentos entregues na obra (definida no pedido de compra); de acordo com o apresentado no quadro 6.

Quadro 6 – Recomendações do descritor “entrega” (fator de atraso: gestão de suprimentos)

Item	Crítérios	Ações
1	<b>Meta:</b> Diminuir a ocorrência de atrasos na entrega de suprimentos e melhorar o acondicionamento dos materiais no canteiro de obras. Status Quo (SQ) = 0 Meta = 80	I - Definir os critérios de entrega dos materiais a serem adquiridos; II - Cadastrar fornecedores qualificados; III - Avaliar o desempenho dos fornecedores quanto: - Ao cumprimento dos prazos; - A forma de acondicionamento dos suprimentos entregues na obra (definida no pedido de compra).
2	Resultado Esperado	Entrega dos suprimentos no prazo ou com atraso máximo de 4h.
3	Recursos Requeridos	1 Funcionário, computador e software (Excel).
4	Pessoa Responsável	Gerente de Suprimentos.
5	Data de Início	Fevereiro/2022.
6	Data de Término	Procedimento Contínuo
7	Frequência de Monitoramento	Mensal.
8	Como Monitorar	<i>Check List</i> (almoxarife) e compartilhamento online com o escritório.
9	Responsável pelo monitoramento	Diretor técnico (Decisor).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, espera-se como resultado que a entrega dos suprimentos seja realizada no

prazo ou com atraso máximo de 4h, o que corresponde a um turno de trabalho. Os recursos requeridos para isso seriam um funcionário destinado para a tarefa, um computador e um software que permita a confecção de planilhas eletrônicas, tipo o Excel. O plano identifica ainda o gerente de suprimentos como a pessoa responsável pela execução dos procedimentos, que foi iniciado em fevereiro de 2022 e incorporado à rotina administrativa da organização, por ser caracterizar como uma atividade contínua e não possuir um prazo de conclusão definido. Por fim, sugere-se um monitoramento mensal do andamento do conjunto de ações, que deve ser realizado por meio de um *check list* pelo almoxarife, com supervisionamento do diretor técnico da empresa (decisor) e disponibilizado para o escritório central por compartilhamento online via uma rede de dados externa (internet) ou interna (intranet).

Quanto às recomendações do descritor “aplicação”, a meta tem por objetivo melhorar a qualidade e a produtividade da MO na aplicação dos suprimentos, possibilitando o alcance do desempenho considerado bom pela empresa (100). Para isso, as ações incluem: (1) elaborar os procedimentos de execução de serviços (PES); (2) treinar a MO (operacional) e (3) adquirir os equipamentos e as ferramentas necessárias para a correta aplicação do suprimento. Conseqüentemente, espera-se como resultado a obtenção dos PES e a padronização da execução do trabalho da MO. Os recursos requeridos com esse intuito seriam a aquisição de normas técnicas atualizadas, um computador e a realização de treinamentos periódicos; segundo o quadro 7.

Quadro 7 – Recomendações do descritor “aplicação” (fator de atraso: gestão de suprimentos)

Item	Critérios	Ações
1	<b>Meta:</b> Melhorar a qualidade e a produtividade da MO na aplicação dos suprimentos.  Status Quo (SQ) = 75 Meta = 100	I - Elaborar os procedimentos de execução de serviços (PES); II - Treinar a MO (operacional); III - Adquirir os equipamentos e as ferramentas necessárias para a correta aplicação do suprimento.
2	Resultado Esperado	Obter os PES e padronizar a execução do trabalho da MO.
3	Recursos Requeridos	Normas Técnicas, computador e treinamento periódicos.
4	Pessoa Responsável	Técnico de Qualidade (a contratar).
5	Data de Início	Junho/2022.
6	Data de Término	Procedimento Contínuo.
7	Frequência de Monitoramento	Mensal.
8	Como Monitorar	Fichas de Verificação de Serviços (FVS).
9	Responsável pelo monitoramento	Coordenador Técnico de Engenharia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O plano identifica ainda a contratação de um técnico de qualidade para ser a pessoa responsável pela execução dos procedimentos, que foi iniciado em junho de 2022 e incorporado a rotina administrativa da organização, como um processo contínuo, que não possui um prazo de conclusão determinado. Em suma, sugere-se um monitoramento mensal do andamento do conjunto de ações, que deve ser realizado por meio das fichas de verificação de serviços (FVS) pelo técnico de qualidade, com supervisão do coordenador técnico de engenharia da empresa.

No que se refere às recomendações do descritor “aquisição”, a meta recomendada é ajustar os prazos de solicitação de compras de suprimentos pela obra, conforme o planejamento; visando ao alcance do desempenho considerado bom pela empresa (100). Portanto, as ações englobam: (1) utilizar a metodologia *look ahead* para o planejamento das ações a médio prazo; (2) solicitar a gestão da obra a compra dos suprimentos com maior antecedência, seguindo os prazos descritos no planejamento, com base no cronograma e no histograma elaborados; em conformidade com o exibido no quadro 8.

Quadro 8 – Recomendações do descritor “aquisição” (fator de atraso: gestão de suprimentos)

Item	Critérios	Ações
1	<b>Meta:</b> Ajustar os prazos de solicitação de compras de suprimentos pela obra, conforme o planejamento. Status Quo (SQ) = 70% Meta = 100 %	I - Utilizar a metodologia <i>Look Ahead</i> para o planejamento das ações a médio prazo; II - Solicitar a gestão da obra a compra dos suprimentos com maior antecedência, seguindo os prazos descritos no planejamento (Cronograma/Histograma).
2	Resultado Esperado	Aquisição de suprimentos dentro do prazo planejado.
3	Recursos Requeridos	Cronograma/Histograma executados e um sistema de gestão de informações.
4	Pessoa Responsável	Gerente da Obra.
5	Data de Início	Fevereiro/2022.
6	Data de Término	Procedimento Contínuo.
7	Frequência de Monitoramento	Quinzenal.
8	Como Monitorar	Verificar o nº de solicitações de compras (urgentes) pendentes.
9	Responsável pelo monitoramento	Gerente de Suprimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por conseguinte, espera-se como resultado a aquisição de suprimentos dentro do prazo planejado. Os recursos requeridos para esse fim seriam o cronograma e o histograma executados durante o planejamento e um sistema de gestão de informações. Ressalta-se ainda que o gerente da obra é a pessoa responsável pela execução das atividades, iniciada em fevereiro de 2022 e

sem prazo de conclusão definido por ser caracterizar como procedimento contínuo da empresa; que deve ser incorporado a rotina administrativa organizacional. Finalmente, é sugerido um monitoramento quinzenal do andamento do conjunto de ações, que deve ser realizado por meio da verificação do número de solicitações de compras (urgentes) pendentes pelo almoxarife, com supervisão do gerente de suprimentos da empresa (decisor).

No que concerne às recomendações do descritor “qualificação”, a meta recomendada tem como intuito a melhoria da qualidade e da produtividade da MO na execução dos serviços e, com isso, alcançar o nível de desempenho considerado bom pela empresa (100). No caso, as ações definidas para viabilizar esse planejamento inclui: (1) elaborar os procedimentos de execução de serviços (PES); (2) treinar a MO (operacional) e (3) adquirir os equipamentos/ferramentas necessárias para a correta aplicação do suprimento; conforme com o conteúdo do quadro 9.

Quadro 9 – Recomendações do descritor “qualificação” (fator de atraso: gestão da mão de obra)

Item	Critérios	Ações
1	<b>Meta:</b> Melhorar a qualidade e produtividade da MO na execução dos serviços.  Status Quo (SQ) = 75% Meta = 100 %	I - Elaborar os procedimentos de execução de serviços (PES); II - Treinar a MO (operacional). III - Adquirir os equipamentos/ferramentas necessárias para a correta aplicação do suprimento.
2	Resultado Esperado	Obter os PES e padronizar a execução do trabalho da MO.
3	Recursos Requeridos	Normas Técnicas, computador e treinamento periódicos.
4	Pessoa Responsável	Técnico de Qualidade.
5	Data de Início	Junho/2022.
6	Data de Término	Procedimento Contínuo.
7	Frequência de Monitoramento	Mensal.
8	Como Monitorar	Fichas de Verificação de Serviços (FVS).
9	Responsável pelo monitoramento	Coordenador Técnico de Engenharia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, espera-se como resultado a obtenção dos PES e a padronização da execução do trabalho da MO. Os recursos requeridos para isso seriam a aquisição de normas técnicas, um computador e a realização de treinamentos periódicos. O planejamento orienta ainda a contratação de um técnico de qualidade para ser a pessoa responsável pela execução dos procedimentos, que foi iniciado em junho de 2022 e incorporado à rotina administrativa da organização como uma atividade contínua, sem possuir um prazo de conclusão definido. Por fim, sugere-se um monitoramento mensal do andamento do conjunto de ações, que deve ser

realizado por meio de fichas de verificação de serviços (FVS) que devem ser preenchidas pelo técnico de qualidade e supervisionadas pelo coordenador técnico de engenharia da empresa.

No que se refere às recomendações do descritor “financiamento de projetos”, a meta sugerida pretende estreitar o relacionamento com os agentes financeiros e, com isso, melhorar o desempenho constatado de 45 pontos para no mínimo 80, que é o exigido pela empresa. Com o intuito de viabilizar esse objetivo, as ações incluem: (1) estudar as normas das instituições financiadoras; (2) investir no relacionamento interpessoal com a equipe do banco responsável pelo processo do financiamento e (3) executar procedimentos para antecipar os prazos de financiamento estabelecidos pela instituição financiadora; em concordância com o apresentado no quadro 10.

**Quadro 10** – Recomendações do descritor “financiamento de projetos” (fator de atraso: gestão de projetos)

<b>Item</b>	<b>Critérios</b>	<b>Ações</b>
<b>1</b>	<b>Meta:</b> Estreitar o relacionamento com os agentes financeiros.  Status Quo (SQ) = 45% Meta = 80 %	I - Estudar as normas das instituições financiadoras; II - Investir no relacionamento interpessoal com a equipe do banco responsável pelo processo do financiamento; III - Executar procedimentos para antecipar os prazos de financiamento estabelecidos pela instituição financiadora.
<b>2</b>	Resultado Esperado	Obter o financiamento bancário no prazo esperado.
<b>3</b>	Recursos Requeridos	Funcionários treinados e computador.
<b>4</b>	Pessoa Responsável	Coordenador Técnico de Engenharia.
<b>5</b>	Data de Início	Abril/2022.
<b>6</b>	Data de Término	Procedimento Contínuo.
<b>7</b>	Frequência de Monitoramento	Mensal.
<b>8</b>	Como Monitorar	Reuniões.
<b>9</b>	Responsável pelo monitoramento	Diretor Técnico (Decisor).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Por conseguinte, espera-se como resultado a obtenção do financiamento bancário no prazo esperado. Os recursos requeridos para isso seriam funcionários treinados para a tarefa e computadores. O plano identifica ainda o coordenador técnico de engenharia como o responsável pela execução dos procedimentos, que foi iniciado em abril de 2022, tendo sido incorporado a rotina administrativa da organização, como uma atividade contínua, sem prazo de conclusão determinado. Por fim, sugere-se um monitoramento mensal do andamento do conjunto de ações, que deve ser realizado por meio de reuniões com a equipe, coordenadas pelo

diretor técnico da empresa (decisor).

Por fim, tem-se as recomendações do descritor “alteração de projetos”, que apresenta como meta facilitar a compreensão dos projetos pelos clientes, possibilitando o alcance do desempenho considerado bom pela empresa (100). Desse modo, as ações sugeridas incluem: (1) contratar um uma empresa para o desenvolvimento de projetos 3D ou de realidade virtual; (2) permitir uma maior interatividade do cliente com o projeto, por meio de maquetes eletrônicas, de projetos integrados com a tecnologia BIM (modelagem de informação da construção). Em consequência, espera-se como resultado a minimização das alterações de projetos de caráter não técnico, ou seja, às mudanças subjetivas, solicitadas somente pelo desejo dos clientes. Os recursos requeridos com esse intuito seriam um computador e a utilização de softwares que disponibilizem tecnologias como a realidade 3D e a utilização de maquetes eletrônicas.

O planejamento recomendado determina ainda que o decisor, que é o diretor técnico da empresa, seja o responsável pela execução dos procedimentos, que foi iniciado em agosto de 2022, tendo sido incorporado à rotina administrativa da organização, como uma atividade contínua, sem prazo de conclusão determinado. Por fim, sugere-se um monitoramento mensal do andamento do conjunto de ações, que deve ser realizado por meio de contato com clientes (reuniões, telefonemas, pesquisa de satisfação), coordenadas também pelo decisor; conforme exposto no quadro 11.

**Quadro 11** – Recomendações do descritor “alteração de projetos” (fator de atraso: gestão de projetos)

Item	Crítérios	Ações
1	<b>Meta:</b> Facilitar a compreensão dos projetos pelos clientes.  Status Quo (SQ) = 55% Meta = 80 %	I - Contratar um uma empresa para o desenvolvimento de projetos 3D ou de realidade virtual; II - Permitir uma maior interatividade do cliente com o projeto, por meio de maquetes eletrônicas, BIM.
2	Resultado Esperado	Mínimizar as alterações de projetos de caráter não técnico.
3	Recursos Requeridos	Computador e softwares (realidade 3D e maquetes eletrônicas).
4	Pessoa Responsável	Decisor (Diretor Técnico).
5	Data de Início	Agosto/2022.
6	Data de Término	Procedimento Contínuo.
7	Frequência de Monitoramento	Mensal.
8	Como Monitorar	Contato com clientes (reuniões, telefonemas, pesquisa de satisfação).
9	Responsável pelo monitoramento	Diretor Técnico (Decisor).

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Por fim, é importante salientar que a DSR (Design Science Research), que foi a estratégia de pesquisa adotada nesta tese, não exige a validação do artefato construído, ou seja, o método de controle do atraso de obras proposto por meio da metodologia multicritério construtivista de apoio à decisão (MCDA-C). Circunstância esta corroborada pelo fato de as diretrizes de melhorias, que constam nas recomendações elaboradas, ainda estarem em implementação na empresa estudada, após a aprovação do decisor, quanto os resultados gerados pelo método e do reconhecimento das vantagens da aplicação da MCDA-C, tanto no controle dos fatores de atraso de obras, quanto nas demais áreas de atuação da empresa ou mesmo em outras organizações.

Dentro desse contexto, cabe destacar as mudanças ocorridas no organograma da instituição, que foi alterado com a criação de cargos anteriormente inexistentes como o de coordenador de engenharia, de gerente de suprimentos e o de técnico de qualidade, por exemplo. Do mesmo modo, o decisor relatou a intenção da empresa de passar a trabalhar com um banco de dados de fornecedores e de mão de obra cadastrada, com avaliação de desempenho de ambos.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo serão abordadas as conclusões, contribuições metodológicas e recomendações do trabalho.

#### 5.1. Principais Conclusões

A presente tese teve como objetivo principal a confecção de um método de identificação, de análise e controle da ocorrência dos fatores que contribuam para o atraso de obras civis, desenvolvido por meio da metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C) em associação com a análise fatorial. Desse modo, buscou-se responder à seguinte pergunta de pesquisa: “Como é possível reduzir ou controlar os atrasos de obra na gestão dos projetos de construção?”.

Em relação aos objetivos específicos elaborados, o intuito era identificar os fatores que contribuam para o atraso de obras na gestão de projetos de construção; assim como analisar se as causas do fenômeno do atraso de obras, observando-se as correlações existentes entre elas pela técnica estatística da análise fatorial. Por fim, visava-se apresentar ainda uma estrutura de medição de desempenho de projetos de construção relacionada aos fatores de atraso em obras civis, utilizando-se a estratégia de pesquisa da Design Science Research (DSR) e com base na metodologia construtivista multicritério de apoio à decisão (MCDA-C).

Considerando-se os objetivos da tese e o método de controle de obras proposto, que indicava a execução de inovações na aplicação da metodologia MCDA-C, era fundamental também o esclarecimento do pressuposto de pesquisa que visou avaliar se “a alteração da fase de estruturação da MCDA-C por meio da utilização dos fatores de atraso de obra obtidos pela análise fatorial não comprometeria os resultados do método quanto as ações de controle para os fatores de atraso de obras na gestão dos projetos de construção”.

Diante do exposto e em consonância com o foco da pesquisa, efetuou-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o tema proposto, assim como uma pesquisa *survey* e submeteu-se os dados coletados a uma análise mais detalhada, hierarquizando-se as causas de atraso obtidas na RSL pelo índice de importância relativa (RII), que se baseia na frequência de ocorrência delas. Posteriormente, foram identificadas as principais causas de atraso,

estratificadas pelos maiores valores de RII e representadas pela curva ABC.

Após os resultados apresentados, foi realizada a análise fatorial das causas obtidas, buscando-se verificar a correlação existente entre elas e a identificação de fatores que representem tais causas. Nos resultados apresentados a variância total explicada da amostra, que tem como objetivo validar a análise fatorial, demonstrou que as 12 causas de atraso de obra identificadas são correlacionadas a apenas 4 fatores de atraso: (a) gestão de suprimentos; (b) gestão da mão de obra; (c) gestão do projeto e (d) gestão das condições do tempo.

Ressalta-se que os citados fatores de atraso podem ser considerados como “deficiências no processo de gestão” das obras e que problemas ou falhas na gestão da construção do empreendimento são consideradas como uma das causas mais relevantes na ocorrência dos desvios de prazo e custo, e influenciam todas as demais categorizações em termos de coordenação e das tomadas de decisão; fato corroborado pela literatura acerca do tema estudado. Desse modo, o foco da coordenação e tomada de decisão deve ser no gerenciamento do empreendimento.

Destaca-se ainda a realização de uma Design Science Research (DSR) em uma empresa local de engenharia, que se configurava também como um dos objetivos específicos do trabalho e foi estratégia de pesquisa adotada nesta tese. Os resultados obtidos neste processo foram o desenvolvimento e validação do método proposto, assim como a elaboração dos descritores (indicadores de desempenho) para todas as causas de atraso avaliadas. Do mesmo modo, obteve-se recomendações de controle na atuação da instituição nos fatores de atraso de obra em questão, principalmente quanto à gestão de suprimentos e de gerenciamento de projetos que não apresentavam desempenhos satisfatórios com o mínimo exigido estabelecido pelo decisor. Neste cenário, foram elaborados, em conjunto com o decisor, seis conjuntos de recomendações referentes aos seguintes descritores e fatores de atraso: “entrega”, “aplicação” e “aquisição” (gestão de suprimentos), “qualificação” (gestão da mão de obra), “financiamento de projetos” e “alterações de projetos” (gestão de projetos).

Salienta-se ainda que, com intuito de ser o mais assertivo e o menos genérico possível, a metodologia MCDA-C define critérios e ações bem específicas para cada situação, com detalhamento das metas, dos resultados esperados e requeridos, da pessoa responsável pela tarefa, além da data de início e término da atividade, e por fim, da frequência, do método e do responsável pelo monitoramento de todo os procedimentos; conforme foi exposto nos capítulo

4 desta tese (Análise dos Resultados e Discussão).

É importante salientar também que a DSR não exige a validação do artefato construído, ou seja, o método de controle do atraso de obras proposto por meio da metodologia multicritério construtivista de apoio à decisão (MCDA-C). Circunstância esta corroborada pelo fato de as diretrizes de melhorias, que constam nas recomendações elaboradas, ainda estarem em implementação na empresa estudada, após a aprovação do decisor, quanto os resultados gerados pelo método e do reconhecimento das vantagens da aplicação da MCDA-C, tanto no controle dos fatores de atraso de obras, quanto nas demais áreas de atuação da empresa ou mesmo em outras organizações.

Dentro desse contexto, cabe destacar as mudanças ocorridas no organograma da instituição, que foi alterado com a criação de cargos anteriormente inexistentes como o de coordenador de engenharia, de gerente de suprimentos e o de técnico de qualidade, por exemplo. Do mesmo modo, o decisor relatou a intenção da empresa de passar a trabalhar com um banco de dados de fornecedores e de mão de obra cadastrada, com avaliação de desempenho de ambos.

Portanto, destaca-se o êxito no atendimento a todos os objetivos traçados, visto o método de controle de atraso de obras gerado neste trabalho, relativo a empreendimentos residenciais e comerciais. Desse modo, obteve-se uma resposta satisfatória à pergunta de pesquisa; do mesmo modo que os objetivos específicos deste trabalho também foram alcançados em decorrência de terem sido identificadas as principais causas de atraso de obras na gestão de projetos de construção e dos fatores correlacionados a elas pela técnica estatística da análise fatorial.

Por fim, cabe destacar ainda a validação do pressuposto de pesquisa durante a aplicação do método na DSR desenvolvida, ou seja, o método de controle de obras elaborado mostrou-se eficaz apesar das alterações efetuadas na execução da metodologia MCDA-C. No caso específico não foram elaborados os mapas cognitivos e nem as árvores de pontos de vista junto ao decisor, visto que a fase de estruturação do modelo construído iniciou-se pela análise fatorial das principais causas de atraso e que posteriormente resultou na obtenção dos fatores de atraso de obras, caracterizados como pontos de vista fundamentais (PVFs) no presente trabalho; enquanto as causas associadas a cada fator foram configuradas como pontos de vista elementares (PVEs).

## **5.2. Contribuições metodológicas**

Esta tese, ao elaborar um modelo que visa à mitigação dos fatores de atraso de obra, contribuiu para suprir uma lacuna no conhecimento identificada na revisão bibliográfica, principalmente no âmbito da produção técnico-científica nacional, ao possibilitar uma análise profunda sobre quais questões devem ser priorizadas nas estratégias de ações que visem minimizar a ocorrência de atrasos na execução de empreendimentos na construção civil, o que influencia diretamente nos custos e na baixa qualidade das obras, litígios entre as partes e outras consequências, como questões sociais relacionadas ao déficit habitacional; por exemplo.

Ademais, houve colaboração também quanto à análise fatorial das causas de atraso em obras de edificações, não se restringindo apenas à identificação das principais causas, objetivo comum a diversos trabalhos. E, principalmente, possibilitou a compreensão de como essas causas relacionam-se entre si e as consequências dessa correlação no incremento dos impactos negativos do atraso das obras.

## **5.3. Sugestões para novas pesquisas**

A partir da realização deste trabalho, foram identificadas as seguintes lacunas que poderão ser objetos de futuros trabalhos:

- Expandir a utilização do modelo para outras áreas além do atraso de obras, incluindo todas as etapas e atividades que envolvam os projetos de engenharia relativos à construção civil.
- Aplicar o modelo em outros locais/cidades, buscando-se verificar a sua validade para empreendimentos de outras realidades;

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, G.; PAINTING, N. **Significant Factors Causing Cost Overruns in the Construction Industry in Afghanistan**. 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management. **Anais...Afghanistan: The Author(s)**, 2017Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.145>>
- ABBASNEJAD, B.; MOUD, H. I. Construction Delays in Iranian Civil Engineering Projects: An Approach to the Financial Security of Construction Business. **Life Science Journal**, v. 10, n. 2, p. 2632–2637, 2013.
- ABDUL-RAHMAN, H. AND BERAWI, M.A. AND BERAWI, A.R. AND MOHAMED, O. AND OTHMAN, M. AND YAHYA, I. A. Delay mitigation in the Malaysian construction industry. **International Journal of Engineering Research and**, v. V4, n. 06, p. 125–133, 2006.
- ADAM, A.; JOSEPHSON, P. B. Aggregation of factors causing cost overruns and time delays in large public construction projects Trends and implications. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24, n. 3, p. 393–406, 2017.
- AGYEKUM-MENSAH, G.; KNIGHT, A. D. The professionals' perspective on the causes of project delay in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24, n. 5, p. 828–841, 2017.
- AHMED, S. M. et al. **Construction Delays in Florida: An Empirical Study**. Florida: [s.n.]. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Salman\\_Azhar3/publication/228584635\\_Construction\\_Delays\\_in\\_Florida\\_An\\_Empirical\\_Study/links/53f3f2830cf256ab87b79be6.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Salman_Azhar3/publication/228584635_Construction_Delays_in_Florida_An_Empirical_Study/links/53f3f2830cf256ab87b79be6.pdf)>.
- AHMED, S. M.; AZHAR, S.; KAPPAGANTULA, P. **Delays in Construction: A Brief Study of the Florida Construction Industry**. ASC Proceedings of the 39th Annual Conference. **Anais...Miami, Flórida: Clemson University**, 2003Disponível em: <<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2003/2003pro/2003/Ahmed03.htm>>
- AHSAN, K.; GUNAWAN, I. Analysis of cost and schedule performance of international development projects. **International Journal of Project Management**, v. 28, n. 1, p. 68–78, 2010.
- AIBINU, A. A.; JAGBORO, G. O. The effects of construction delays on project delivery in Nigerian construction industry. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 8, p. 593–599, 2002.
- AIBINU, A. A.; ODEYINKA, H. A. Construction Delays and Their Causative Factors in Nigeria. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 7, p. 667–677, 2006.
- AKOGBE, R. K. T. M.; FENG, X.; ZHOU, J. Importance and ranking evaluation of delay factors for development construction projects in Benin. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 17, n. 6, p. 1213–1222, 2013.
- AL-KHARASHI, A.; SKITMORE, M. Causes of delays in Saudi Arabian public sector construction projects. **Construction Management and Economics**, v. 27, n. February 2009, p. 3–23, 2009.
- AL-MOMANI, A. H. Construction delay: A quantitative analysis. **International Journal of Project Management**, v. 18, n. 1, p. 51–59, 2000.

- AL-TABTABAI, H. M. CAUSES FOR DELAYS IN CONSTRUCTION PROJECTS IN KUWAIT. **Engineering Journal of the University of Qatar**, v. 15, p. 19–37, 2002.
- ALAGHBARI, W. et al. The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 14, n. 2, p. 192–206, 6 mar. 2007.
- ALIAS, N. M.; MYDIN, M. A. O. Various Forms of Project Delay in the Construction Industry. **Analele Universității “Eftimie Murgu” Reșița: Fascicula I, Inginerie**, v. 3, p. 61–66, 2013.
- ALSEHAIMI, A.; KOSKELA, L.; TZORTZOPOULOS, P. Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 4, p. 407–413, 2013.
- ALSULIMAN, J. A. Causes of delay in Saudi public construction projects. **Alexandria Engineering Journal**, v. 58, n. 2, p. 801–808, 2019.
- ARANTES, A.; DA SILVA, P. F.; FERREIRA, L. M. D. F. Delays in construction projects - Causes and impacts. **Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IEEE IESM 2015**, n. October, p. 1105–1110, 2015.
- ARDITI, D.; NAYAK, S.; DAMCI, A. Effect of organizational culture on delay in construction. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 2, p. 136–147, 2017.
- ARDITI, D.; ROBINSON, M. A. Concurrent delays in construction litigation. **Cost Engineering**, v. 37, n. 7, p. 20–30, 1995.
- ASNAASHARI, E. et al. Causes of Construction Delays in Iran: Project Management, Logistics, Technology and Environment. **25th Annual ARCOM Conference**, n. 1, p. 897–906, 2009.
- ASSAF, S. A.; AL-HEJJI, S. Causes of delay in large construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 4, p. 349–357, 2006.
- AZEVEDO, R. C. DE et al. Performance measurement to aid decision making in the budgeting process for apartment-building construction: Case study using MCDA-C. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 2, p. 225–235, 2013.
- AZEVEDO, R. C. DE. **UM MODELO PARA GESTÃO DE RISCO NA INCORPORAÇÃO DE IMÓVEIS USANDO METODOLOGIA MULTICRITÉRIO PARA APOIO À DECISÃO - CONSTRUTIVISTA (MCDA-C)**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.
- AZIZ, R. F. Ranking of delay factors in construction projects after Egyptian revolution. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, n. 3, p. 387–406, 2013.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **TOWARD CONSTRUCTION JIT - Proc. ARCOM Conf.**, Association of Researchers in Construction Management. **Anais...** York, England: 1995.  
Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication/239614881\\_TOWARD\\_CONSTRUCTION\\_JIT\\_by](https://www.researchgate.net/publication/239614881_TOWARD_CONSTRUCTION_JIT_by)>
- BALLESTEROS-PÉREZ, P. et al. Climate and Construction Delays: Case Study in Chile. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 22, n. 6, p. 596–621, 2015.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5ª edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- BANA, C. A.; COSTA. Três Convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão. **Pesquisa Operacional v.13, n.1**, p. 13, jun. 1993.
- BILGIN, G.; DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T. An ontology-based approach for delay analysis in construction. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 22, n. 2, p. 384–398, 2018.
- BIRGONUL, M. T.; DIKMEN, I.; BEKTAS, S. Integrated Approach to Overcome Shortcomings in Current Delay Analysis Practices. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 4, p. 04014088, 2015.
- BORTOLUZZI, S. C. et al. Multicriteria decision aid tool for the operational management of an industry: a constructivist case. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 2, p. 165–182, 2017.
- BRAD W. WAMBEKE, M.; HSIANG, S. M.; MIN LIU, A. M. Causes of Variation in Construction Project Task Starting Times and Duration. **JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT**, v. 137, n. September, p. 663–677, 2011.
- CARLSON, K. A. et al. A theoretical framework for goal-based choice and for prescriptive analysis. **Marketing Letters**, v. 19, n. 3–4, p. 241–254, 2008.
- CARPES, M. M. M.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Avaliação do desempenho das práticas de responsabilidade social na gestão organizacional por meio da metodologia MCDA construtivista: uma abordagem aos modelos já existentes. **Revista Alcance**, v. 13, n. 1, p. 91–112, 2006.
- CHALLAL, A.; TKIOUAT, M. Identification of the Causes of Deadline Slippage in Construction Projects: State of the Art and Application. **Journal of Service Science and Management**, v. 5, n. June, p. 151–159, 2012.
- CHAUHAN, K. A.; SHAH, N. C.; RAO, V. R. The Analytic Hierarchy Process as a Decision-Support System in the Housing Sector: A Case Study. **World Applied Sciences Journal**, v. 3, n. 4, p. 609–613, 2008.
- CHAVES, L. C. et al. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO: mapeamento e análise de conteúdo. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM)**, v. 2, p. 6–22, 2013.
- CHIN, L. S.; HAMID, A. R. A. **The practice of time management on construction project**. The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum. **Anais...Elsevier B.V.**, 2015Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.006>>
- CINELLI, M. et al. How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. **The International Journal of Management Science**, v. 96, p. 1–22, 2020.
- CORDESMAN, A. H.; BURKE, A. A. **Saudi Arabia Enters The 21st Century: V. Economic, Demographic, and Social Challenges Final Review**. Washington D. C.: [s.n.]. Disponível em: <[https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/legacy\\_files/files/media/csis/pubs/s21\\_05.pdf](https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/legacy_files/files/media/csis/pubs/s21_05.pdf)>.
- CRUZ, H. M.; SANTOS, D. DE G.; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, p. 49–65, 2018.
- DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo *Likert*: O número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **RGO REVISTA GESTÃO ORGANIZACIONAL**, v. 6, p. 162-174, 2013.
- DESAI, M.; BHATT, R. Critical Causes of Delay in Residential Construction Projects: Case

Study of Central Gujarat Region of. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**, v. 4, n. April, p. 762–768, 2013.

DOLAGE, D. A. R.; PATHMARAJAH, T. Mitigation of Delays Attributable to Contractors in Construction Industry. **Engineer**, v. XLVIII, n. 01, p. 21–30, 2015.

DOLOI, H. Twinning Motivation, Productivity and Management Strategy in Construction Projects. **Engineering Management Journal**, v. 19, n. 3, p. 29–40, 2007.

DOLOI, H. et al. Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 30, n. 4, p. 479–489, 2012.

DORAISAMY, S. V.; AKASAH, Z. A.; YUNUS, R. **An Overview on the Issue of Delay in the Construction Industry**. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/300177825\\_An\\_Overview\\_on\\_the\\_Issue\\_of\\_Delay\\_in\\_the\\_Construction\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/300177825_An_Overview_on_the_Issue_of_Delay_in_the_Construction_Industry)>.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research**. 1ª edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DURDYEV, S.; OMAROV, M.; ISMAIL, S. Causes of delay in residential construction projects in Cambodia Causes of delay in residential construction projects in Cambodia. **Cogent Engineering**, v. 134, p. 1–13, 2017.

EL-RAZEK, M. E. A.; BASSIONI, H. A.; MOBARAK, M. Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt. **Journal of Management in Engineering**, v. 11, n. 2, p. 831–841, 2008.

ENSHASSI, A.; ALNAJJAR, J.; KUMARASWAMY, M. Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 14, n. 2, p. 126–151, 2009.

ENSHASSI, A.; AYYASH, A. Factors affecting cost contingency in the construction industry – Contractors’ perspective. **International Journal of Construction management**, v. 14, n. 3, p. 191–208, 2014.

ENSSLIN, L. et al. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE EMPRESAS TERCEIRIZADAS COM O USO DA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO – CONSTRUTIVISTA. **Pesquisa Operacional** v.30, n.1, p. 125–152, 2010.

ENSSLIN, L. et al. Software Process Assessment and Improvement Using Multicriteria Decision Aiding - Constructivist. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 9, n. 3, p. 473–496, 2012.

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. **Apoio à Decisão - Metodologia para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas**. 1ª ed. Florianópolis: Editora Insular, 2001.

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

FÁVERO, L. P; BELFIORI, P.; SILVA, F. L. DA; CHAN, B. L. **Análise de dados multivariada**. 1ª edição ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FELLOWS, RICHARD; LIU, A. **Research methods for construction**. Fourth Edi ed. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2015.

FILIPPI, G. A. DE; MELHADO, S. B. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de

empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. **Ambiente Construído**, v. 15, p. 161–173, 2015.

FLYVBJERG, B. et al. Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or lie? **Journal of the American Planning Association**, v. 68, n. 3, p. 279–295, 2002.

FREITAS, H. et al. O Método da Pesquisa Survey. **Revista de Administração**, Vol. 35, nº 3, p. 105–112, 2000.

FUGAR, F. D. K.; AGYAKWAH-BAAH, A. B. Delays in Building Construction Projects in Ghana. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 10, n. 1/2, p. 103–116, 2010.

FÜLÖP, J. Introduction to decision making. **Digital Decision Making**, p. 13–32, 2007.

GARDEZI, S. S. S.; MANARVI, I. A.; GARDEZI, S. J. S. Time extension factors in construction industry of Pakistan. **Procedia Engineering**, v. 77, p. 196–204, 2014.

GEBREHIWET, T.; LUO, H. **Analysis of Delay Impact on Construction Project Based on RII and Correlation Coefficient: Empirical Study**. *Procedia Engineering. Anais...2017*

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GLUSZAK, M.; LEŠNIAK, A. Construction Delays in Clients Opinion - Multivariate Statistical Analysis. **Procedia Engineering**, v. 123, p. 182–189, 2015.

GOLDENBERG, P.; MARSIGLIA, R. M. G.; GOMES, M. H. DE A. **O Clássico e o Novo: tendências, objetos e abordagens em ciências sociais e saúde**. [s.l.: s.n.].

GONZÁLEZ, P. et al. Analysis of Causes of Delay and Time Performance in Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 1, p. 1–9, 2014.

GREEN, S. et al. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. In: **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. p. 3–9.

GÜNDÜZ, M.; NIELSEN, Y.; ÖSDEMİR, M. Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method for Construction Projects in Turkey. **JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING**, n. April, p. 133–139, 2013.

GUNDUZ, M.; NIELSEN, Y.; OZDEMİR, M. Fuzzy Assessment Model to Estimate the Probability of Delay in Turkish Construction Projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 31, n. 4, p. 04014055, 2015.

HAIR JUNIOR, J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna**. 6ª Edição ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAMZAH, N. et al. **Cause of Construction Delay - Theoretical Framework**. *Procedia Engineering. Anais...2011* Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.192>>

HARRIS, R. **Introduction to Decision Making, Part 1**. Disponível em: <[https://www.academia.edu/22906650/Introduction\\_to\\_Decision\\_Making\\_Methods](https://www.academia.edu/22906650/Introduction_to_Decision_Making_Methods)>. Acesso em: 11 dez. 2020.

HASAN, A.; JHA, K. N. Client and contractor roles in schedule incentive/disincentive projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 26, n. 3, p. 386–407, 2019.

HASEEB, M.; BIBI, A. PROBLEMS OF PROJECTS AND EFFECTS OF DELAYS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY OF PAKISTAN. **Australian Journal of Business and**

**Management Research**, v. 1, n. 5, p. 41–50, 2011.

HASMORI, M. F. et al. Significant Factors of Construction Delays Among Contractors in Klang Valley and its Mitigation. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 10, n. 2, p. 32–36, 2018.

HIGGINS, D. et al. **USING THE FORWARD THINKING INDEX™ TO REDUCE DELAYS RELATED TO**. Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...**2012

HSU, P.-Y.; AURISICCHIO, M.; ANGELOUDIS, P. ScienceDirect CENTERIS - International Conference on Enterprise Information Systems/Projman - Investigating Schedule Deviation in Construction Projects through Root Cause Analysis. **CENTERIS - International Conference on Enterprise Information Systems / Projman - International Conference on Project Management/Hcist - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies.**, v. 00, 2017a.

HSU, P.; AURISICCHIO, M.; ANGELOUDIS, P. Investigating Schedule Deviation in Construction Projects through Root Analysis. **Procedia Computer Science**, v. 121, p. 732–739, 2017b.

HWANG, B. G.; ZHAO, X.; NG, S. Y. Identifying the critical factors affecting schedule performance of public housing projects. **Habitat International**, v. 38, p. 214–221, 2013.

ILYAS, M.; LI, J.; ULLAH, I. Study of Factors Causing Time and Cost Overrun in Pre-Construction Project (A Case Study of Malaysia). **World Journal of Engineering and Technology**, v. 8, n. December, p. 1–12, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores IBGE Contas Nacionais Trimestrais**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2121/cnt\\_2019\\_4tri.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2121/cnt_2019_4tri.pdf)>.

IYER, K. C.; JHA, K. N. Factors affecting cost performance: Evidence from Indian construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 23, n. 4, p. 283–295, 2005.

KAMING, P. F. et al. Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. **Construction Management and Economics**, n. 15 (1), p. 83–94, 1997.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; TUNCBILEKLI, N. A. Causes of Delays in Construction Projects in Turkey. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 18, n. 3, p. 426–435, 2012.

KEANE, P. J.; CALETKA, A. F. **Analysis of Construction Delays**. first edit ed. Honk Kong: Blackwell Publishing Ltd, 2008.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking: A path to creative decision making**. 1ª ed. Cambridge, Massachusetts: Harward University Press, 1996. v. 1

KHAHRO, S. H.; ZUBAIR AHMED MEMON. Non-Excusable Delays in Construction Industry: A Causal Study. **Engineering, Technology & Applied Science Research**, v. 8, n. 6, p. 3561–3564, 2018.

KHAN, R. A.; GUL, W. **Empirical study of critical risk factors causing delays in construction projects**. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2017. **Anais...**Bucharest: 2017

KHANZADI, M. et al. The Less Agents, the More Schedule Reliability: Examination of

- Single-Point Responsibility Model in Design Management. **International Journal of Civil Engineering**, v. 17, n. 8, p. 1307–1316, 2019.
- KHOSHGOFTAR, M. et al. Causes of Delays in Iranian Construction Projects. **International Journal of Construction Management**, v. 10, n. 2, p. 53–69, 2010.
- KIVINIEMI, M. et al. **BIM-based safety management and communication for building construction**. [s.l.: s.n.].
- KOG, Y. C. Major Construction Delay Factors in Portugal, the UK, and the US. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 23, n. 4, p. 04018024, 2018.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 1<sup>a</sup> ed. Helsinki: [s.n.].
- KOUSHKI, P. A.; KARTAM, N. Impact of construction materials on project time and cost in Kuwait. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 11, n. 2 pp, p. 126–132, 2004.
- KOWALCZYK, A. et al. **Delays in construction works in Polish construction industry from the contractors' point of view**. MATEC Web of Conferences. **Anais...2018**
- KRAINER, C. W. et al. Relationship with supplier of construction materials. Characterization from builders' perspective. **Revista ...**, v. 40 (n<sup>o</sup> 18), n. 2008, p. 1–7, 2019.
- KUMARASWAMY, M. M.; CHAN, D. W. M. Contributors to construction delays. **Construction Management and Economics**, v. 16, n. 1, p. 17–29, 1998.
- LANDRY, M. A Note on the Concept of “Problem”. **Organization Studies**, v. 16, n. 2, p. 315–343, 1995.
- LARSEN, J. K. et al. Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 32, n. 1, p. 1–10, 2016.
- LIBBY, R.; BLOOMFIELD, R.; NELSON, M. W. Experimental research in financial accounting. **Accounting, Organizations and Society**, v. 27, p. 775–810, 2002.
- LO, T. Y.; FUNG, I. W.; TUNG, K. C. Construction Delays in Hong Kong Civil Engineering Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 6, p. 636–649, 2006.
- LONGARAY, A. A. et al. Operations Research for Health Care Assessment of a Brazilian public hospital' s performance for management purposes: A soft operations research case in action. **Operations Research for Health Care**, v. 5, p. 28–48, 2015.
- LONGARAY, A. A.; ENSSLIN, L. Use of Multi-Criteria Decision Aid to Evaluate the Performance of Trade Use of Multi-Criteria Decision Aid to Evaluate the Performance of Trade Marketing Activities of a Brazilian Industry. **Management and Organizational Studies**, v. 2, p. 14–31, 2015.
- LUPINACCI, D. M.; MORINI, C.; EULALIA, L. A. DE S. O comércio internacional de serviços de construção civil : uma análise comparativa entre o Brasil e a União Europeia. **Revista Administração em Diálogo - PUCSP**, v. 17, p. 81–103, 2015.
- MANSON, N. Is operations research really research? **Orion Journal**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006.
- MALHOTRA, N. K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

- MARAFON, A. D. et al. The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology A case study of R & D management. **European Journal of Innovation Management**, v. 18, n. 1, p. 86–109, 2015.
- MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. 3ª edição. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- MARZOUK, M.; EL-DOKHMASEY, A.; EL-SAID, M. Assessing Construction Engineering-Related Delays: Egyptian Perspective. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 134, n. 3, p. 315–326, 2008.
- MARZOUK, M. M.; EL-RASAS, T. I. Analyzing delay causes in Egyptian construction projects. **Journal of Advanced Research**, v. 5, n. 1, p. 49–55, 2014.
- MAUÉS, L. M. F. et al. Construction delays: a case study in the Brazilian Amazon. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 167–181, Jul. 2017.
- MOHAMMED, Z.; BELLO, U. Causes of Delay in construction projects: A systematic review. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 11 n. 3, p. 63–72, 2022.
- MOTA, R. Z. et al. Estudo sobre a Ferramenta Curva ABC em uma Empresa de Distribuição. **Convibra**, p. 18, 2012.
- MPOFU, B. et al. Profiling causative factors leading to construction project delays in the United Arab Emirates. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24, n. 2, p. 346–376, 2017.
- MUHWEZI, L.; ACAI, J.; OTIM, G. An Assessment of the Factors Causing Delays on Building Construction Projects in Uganda. **International Journal of Construction Engineering and Management**, v. 3, n. February, p. 13–23, 2014.
- MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. DE A. Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 1, p. 79–97, 2015.
- MUKUKA, M.; AIGBAVBOA, C.; THWALA, W. **Effects of construction projects schedule overruns: A case of the Gauteng Province, South Africa**. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015. **Anais...**The Authors, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.989>>
- MYDIN, M. A. O. et al. **Assessment of Influential Causes of Construction Project Delay in Malaysian Private Housing from Developer's Viewpoint**. E3S Web of Conferences. **Anais...**2014a
- MYDIN, M. A. O. et al. Imperative Causes of Delays in Construction Projects from Developers' Outlook. **MATEC Web of Conferences**, v. 10, p. 06005, 2014b.
- NAJAFI, L. et al. Performance Evaluation and its Effects on Employees' Job Motivation in Hamedan City Health Centers. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. January 2018, p. 1761–1765, 2011.
- NEELY, A. et al. review and research agenda Performance measurement system design A literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1228–1263, 2005.
- NETO, J. J. S. **Modelo para apoiar a gestão do conhecimento em projetos colaborativos**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

- NGACHO, C.; DAS, D. A performance evaluation framework of construction projects: Insights from literature. **International Journal of Project Organization and Management**, v. 7, n. 2r, p. 151–173, 2015.
- NITTA, K. **Decision making**. Britannica Academic Encyclopedia Britannica, 2014. (Nota técnica).
- ODEH, A. M.; BATTAINAH, H. T. Causes of construction delay: Traditional contracts. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 1, p. 67–73, 2002.
- OGUNLANA, S. O.; PROMKUNTONG, K.; JEARKJIRM, V. Construction delays in a fast-growing economy: Comparing Thailand with other economies. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 1, p. 37–45, 1996.
- OLAWALE, Y. A.; SUN, M. Cost and time control of construction projects: inhibiting factors and mitigating measures in practice Cost and time control of construction projects: inhibiting factors and mitigating measures in practice. **Construction Management and Economics**, v. 28, n. 5, p. 509–526, 2010.
- PALIKHE, S.; KIM, S.; KIM, J. J. Critical success factors and dynamic modeling of construction labor productivity directly affects the cost and schedule of a project and is a. **International Journal of Civil Engineering**, p. 1–16, 2018.
- PARANAGAMAGE, P.; CARRILLO, P.; RUIKAR, K.; FULLER, P. Lessons learned practices in the UK construction sector: current practice and proposed improvements. **Engineering Project Organization Journal**. v. 2, n. 4, p. 216–230, 2012.
- PARK, K. et al. Project Risk Factors Facing Construction Management Firms. **International Journal of Civil Engineering**, v. 17, n. 3, p. 305–321, 2019.
- PEREIRA, E. et al. **Causas do atraso na entrega de edifícios residenciais Identification of critical SMS factors and accident precursors View Project**. 2011Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/236331998>>
- PEROBELLI, F. S. et al. Avaliação do setor da construção civil para as principais economias mundiais: uma análise sistêmica a partir de uma abordagem de insumo-produto para o período de 1995 a 2009. **Ensaio FEE**, p. 331–366, 2016.
- PETRI, S. M. **Modelo para Apoiar a Avaliação das Abordagens de Gestão de Desempenho e Sugerir Aperfeiçoamentos: Sob a Ótica Construtivista**. [s.l.] UFSC, 2005.
- POURROSTAM, T.; ISMAIL, A. Study of Methods for Minimizing Construction Delays: Evidences from a Developing Country. **Advanced Materials Research**, v. 201–203, p. 2939–2942, 2011.
- POURROSTAM, T.; ISMAIL, A.; MANSOURNEJAD, M. Identification of Success Factors in Minimizing Delays on Construction Projects in IAU - Shoushtar Branch - Iran. **Applied Mechanics and Materials**, v. 94–96, p. 2189–2193, 2011a.
- POURROSTAM, T.; ISMAIL, A.; MANSOURNEJAD, M. Identification and Evaluation of Causes and Effects of Change Orders in Building Construction Projects. **Applied Mechanics and Materials**, v. 94–96, n. September, p. 2261–2264, 2011b.
- PRASAD, K. V et al. Critical causes of time overrun in Indian construction projects and mitigation measures. **International Journal of Construction Education and Research**, p. 1–23, 2018.
- RACHID, Z.; TOUFIK, B.; MOHAMMED, B. Causes of schedule delays in construction projects in Algeria. **International Journal of Construction Management**, v. 3599, 2018.

RAFIEIZONOOZ, M. et al. Determining the Causes of Delay by Using Factor Analysis in Tehran's Construction Projects. **Applied Mechanics and Materials**, v. 735, p. 109–116, 2015.

RAHMAN, M. M. et al. **Causes of shortage and delay in material supply: a preliminary study**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. **Anais...Moscow: 2017** Disponível em: <<https://www.mendeley.com/catalogue/19b8f586-ad5d-3b2a-8d32-934325dbf302/>>

RATHINAKUMAR, V.; VIGNESH, T.; DHIVAGAR, K. Causes of delays in construction projects in the Province of Aceh, Indonesia. **PLOS ONE**, v. 17, n. 1, 2022.

RAUZANA, A.; DHARMA, W. Perception of Construction Participants in Construction delays: A case study in Tamilnadu, India. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 80, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263337>

REIS, C. J. L. et al. **Identificação das causas de atrasos de obras: Um estudo de caso na região metropolitana de Belém**. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...2016**

ROHAN, U.; FRANÇA, S. L. B. **Análise das tendências da indústria da construção civil frente à sustentabilidade nos negócios**. IX CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. **Anais...2013** Disponível em: <[http://www.inovarse.org/file browser/download/15506](http://www.inovarse.org/file/browser/download/15506)>

ROSA, F. S. DA; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. PERFORMANCE EVALUATION: PROCEDURE OF THE SYSTEMIC REVIEW OF INTERNATIONAL LITERATURE. **Produção online**, p. 390–416, 2013.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. 1<sup>a</sup> ed. Paris: Kluwer Academic Publishers, 1996.

SAEB, S.; KHAYAT, N.; TELVARI, A. Causes of Delay in Khuzestan Steel Company Construction Projects. **Industrial Engineering and Management Systems**, v. 15, n. 4, p. 335–344, 2016.

SAMARGHANDI, H. et al. Studying the Reasons for Delay and Cost Overrun in Construction Projects: The Case of Iran. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 21, n. 1, p. 51–84, 2016.

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.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, n. 1, p. 83–89, 2007.

SANTOS, H. DE P.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. Diagnóstico e análise de aditivos contratuais em obras públicas de edificações. n. November 2014, 2014.

SCHOEMAKER, P. J. H.; RUSSO, J. E. **decision-making Palgrave Macmillan** Palgrave Publishers Ltd, 2012. (Nota técnica).

SENOUCI, A.; AL ABBASI, M.; ELDIN, N. N. Impact of weather conditions on construction labor productivity in Qatar. **Middle East J. of Management**, v. 5, n. 1, p. 34, 2018.

SENOUCI, A.; ISMAIL, A.; ELDIN, N. Time Delay and Cost Overrun in Qatari Public



ating-Causes-of-Delay-in-US-Construction-Projects.pdf>

TARIGAN, A. P.; SUBROTO, M. On the delay factors of the private construction projects in Medan city. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 126, n. 1, 2018.

THUNBERG, M.; RUDBERG, M.; GUSTAVSSON, T. K. Categorizing on-site problems A supply chain management perspective on construction projects. **Construction Innovation**, v. 17, n. 1, p. 90–111, 2017.

TOOR, S.-U.-R.; OGUNLANA, S. O. Problems causing delays in major construction projects in Thailand. **Construction Management and Economics**, n. Feb 2008, p. 1–14, 2008.

TORRES, G.; MONTEIRO, R.; ARICA, J. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. **Produto & Produção**, v. 11, n. 2, p. 85–103, 2010.

TRAUNER, T. J. et al. **Construction Delays: Understanding Them Clearly, Analyzing Them Correctly**. 2ª edição ed. San Diego: Elsevier Butterworth–Heinemann, 2009.

TREMBLAY, Monica Chiarini; HEVNER, Alan R.; BERNDT, Donald J. Focus Groups for Artifact Refinement and Evaluation in Design Research. **Communications of the Association for Information Systems**, [S. l.], v. 26, p. 22, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17705/1cais.02627>

TUNJI-OLAYENI, P. et al. Evaluating Construction Project Performance : A Case of Construction SMEs in Lagos , Nigeria. **Journal of Innovation and Business Best Practices**, v. 2016, p. 1–10, 2016.

TURPIN, S. M.; MARAIS, M. Decision-making: Theory and practice. **The Operations Research Society of South Africa - ORSSA**, v. 20, n. 2, p. 143–160, 2004.

ULLAH, K. et al. RANKING OF EFFECTS OF CONSTRUCTION DELAY: EVIDENCE FROM MALAYSIAN BUILDING PROJECTS. **JOURNAL OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES**, v. 8, n. 1, p. 79–84, 2018.

VACANAS, Y.; DANEZIS, C. An overview of the risk of delay in Cyprus construction industry. **International Journal of Construction Management**, p. 1–14, 2018.

VAN DIJK, D.; SCHODL, M. M. **Performance Appraisal and Evaluation** Elsevier, 2015. (Nota técnica).

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W., 2005. Design research in information systems, [online], [cited 14 October 2005]. Available from <http://www.isworld.org/Researchdesign/drisISworld.htm>

VENKATESH, P. K.; VENKATESAN, V. Delays in construction projects: A review of causes, need and scope for further research. **Malaysian Construction Research Journal**, v. 23, n. 3, p. 89–113, 2017.

WINTERFELDT, D. VON. Bridging the gap between science and decision making. **PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, p. 14055–14061, 2013.

WONG, K.; VIMONSATIT, V. A study of the factors affecting construction time in Western Australia. **Scientific Research and Essays**, v. 7, n. 40, p. 3390–3398, 2012.

YANG, J.-B.; CHU, M.-Y.; HUANG, K.-M. An empirical study of schedule delay causes based on Taiwan's litigation cases. **Project Management Journal**, v. 44, n. 3, p. 21–31, 2013.

YANG, J.-B.; WEI, P.-R. Causes of delay in the planning and design phases for construction projects. **Journal of Architectural Engineering**, v. 16, n. 2, p. 80–83, 2010.

YAP, J. B. H.; LOW, P. L. Rework in Malaysian building construction: impacts, causes and potential solutions. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 15, n. 5, p. 591–618, 2017.

YOON, D. How Can Personnel Performance Evaluation Systems Be Improved? **SAGE Open**, p. 1–12, 2021.

ZIDANE, Y. J.-T. et al. Time-thieves and Bottlenecks in the Norwegian Construction Projects. **Procedia Economics and Finance**, v. 21, n. 2212, p. 486–493, 2015.

ZIDANE, Y. J. et al. The top 10 universal delay factors in construction projects delay factors. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 11, n. 3, p. 650–672, 2018.

ZOU, P. X. W.; WANG, J.; ZHANG, G. PROJECT Understanding the key risks in construction projects in China. **International Journal of Project Management**, v. 25, p. 601–614, 2007.

## APÊNDICES

Considerando-se que os dados referentes à gestão de suprimentos foram expostos no capítulo 5 de Análise e Resultados dos Dados, esta seção, portanto, contém os resultados dos fatores de atraso de obra relacionados à gestão da mão de obra, do projeto e das condições climáticas oriundos da aplicação da metodologia MCDA-C no design science research desenvolvido; conforme explicitado no capítulo 4 de Delineamento e Metodologia da Pesquisa da presente tese. Em suma, serão apresentados nos apêndices “A”, “B” e “C” as etapas de obtenção dos descritores, da análise de independência preferencial ordinal e cardinal por meio dos testes de IPO e IPC, da construção das funções de valor, de elaboração das taxas de compensação e da análise de sensibilidade.

### APÊNDICE A - Fator de Atraso: Gestão da mão de obra

#### - I Etapa: Construção dos Descritores

**Figura 58** - Descritor “qualificação”

EXCELENTE	MO recrutada por um valor acima do sindicato e <b>por meio de um banco de dados atualizado</b> ; com treinamento periódico, perfil experiente e <b>com instrução adequada</b> para a função.
BOM	MO recrutada por um valor acima do sindicato; <b>com treinamento periódico</b> , perfil experiente e com baixa instrução para a função.
NEUTRO	MO recrutada por <b>um valor acima do sindicato</b> ; sem treinamento periódico, <b>perfil experiente</b> e com baixa instrução para a função.
SOBREVIVÊNCIA	MO recrutada pelo valor do sindicato; sem treinamento periódico, perfil <b>com pouca experiência</b> e com baixa instrução para a função.
MIN. ACEITÁVEL	MO recrutada pelo valor do sindicato; sem treinamento periódico, perfil sem experiência e com baixa instrução para a função.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 59 -** Descritor “comprometimento”

EXCELENTE	MO contratada s/prazo definido; <b>com plano de cargos/salários</b> , podendo colaborar nas decisões de obra e com premiações p/metás.
BOM	<b>MO contratada s/prazo definido</b> ; sem plano de cargos/salários, colaborar nas decisões de obra e com premiações p/metás.
NEUTRO	MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/ salários, <b>podendo colaborar nas decisões de obra</b> e com premiações p/metás.
SOBREVIVÊNCIA	MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/ salários, sem colaborar nas decisões de obra, mas <b>com premiações p/metás</b> .
MIN. ACEITÁVEL	MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/ salários, s/colaborar nas decisões de obra e s/premiações p/metás.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 60 -** Descritor “produtividade”

EXCELENTE	Medição do desempenho da MO <b>considerando sua vocação e Motivação</b> , c/treinamento, ferramentas e a logística do canteiro.
BOM	Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocação e Motivação, c/ferramentas, treinamento e <b>a logística do canteiro</b> .
NEUTRO	Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocação, motivação e a logística do canteiro, c/Ferramentas <b>e treinamento</b>
SOBREVIVÊNCIA	Medição do desempenho da MO s/considerar a vocação, motivação treinamento e a logística do canteiro, mas <b>c/ferramentas</b> .
MIN. ACEITÁVEL	Medição do desempenho da MO s/considerar a vocação, motivação treinamento, além das ferramentas e a logística do canteiro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

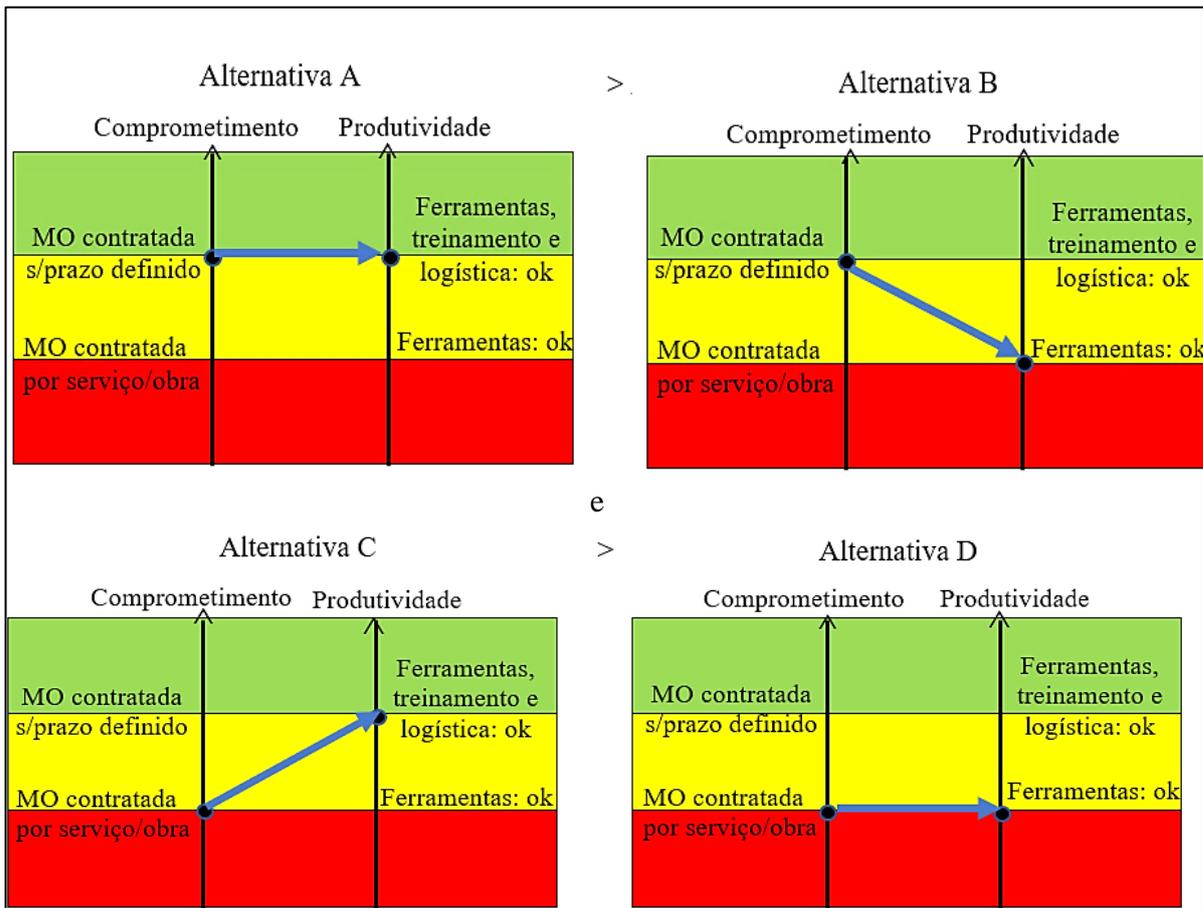
- II Etapa: Análises de Independência

A) Teste de Independência Preferencial Ordinal (IPO)

Descritores: Comprometimento e Produtividade

IPO I:

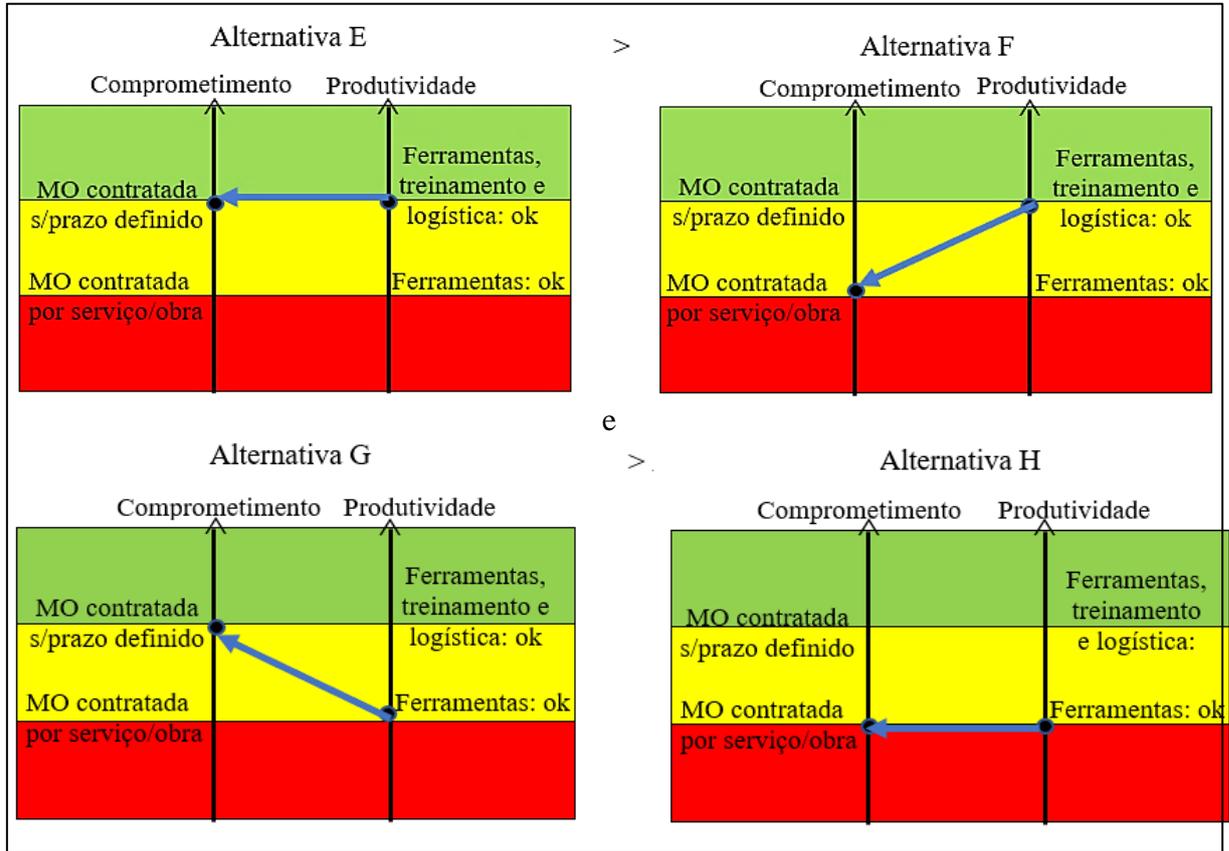
Figura 61 - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento e produtividade” (IPO I).



Fonte: Elaborado pelo autor.

**- IPO II:**

**Figura 62 -** Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento e produtividade” (IPO II).



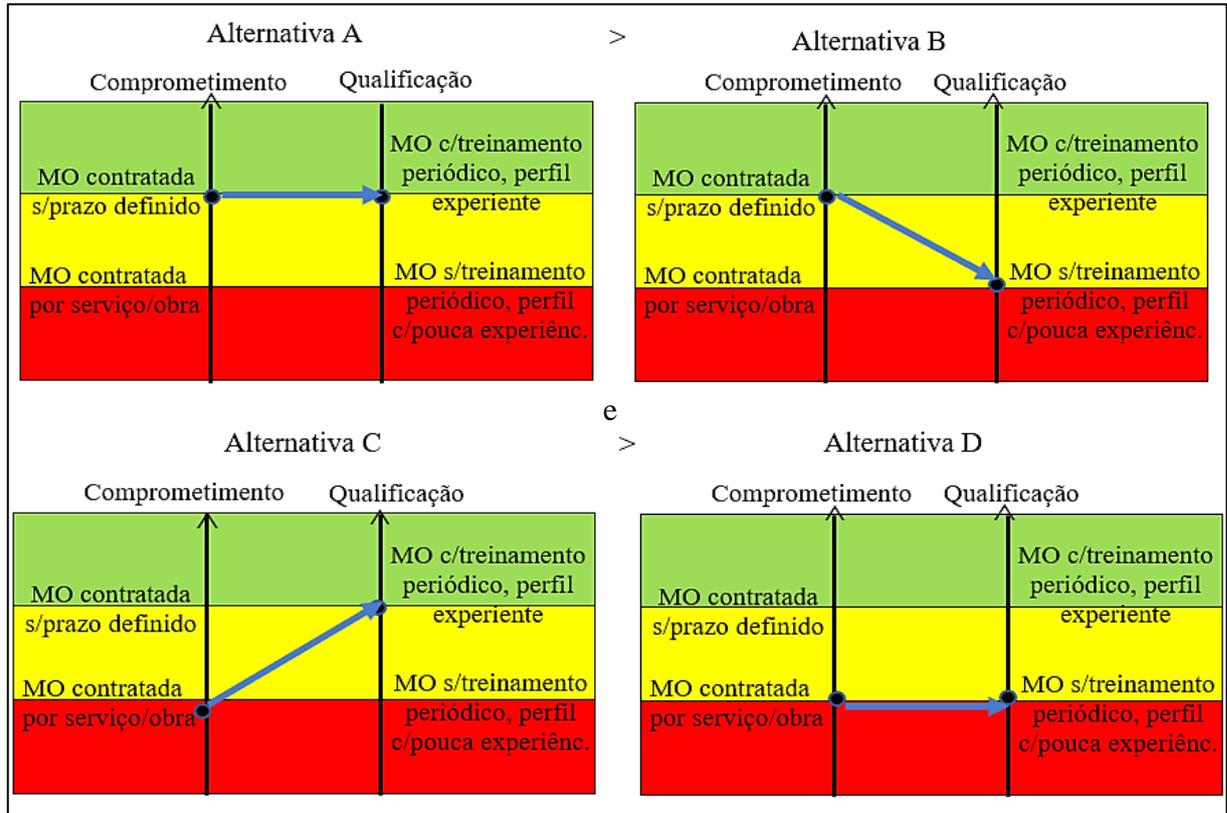
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO I e IPO II, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso por falta de compromisso da MO e atraso pelo baixo nível de produtividade da MO, que correspondem aos descritores comprometimento e produtividade.

**Descritores:** Comprometimento e Qualificação

**- IPO III:**

**Figura 63 -** Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento e qualificação” (IPO III).

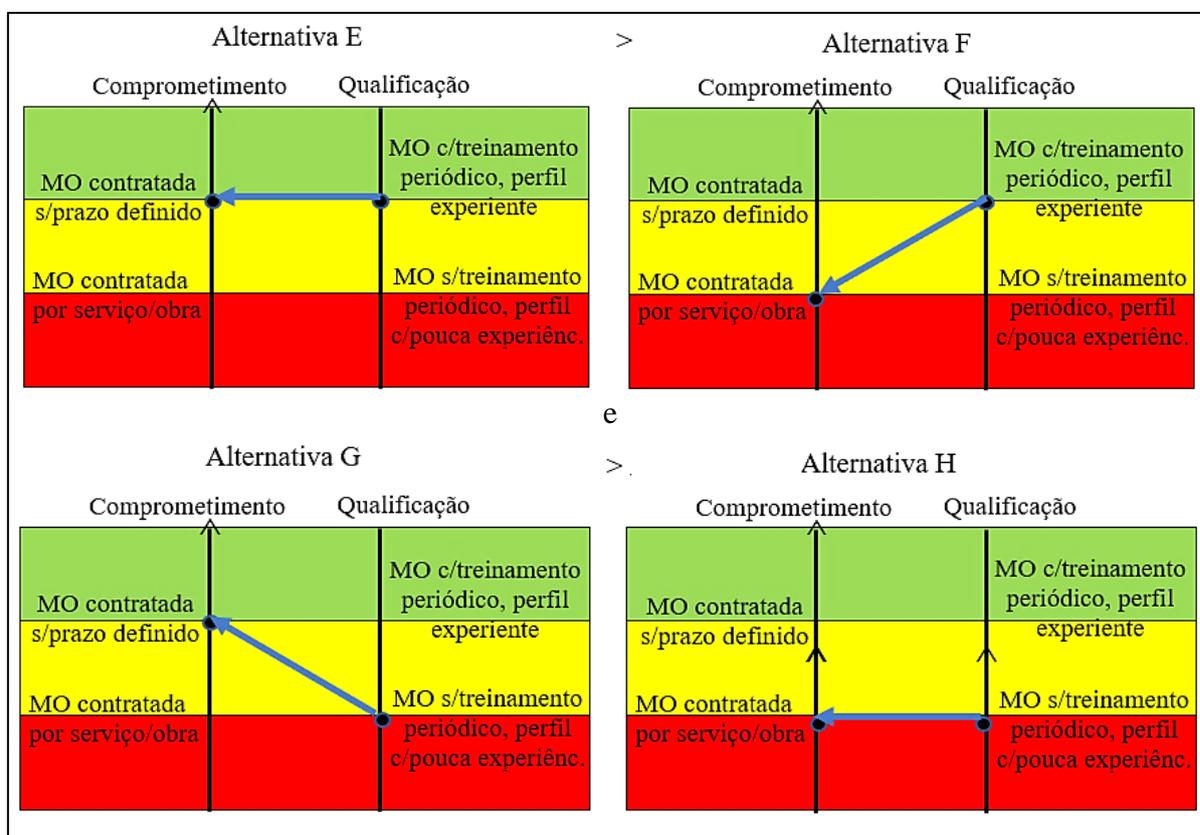


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Descritores:** Comprometimento e Qualificação

**- IPO IV:**

**Figura 64** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “comprometimento e qualificação” (IPO IV).



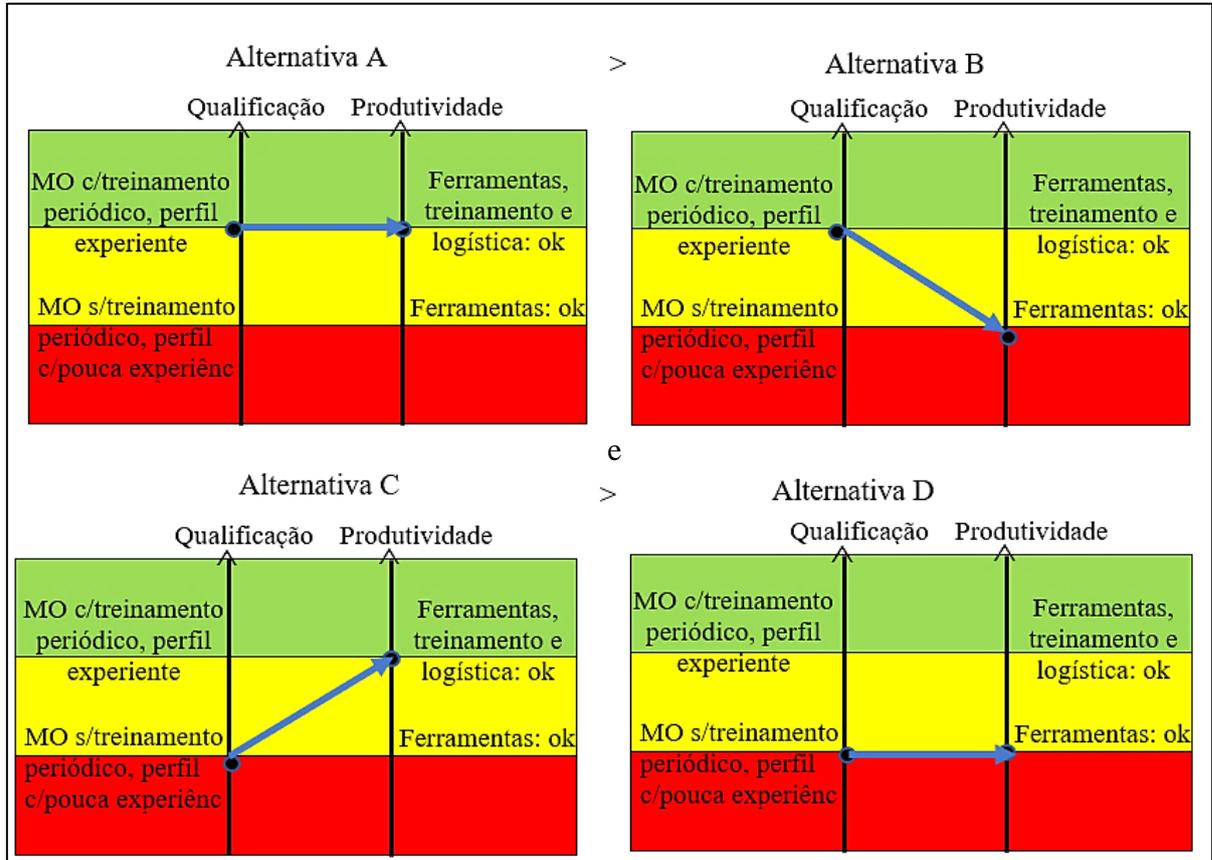
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO III e IPO IV, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso por falta de compromisso da MO e atraso nos trabalhos da MO, que correspondem aos descritores comprometimento e qualificação.

## Descritores: Qualificação e Produtividade

### - IPO V:

**Figura 65** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “qualificação e produtividade” (IPO V).

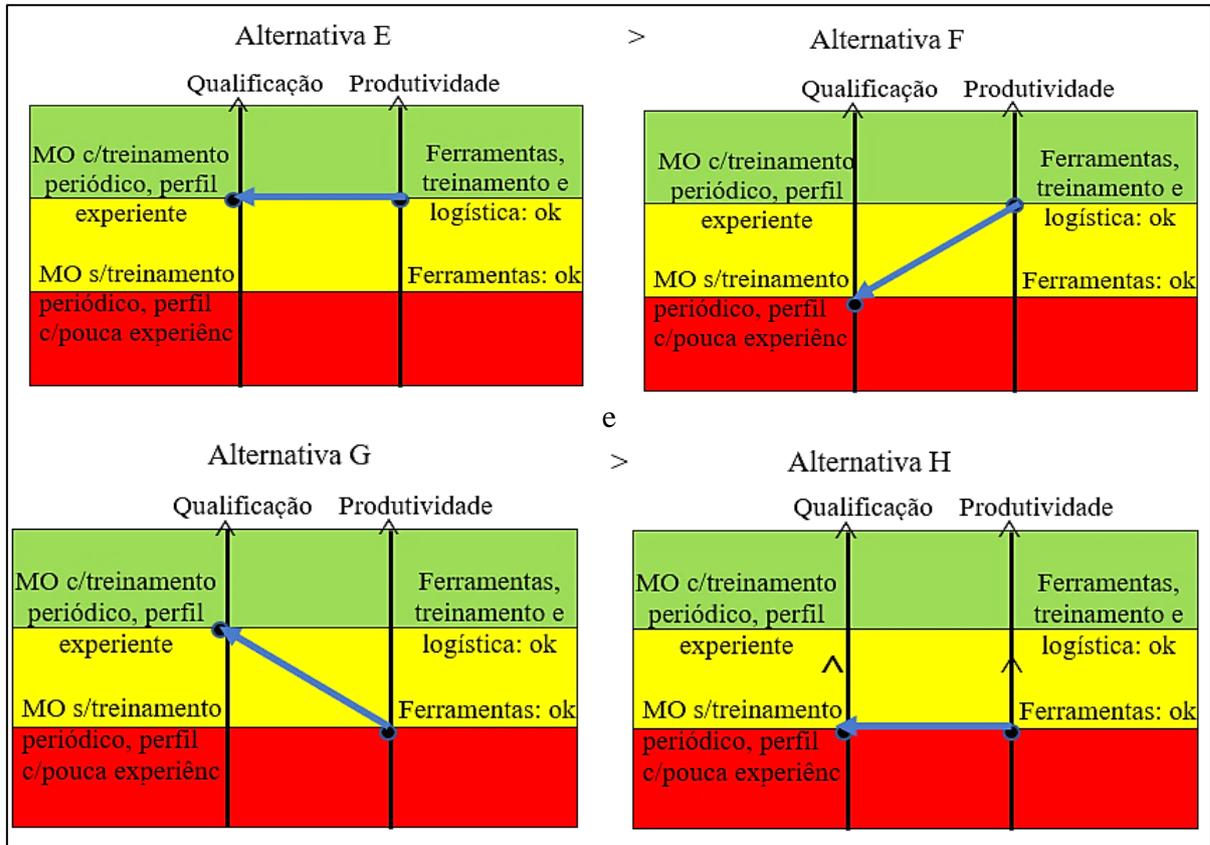


Fonte: Elaborado pelo autor.

## Descritores: Qualificação e Produtividade

### - IPO VI:

**Figura 66** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “qualificação e produtividade” (IPO VI).



Fonte: Elaborado pelo autor.

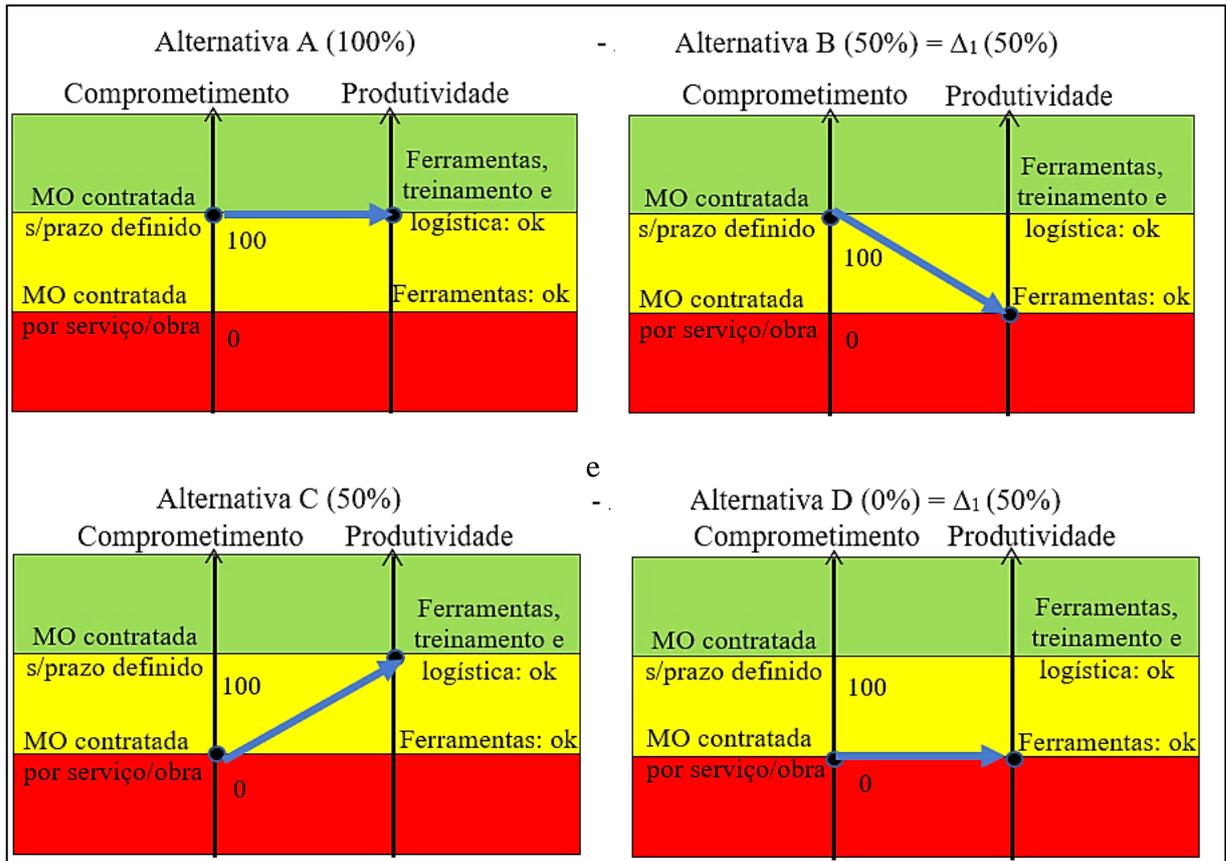
Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO V e IPO VI, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso nos trabalhos da MO e atraso pelo baixo nível de produtividade da MO, que correspondem aos descritores qualificação e produtividade.

**B) Teste de Independência Preferencial Cardinal (IPC)**

**- IPC I:**

**Descritores:** Comprometimento e Produtividade

**Figura 67 -** Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento e produtividade” (IPC I).

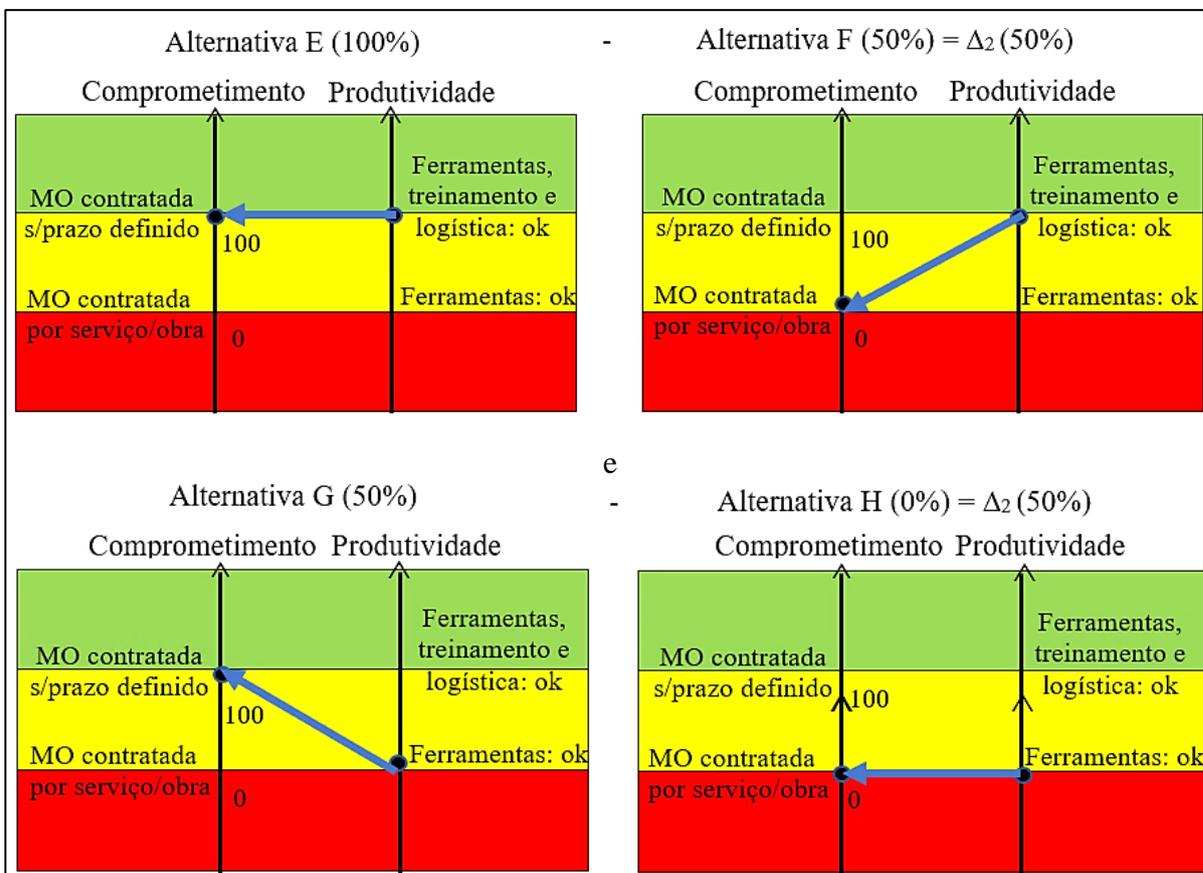


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## - IPC II:

**Descritores:** Comprometimento e Produtividade

**Figura 68** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento e produtividade” (IPC II).



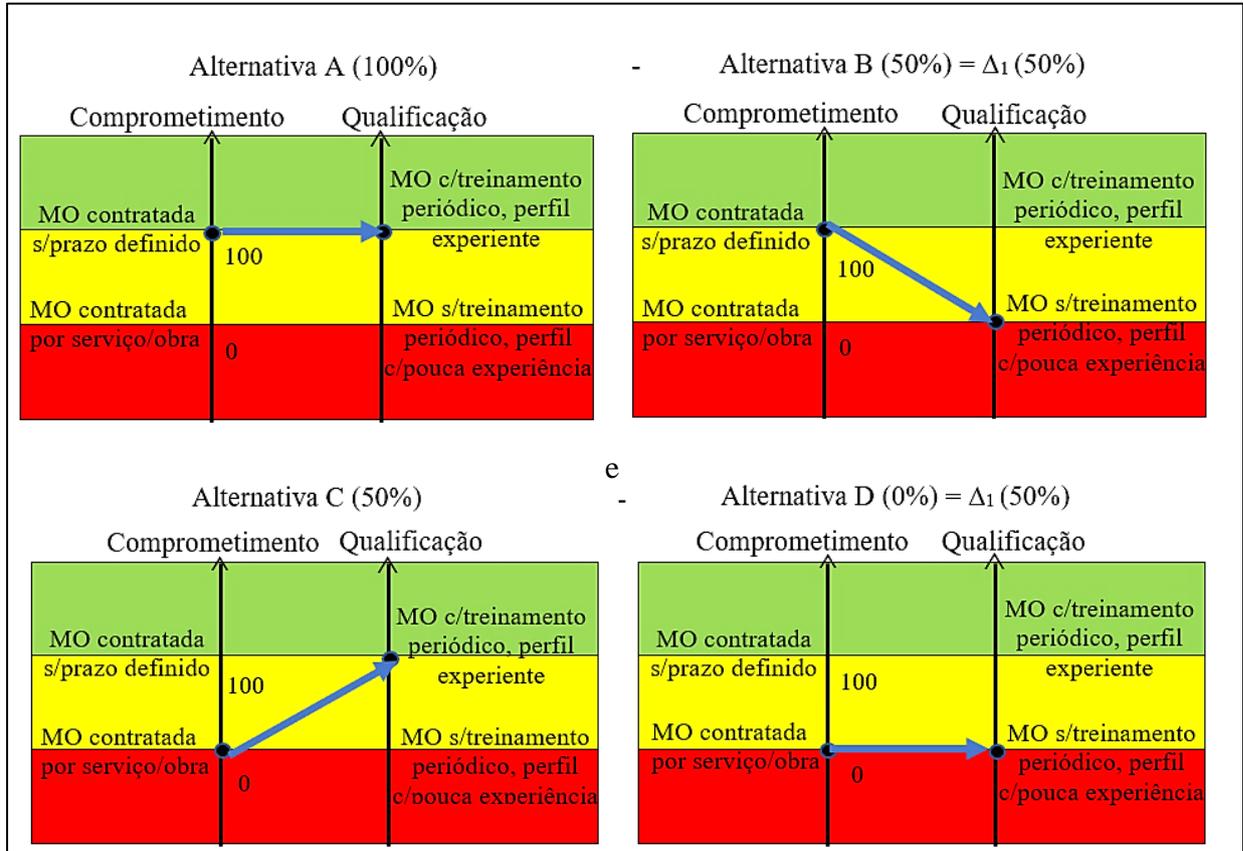
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPC I e IPC II, pode-se afirmar que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso por falta de compromisso da MO e atraso pelo baixo nível de produtividade da MO, que correspondem aos descritores comprometimento e produtividade.

- IPC III:

**Descritores:** Comprometimento e Qualificação

**Figura 69** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento e qualificação” (IPC III).

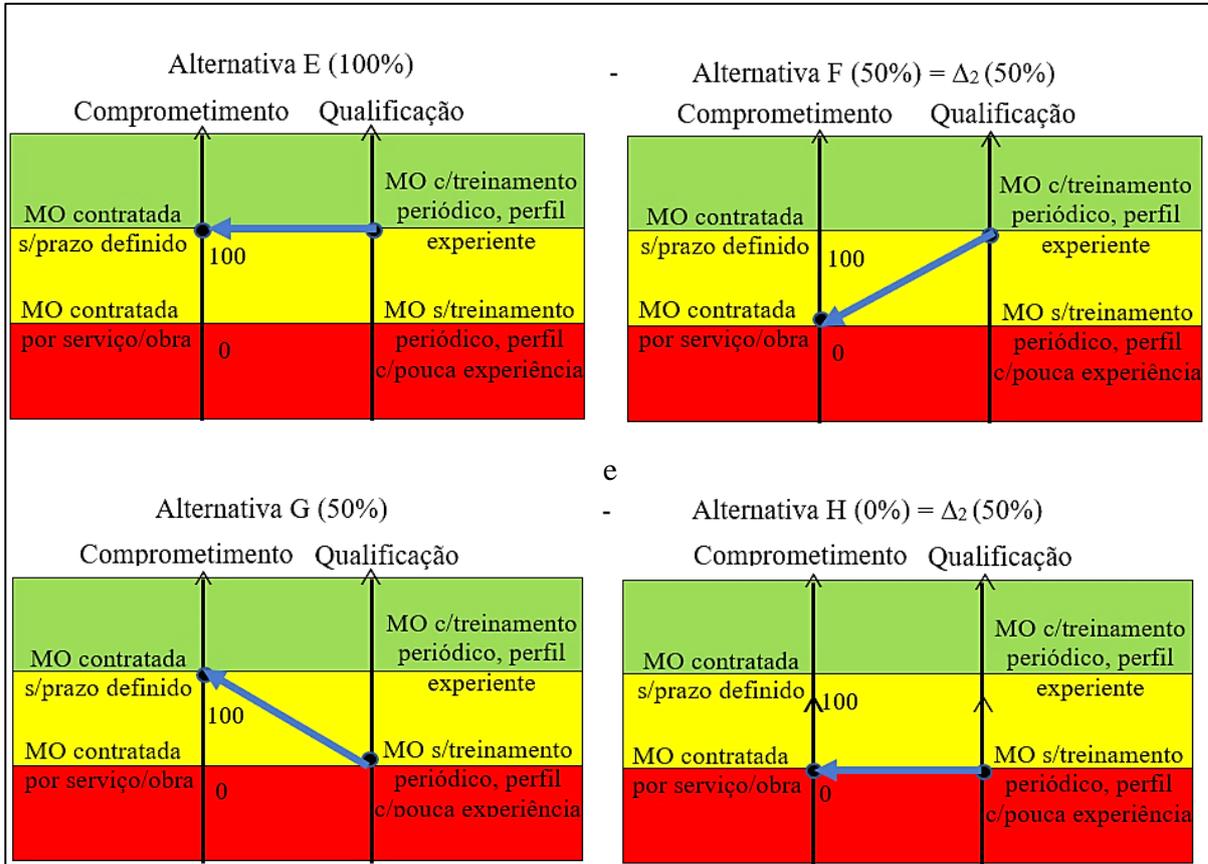


Fonte: Elaborado pelo autor.

- IPC IV:

**Descritores:** Comprometimento e Qualificação

**Figura 70** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “comprometimento e qualificação” (IPC IV).



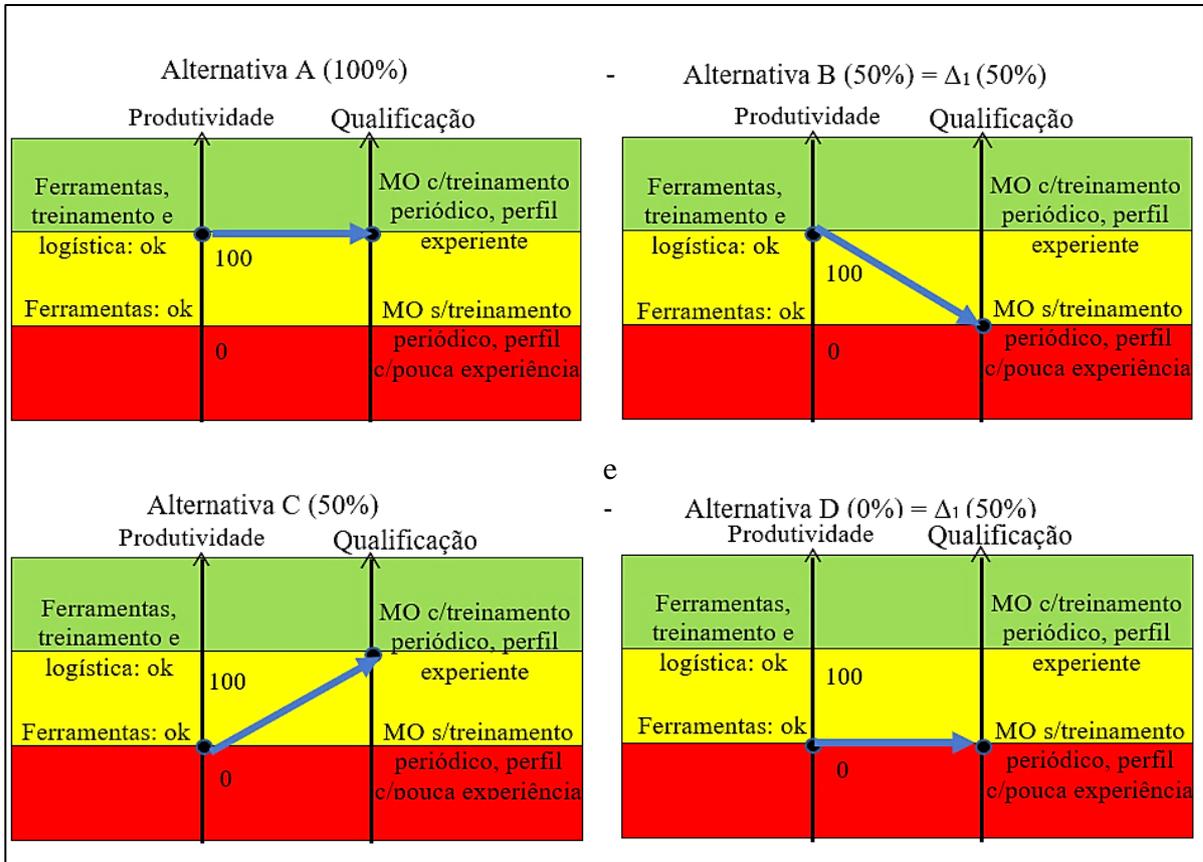
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPC III e IPC IV, pode-se afirmar que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso por falta de compromisso da MO e atraso nos trabalhos da MO, que correspondem aos descritores comprometimento e qualificação.

- IPC V:

**Descritores:** Produtividade e Qualificação

**Figura 71** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “produtividade e qualificação” (IPC V).

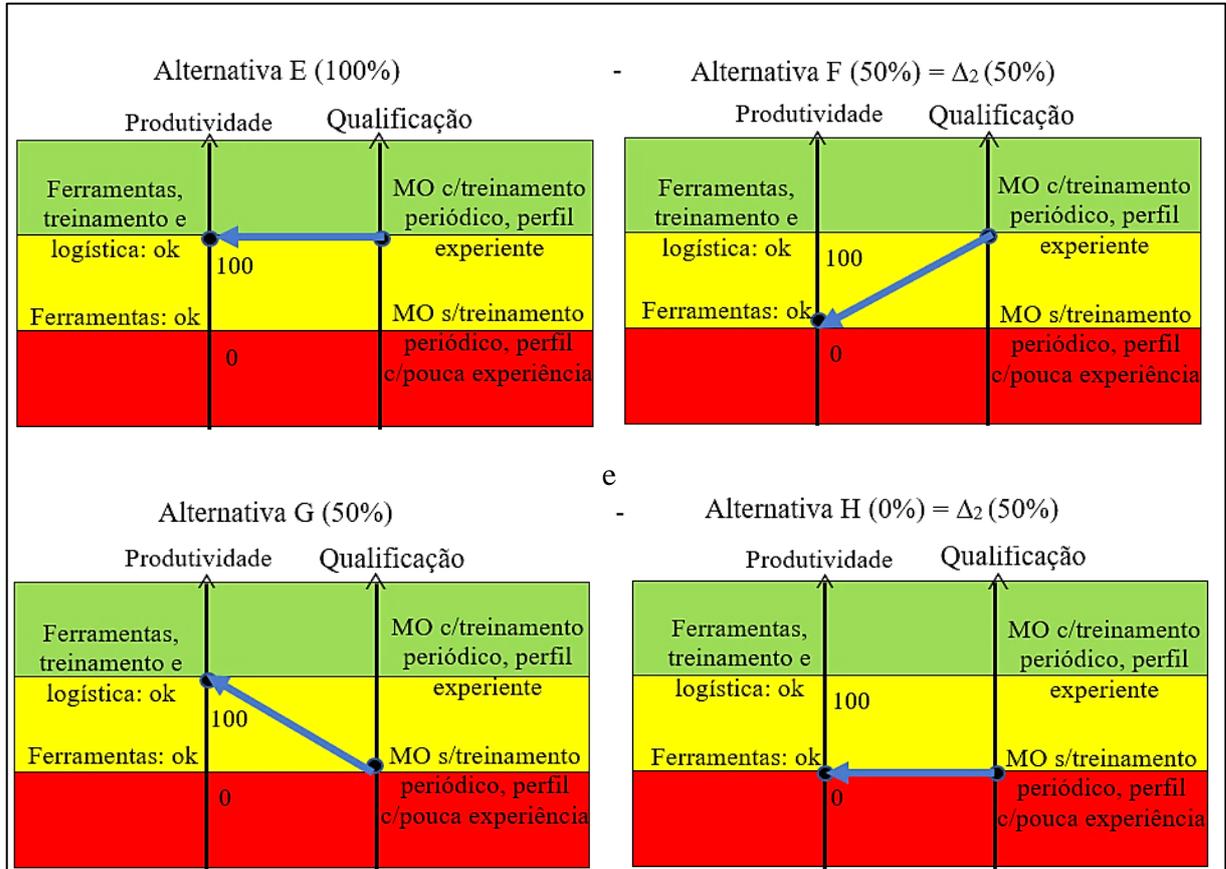


Fonte: Elaborado pelo autor.

- IPC VI:

**Descritores:** Produtividade e Qualificação

**Figura 72** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “produtividade e qualificação” (IPC VI).

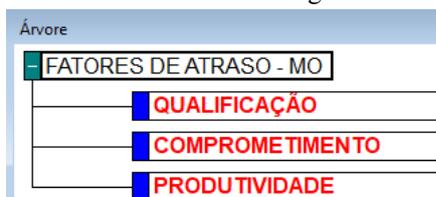


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPC V e IPC VI, pode-se afirmar que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso pelo baixo nível de produtividade da MO e atraso nos trabalhos da MO, que correspondem aos descritores comprometimento e qualificação.

### - III Etapa: Construção das Funções de Valor

**Figura 73** - Árvore do fator de atraso “gestão da mão de obra”.



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

#### A – Descritor: Qualificação

**Figura 74** - Propriedades do descritor “qualificação”

Propriedades de QUALIFICAÇÃO

Nome: QUALIFICAÇÃO

Nome abreviado: QUALIFICAÇÃO

Comentários: Atrasos nos trabalhos da MO

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		MO recrutada por um valor acima do sindicato e por meio de	MO VS\$/CD+TR+EXP+IT
2		MO recrutada por um valor acima do sindicato; com treiname	MO VS\$+TRN+EXP
3		MO recrutada por um valor acima do sindicato; sem treiname	MO VS\$+EXP
4		MO recrutada pelo valor do sindicato; sem treinamento periód	MO VS+P.EXP
5		MO recrutada pelo valor do sindicato; sem treinamento periód	MO VS

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- MO recrutada por um valor acima do sindicato e por meio de um banco de dados atualizado; com treinamento periódico, perfil experiente e com instrução adequada para a função.
- 2- MO recrutada por um valor acima do sindicato; com treinamento periódico, perfil experiente e com baixa instrução para a função.
- 3- MO recrutada por um valor acima do sindicato; sem treinamento periódico, perfil experiente e com baixa instrução para a função.

4- MO recrutada pelo valor do sindicato; sem treinamento periódico, perfil com pouca experiência e com baixa instrução para a função.

5- MO recrutada pelo valor do sindicato; sem treinamento periódico, perfil sem experiência e com baixa instrução para a função.

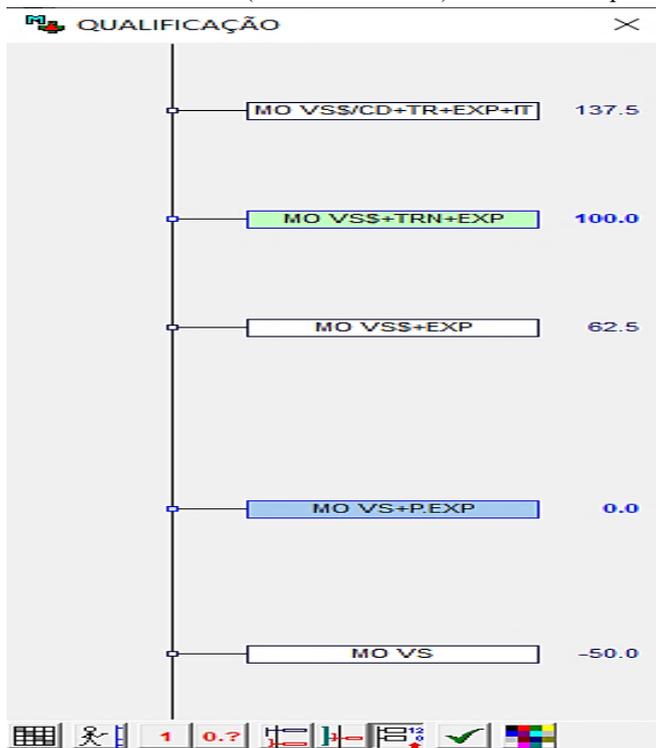
**Figura 75 - Matriz de julgamento do descritor “qualificação”**

QUALIFICAÇÃO							X
	MO VSS/CD+TR+EXP+IT	MO VSS+TRN+EXP	MO VSS+EXP	MO VS+PEXP	MO VS	Escala actual	
MO VSS/CD+TR+EXP+IT	nula 0.0	moderada 37.5	forte 75.0	mt. forte 137.5	extrema 187.5	137.5	extrema
MO VSS+TRN+EXP		nula 0.0	moderada 37.5	forte 100.0	mt. forte 150.0	100.0	mt. forte
MO VSS+EXP			nula 0.0	forte 62.5	mt. forte 112.5	62.5	forte
MO VS+PEXP				nula 0.0	moderada 50.0	0.0	moderada
MO VS					nula 0.0	-50.0	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 76 - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “qualificação”**



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## B – Descritor: Comprometimento

Figura 77 - Propriedades do descritor “comprometimento”

Propriedades de COMPROMETIMENTO

Nome: COMPROMETIMENTO

Nome abreviado: COMPROMETIME

Comentários: Atrasos por falta de compromisso da MO

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		MO contratada s/prazo definido; com plano de cargos/salários, pod	CP+PCS+CTD+PM
2		MO contratada s/prazo definido; sem plano de cargos/salários, cola	CP+CTD+PM
3		MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/salá	CT+CTD+PM
4		MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/salá	CT+PM
5		MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/salá	CT

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- MO contratada sem prazo definido; com plano de cargos/salários, podendo colaborar nas decisões de obra e com premiações por metas.
- 2- MO contratada sem prazo definido; sem plano de cargos/salários, colaborar nas decisões de obra e com premiações por metas.
- 3- MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/salários, podendo colaborar nas decisões de obra e com premiações por metas.
- 4- MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/salários, sem colaborar nas decisões de obra, mas com premiações por metas.
- 5- MO contratada por projeto/etapa de obra; sem plano de cargos/salários, sem colaborar nas decisões de obra e sem premiações por metas.

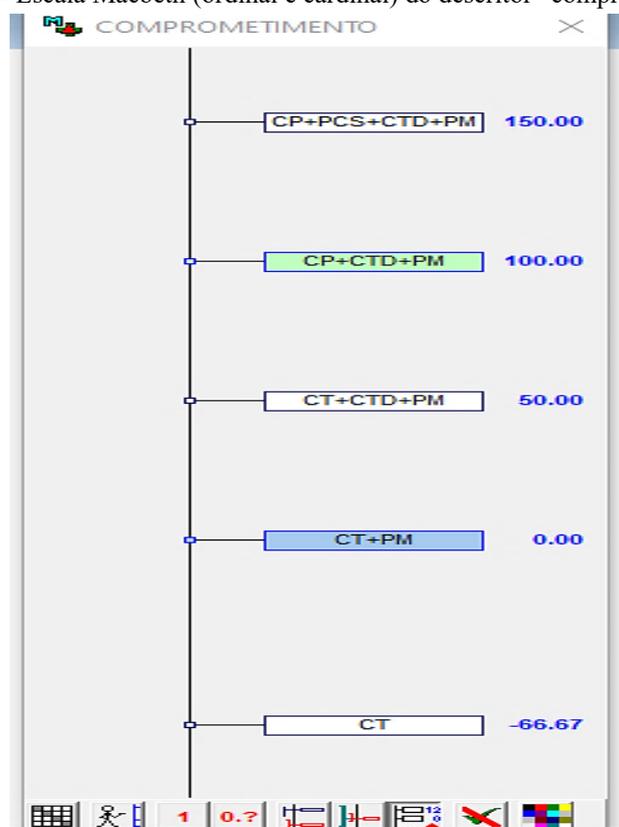
**Figura 78** - Matriz de julgamento do descritor “comprometimento”

COMPROMETIMENTO							X
	CP+PCS+CTD+PM	CP+CTD+PM	CT+CTD+PM	CT+PM	CT	Escala actual	
							extrema
							mt. forte
							forte
							moderada
							fraca
							mt. fraca
							nula
CP+PCS+CTD+PM	nula 0.00	moderada 50.00	forte 100.00	mt. forte 150.00	extrema 216.67	150.00	
CP+CTD+PM		nula 0.00	moderada 50.00	forte 100.00	mt. forte 166.67	100.00	
CT+CTD+PM			nula 0.00	moderada 50.00	forte 116.67	50.00	
CT+PM				nula 0.00	forte 66.67	0.00	
CT					nula 0.00	-66.67	

**Julgamentos consistentes**

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 79** - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “comprometimento”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## C – Descritor: Produtividade

Figura 80 - Propriedades do descritor “produtividade”

Propriedades de PRODUTIVIDADE

Nome: PRODUTIVIDADE

Nome abreviado: PRODUTIVIDADE

Comentários: Atrasos pelo baixo nível de produtividade da mão de obra

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Medição do desempenho da MO considerando sua vocação	VC+MOT+TRE+FER+LOG
2		Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocaç	TRE+FER+LOG
3		Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocaç	TRE+FER
4		Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocaç	FER
5		Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocaç	S/APOIO

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Medição do desempenho da MO considerando sua vocação e motivação, com treinamento, ferramentas e a logística do canteiro verificada.
- 2- Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocação e motivação. Ferramentas utilizadas, treinamento e a logística do canteiro verificada.
- 3- Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocação, motivação e a logística do canteiro. Ferramentas utilizadas e o treinamento verificados.
- 4- Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocação, motivação, treinamento e a logística do canteiro. Ferramentas utilizadas verificadas.
- 5- Medição do desempenho da MO sem considerar sua vocação, motivação, treinamento, além de também não serem verificadas as ferramentas utilizadas e a logística do canteiro.

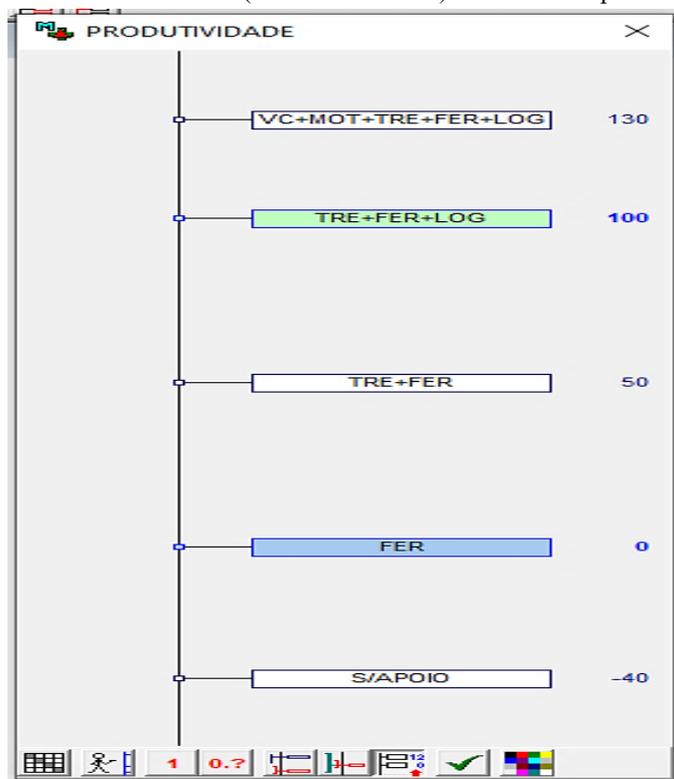
**Figura 81 - Matriz de julgamento do descritor “produtividade”**

PRODUTIVIDADE							X	
	VC+MOT+TRE+FER+LOG	TRE+FER+LOG	TRE+FER	FER	S/APOIO	Escala actual		
VC+MOT+TRE+FER+LOG	nula 0	moderada 30	forte 80	mt. forte 130	extrema 170	130	extrema	
TRE+FER+LOG		nula 0	forte 50	mt. forte 100	extrema 140	100	mt. forte	
TRE+FER			nula 0	forte 50	mt. forte 90	50	forte	
FER				nula 0	moderada 40	0	moderada	
S/APOIO					nula 0	-40	frac.a	
							mt. frac.a	
							nula	

**Julgamentos consistentes**

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 82 - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “produtividade”**



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

#### - IV Etapa: Elaboração das Taxas de Compensação

**Figura 83** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A1)

	QUALIFICAÇÃO	COMPROMETIMENTO	PRODUTIVIDADE
	MÃO DE OBRA C/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL EXPERIENTE	MÃO DE OBRA CONTRATADA S/ PRAZO DEFINIDO	FERRAMENTAS, TREINAMENTOS E LOGÍSTICAS: OK
	MÃO DE OBRA S/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL C/ POUCA EXPERIÊNCIA	MÃO DE OBRA CONTRATADA POR SERVIÇO/ OBRA	FERRAMENTAS: OK

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 84** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A2)

	QUALIFICAÇÃO	COMPROMETIMENTO	PRODUTIVIDADE
	MÃO DE OBRA C/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL EXPERIENTE	MÃO DE OBRA CONTRATADA S/ PRAZO DEFINIDO	FERRAMENTAS, TREINAMENTOS E LOGÍSTICAS: OK
	MÃO DE OBRA S/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL C/ POUCA EXPERIÊNCIA	MÃO DE OBRA CONTRATADA POR SERVIÇO/ OBRA	FERRAMENTAS: OK

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 85** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A3).

	QUALIFICAÇÃO	COMPROMETIMENTO	PRODUTIVIDADE
	MÃO DE OBRA C/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL EXPERIENTE	MÃO DE OBRA CONTRATADA S/ PRAZO DEFINIDO	FERRAMENTAS, TREINAMENTOS E LOGÍSTICAS: OK
	MÃO DE OBRA S/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL C/ POUCA EXPERIÊNCIA	MÃO DE OBRA CONTRATADA POR SERVIÇO/ OBRA	FERRAMENTAS: OK

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 86** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra” (Alternativa A0).

	QUALIFICAÇÃO	COMPROMETIMENTO	PRODUTIVIDADE
	MÃO DE OBRA C/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL EXPERIENTE	MÃO DE OBRA CONTRATADA S/ PRAZO DEFINIDO	FERRAMENTAS, TREINAMENTOS E LOGÍSTICAS: OK
	MÃO DE OBRA S/TREINAMENTO PERIÓDICO, PERFIL C/ POUCA EXPERIÊNCIA	MÃO DE OBRA CONTRATADA POR SERVIÇO/ OBRA	FERRAMENTAS: OK

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 87** - Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”.

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	0	1	2	2º
A2	0	X	0	1	1	3º
A3	1	1	X	1	3	1º
A0	0	0	0	X	0	4º

Fonte: Elaborado pelo autor.

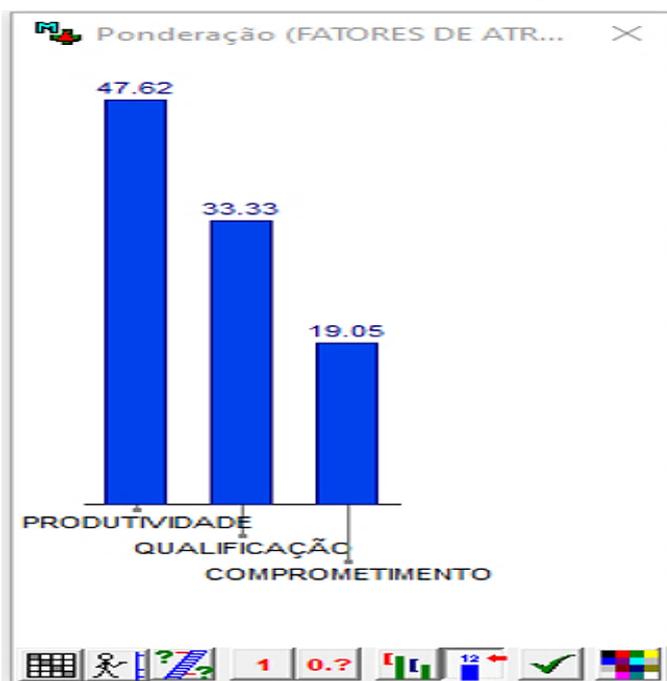
**Figura 88** - Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”

Ponderação (FATORES DE ATRASO - MO)							
[ PRODUTIVIDADE ]	[ QUALIFICAÇÃO ]	[ COMPROMETIMENTO ]	[ tudo inf. ]	Escala actual			
[ PRODUTIVIDADE ]	nula	moderada	forte	47.62	extrema	mt. forte	
[ QUALIFICAÇÃO ]		nula	moderada	33.33	forte	moderada	
[ COMPROMETIMENTO ]			nula	19.05	fraca	mt. fraca	
[ tudo inf. ]			nula	0.00	mt. fraca	nula	

Julgamentos consistentes

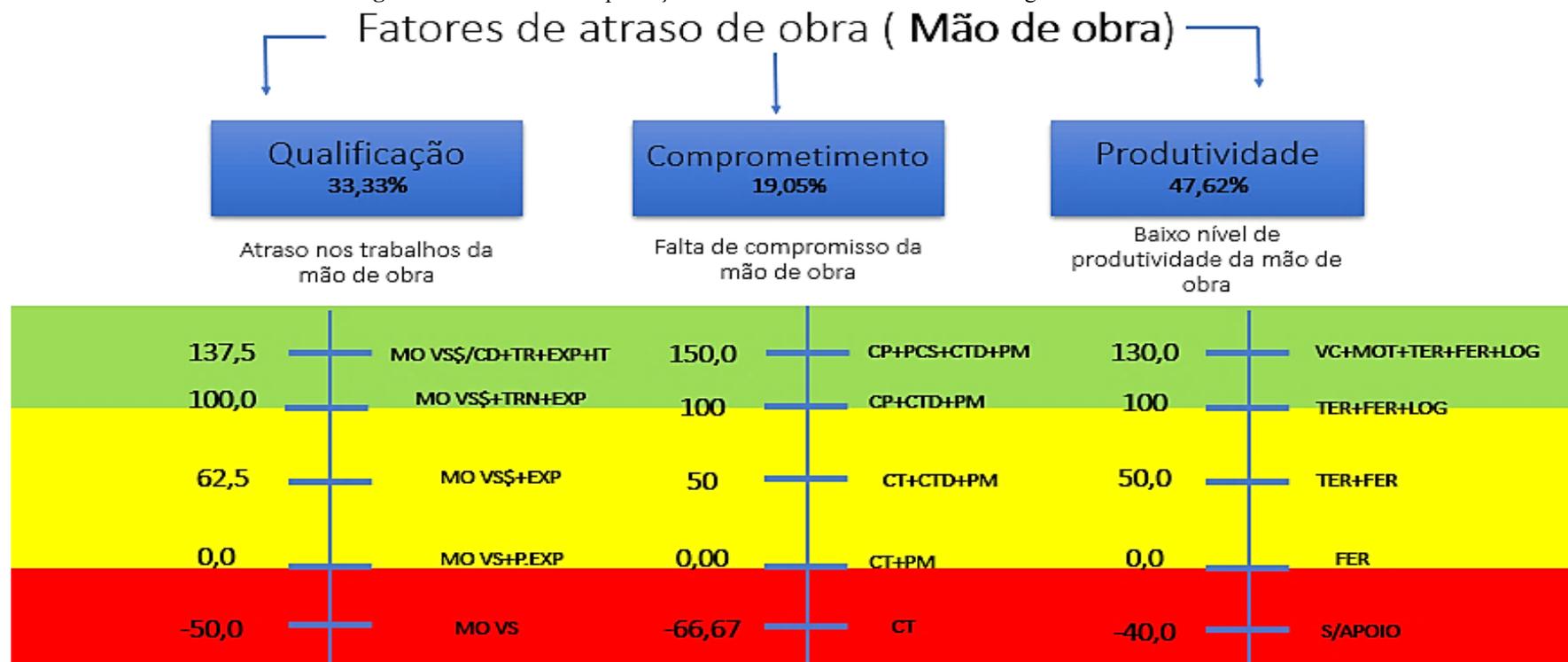
Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 89** - Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Figura 90 - Taxas de Compensação dos descritores do fator de atraso “gestão da mão de obra”

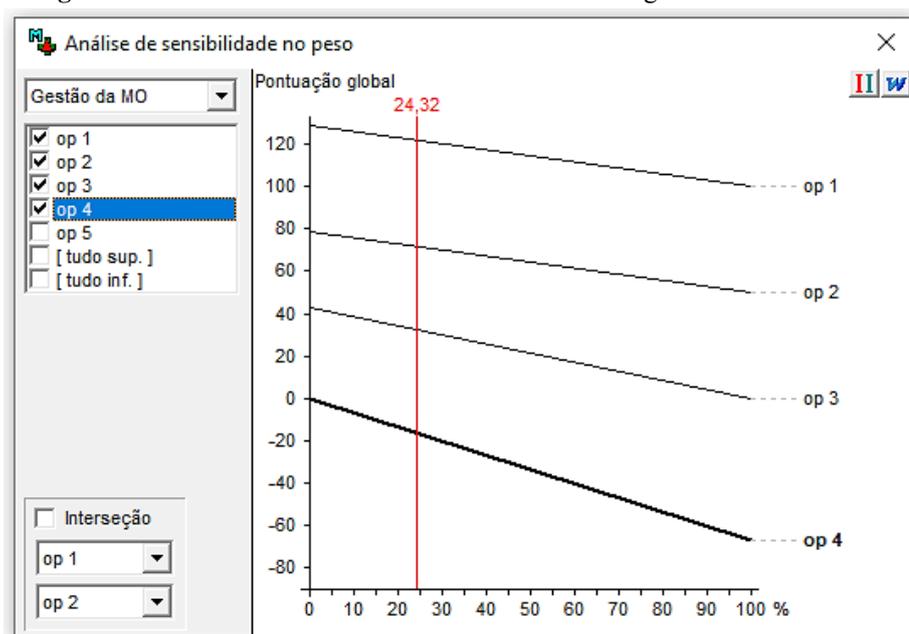


Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Qualificação:** MO VS\$/CD+TR+EXP+HT (MO recrutada p/valor acima do sindicato e de banco de dados atualizado; treinada, experiente e instruída p/ a função); MO VS\$/TR+EXP (MO recrutada p/valor acima do sindicato; treinada, experiente e c/baixa instrução p/a função); MO VS\$/EXP (MO recrutada p/valor acima do sindicato; experiente e c/baixa instrução p/a função); MO VS+P.EXP (MO recrutada p/valor do sindicato; c/pouca experiência e baixa instrução p/a função); MO VS (MO recrutada p/valor do sindicato).
- **Comprometimento:** CP+PCS+CTD+PM (MO contratada s/prazo definido; c/plano de cargos/salários, colaborando nas tomadas de decisão e c/premiações p/metras); CP+CTD+PM (MO contratada s/prazo definido; colaborando nas decisões de obra e c/premiações por metas); CT+CTD+PM (MO contratada p/projeto/etapa de obra, colaborando nas decisões de obra e c/premiações por metas); CT+PM (MO contratada p/projeto/etapa de obra e c/premiações por metas); CT (MO contratada p/projeto/etapa de obra).
- **Produtividade:** VC+MOT+TRE+FER+LOG (Medição do desempenho da MO considerando a vocação/motivação, c/treinamento/ferramentas/logística); TER+FER+LOG (Medição do desempenho da MO c/ferramentas/treinamento/logística verificados); TER+FER (Medição do desempenho da MO c/ferramentas/treinamento verificados), FER (Medição do desempenho da MO c/ferramentas verificadas) S/APOIO (Medição do desempenho da MO s/condições mínimas de trabalho).

## - V Etapa: Análise de Sensibilidade

**Figura 91** - Análise de Sensibilidade do fator de atraso “gestão da mão de obra”



Fonte: Elaborado pelo autor.

## APÊNDICE B - Fator de atraso: Gestão de projetos

### - I Etapa: Construção dos Descritores

**Figura 92** - Descritor “desenvolvimento de projetos”

EXCELENTE	Projetos desenvolvidos plenamente, <b>entregues antes do início da obra, c/parceria c/projetistas;</b> compatibilizados e c/Habite-se.
BOM	<b>Projetos desenvolvidos plenamente, entregues no início da obra, s/parceria c/projetistas;</b> compatibilizados e c/Habite-se.
NEUTRO	Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da obra, s/parceria c/projetistas; <b>compatibilizados</b> e c/Habite-se.
SOBREVIVÊNCIA	Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da obra, não compatibilizados, s/parceria c/projetistas <b>e c/Habite-se.</b>
MIN. ACEITÁVEL	Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da obra, não compatibilizados, s/parceria c/projetistas e Habite-se.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 93 -** Descritor “alteração de projetos”

EXCELENTE	Obra iniciada c/os projetos desenvolvidos e <b>s/alterações.</b>
BOM	Obra iniciada c/os projetos desenvolvidos e <b>c/alterações somente de caráter técnico</b> e aumento mínimo de prazos/custos.
NEUTRO	Obra iniciada c/os projetos desenvolvidos, c/alterações de caráter não técnico e <b>sem aumento de prazos, só de custos.</b>
SOBREVIVÊNCIA	<b>Obra iniciada c/os projetos desenvolvidos, c/alterações de caráter não técnico e aumento de prazos e custos</b>
MIN. ACEITÁVEL	Obra iniciada s/os projetos desenvolvidos, c/ alterações de caráter não técnico e aumento de prazos e custos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 94 -** Descritor “gestão financeira da obra”

EXCELENTE	Obra <b>c/planejamento financeiro adequado, s/atraso das atividades,</b> e s/falta de suprimentos e paralisação dos serviços.
BOM	Obra <b>c/planejamento financeiro parcialmente adequado e s/atraso do CC,</b> s/falta de suprimentos e paralisação de serviços.
NEUTRO	Obra c/planejamento financeiro inadequado e atraso das atividades. Porém, <b>s/falta de suprimentos e paralisação dos serviços.</b>
SOBREVIVÊNCIA	Obra c/planejamento financeiro inadequado, atraso das atividades, c/falta de suprimentos. <b>Porém, s/paralisação dos serviços.</b>
MIN. ACEITÁVEL	Obra c/planejamento financeiro inadequado, atraso das atividades, c/falta de suprimentos e paralisação parcial dos serviços.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 95 -** Descritor “financiamento do projeto”

EXCELENTE	Obra executada c/recursos próprios e financiamento no prazo, <b>c/padronização do processo p/liberação dos recursos</b> e s/atraso de informações p/cronograma físico-financeiro e orçamento.
BOM	Obra executada c/recursos próprios, <b>financiamento no prazo e estreitamento do relacionamento com o banco.</b> S/atraso de informações p/cronograma físico-financeiro e orçamento.
NEUTRO	Obra executada c/recursos próprios, <b>c/financiamento (fora do prazo),</b> s/atraso de informações p/cronograma físico-financeiro e orçamento.
SOBREVIVÊNCIA	Obra executada c/recursos próprios, s/financiamento e <b>s/atraso de informações p/cronograma físico-financeiro e orçamento.</b>
MIN. ACEITÁVEL	Obra executada c/recursos próprios, s/financiamento e c/atraso de informações p/cronograma físico-financeiro e orçamento.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

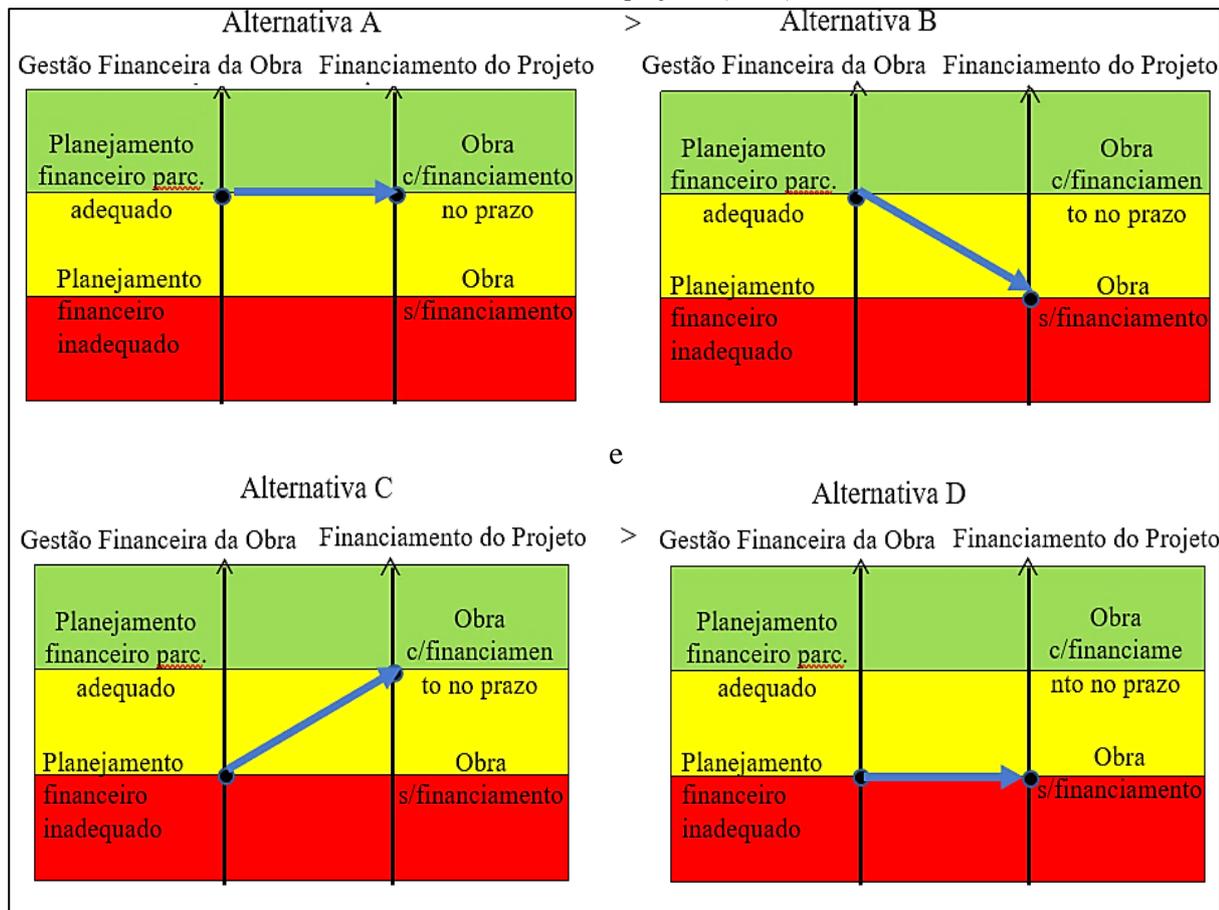
**- II Etapa: Análises de Independência**

**A) Teste de Independência Preferencial Ordinal (IPO)**

**Descritores:** Gestão Financeira da Obra e Financiamento do Projeto

**- IPO I:**

**Figura 96 -** Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “gestão financeira da obra e financiamento do projeto” (IPO I).

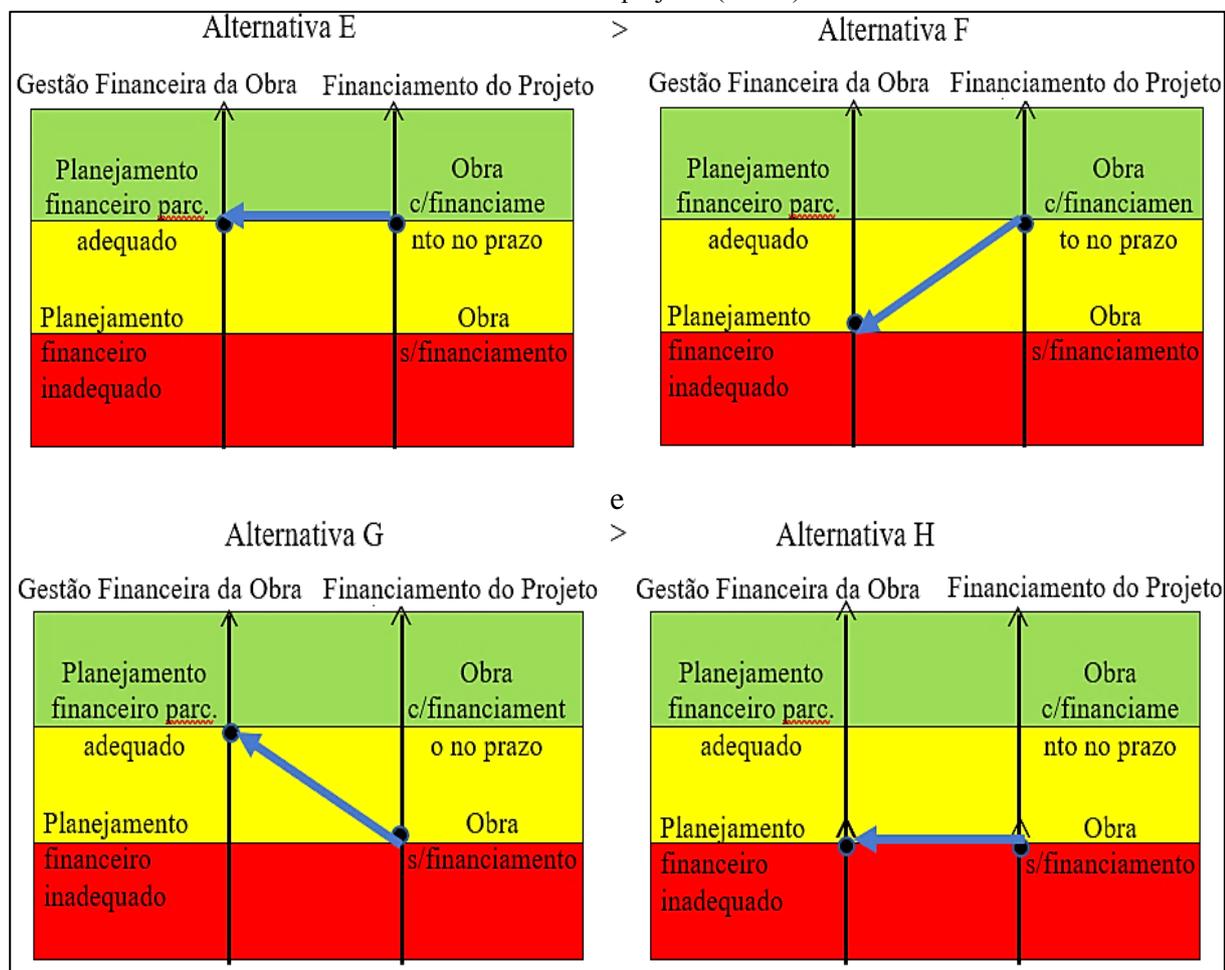


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## Descritores: Gestão Financeira da Obra e Financiamento do Projeto

### - IPO II:

**Figura 97** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “gestão financeira da obra e financiamento do projeto” (IPO II).



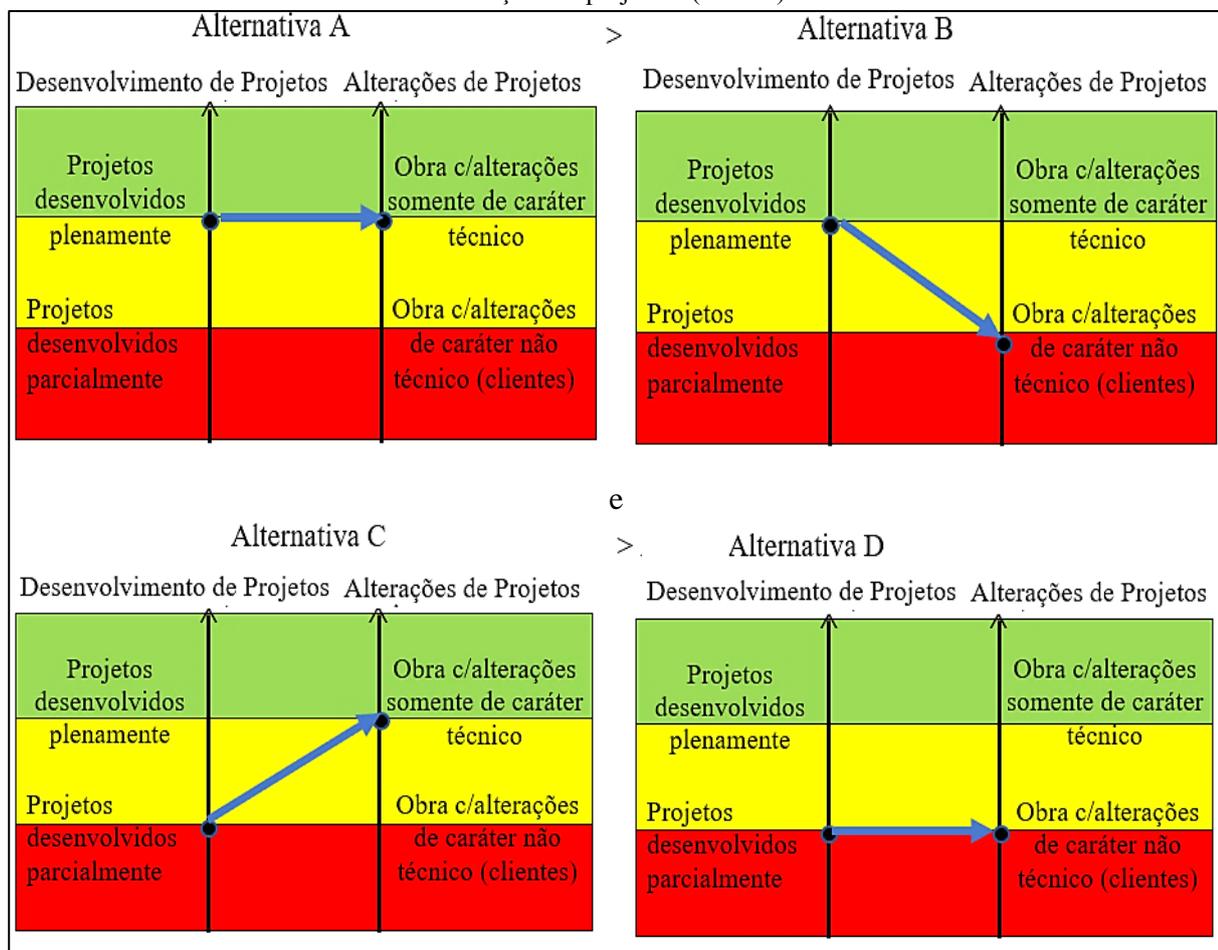
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO I e IPO II, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atraso nos pagamentos ao longo da obra (dificuldades financeiras dos clientes) e atrasos por dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto.

**Descritores:** Desenvolvimento de Projetos e Alterações de Projetos

**- IPO III:**

**Figura 98** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos e alterações de projetos” (IPO III).

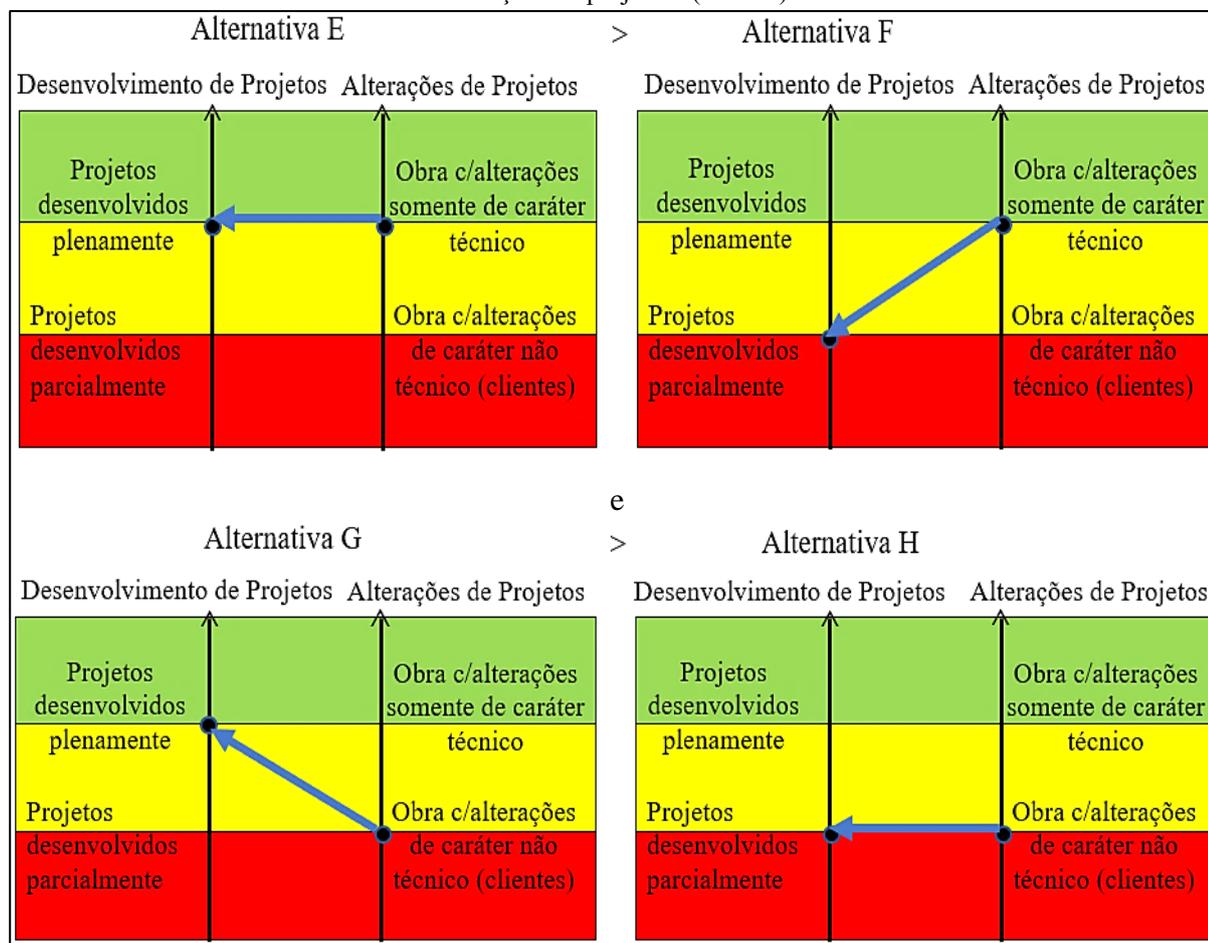


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## Descritores: Desenvolvimento de Projetos e Alterações de Projetos

### - IPO IV:

**Figura 99** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos e alterações de projetos” (IPO IV).



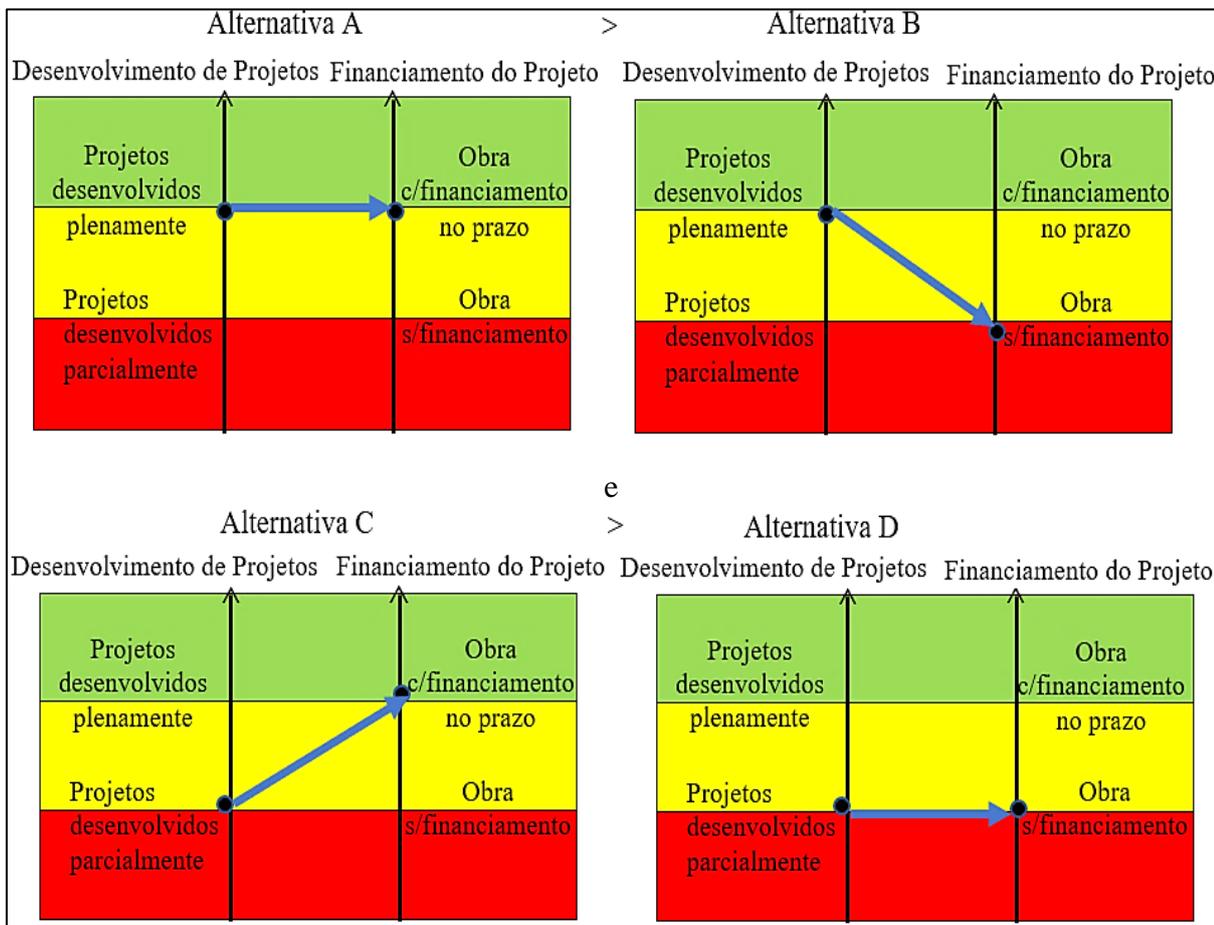
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO III e IPO IV, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atrasos por recebimentos de projetos incompletos e atrasos por aumentos de serviços (alterações de projetos).

**Descritores:** Desenvolvimento de Projetos e Gestão Financeira da Obra

**- IPO V:**

**Figura 100** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos e gestão financeira da obra” (IPO V).

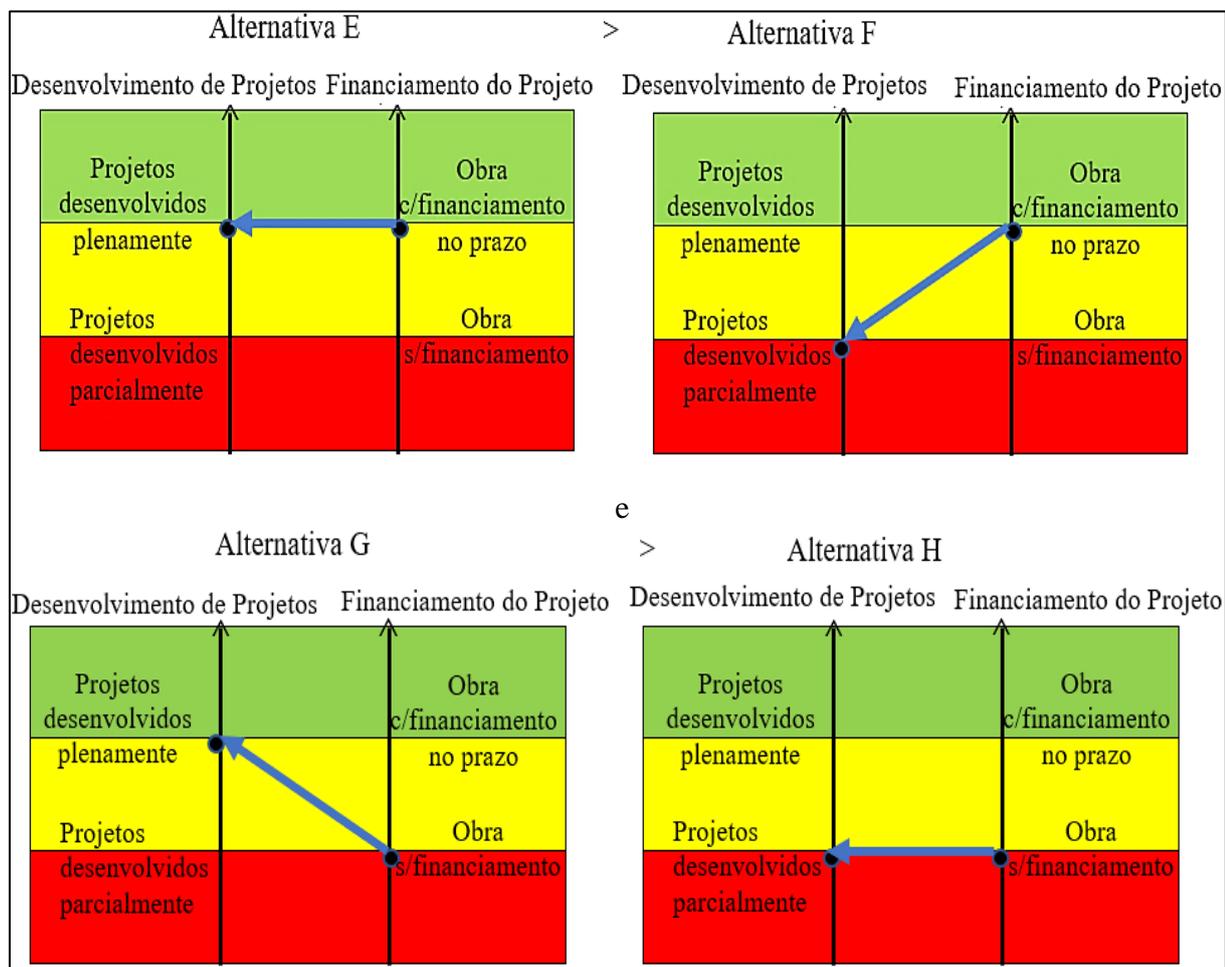


Fonte: Elaborado pelo autor.

## Descritores: Desenvolvimento de Projetos e Gestão Financeira da Obra

### - IPO VI:

**Figura 101** - Teste de independência preferencial ordinal dos descritores “desenvolvimento de projetos e gestão financeira da obra” (IPO VI).



Fonte: Elaborado pelo autor.

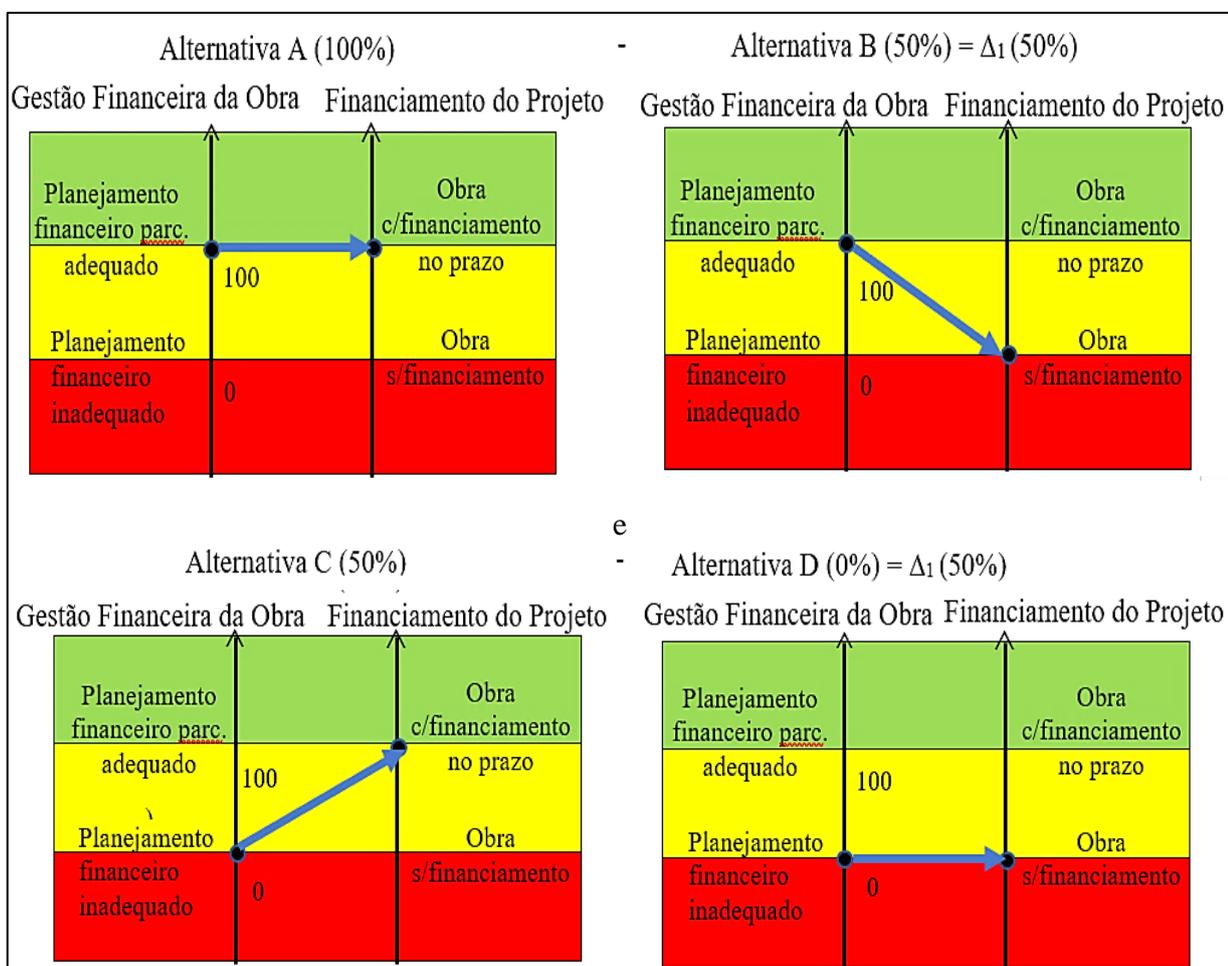
Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPO V e IPO VI, pode-se afirmar que há independência preferencial ordinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atrasos por recebimentos de projetos incompletos e atrasos por dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto.

## B) Teste de Independência Preferencial Cardinal (IPC)

### - IPC I:

**Descritores:** Gestão Financeira da Obra e Financiamento do Projeto

**Figura 102** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra e financiamento do projeto” (IPC I).

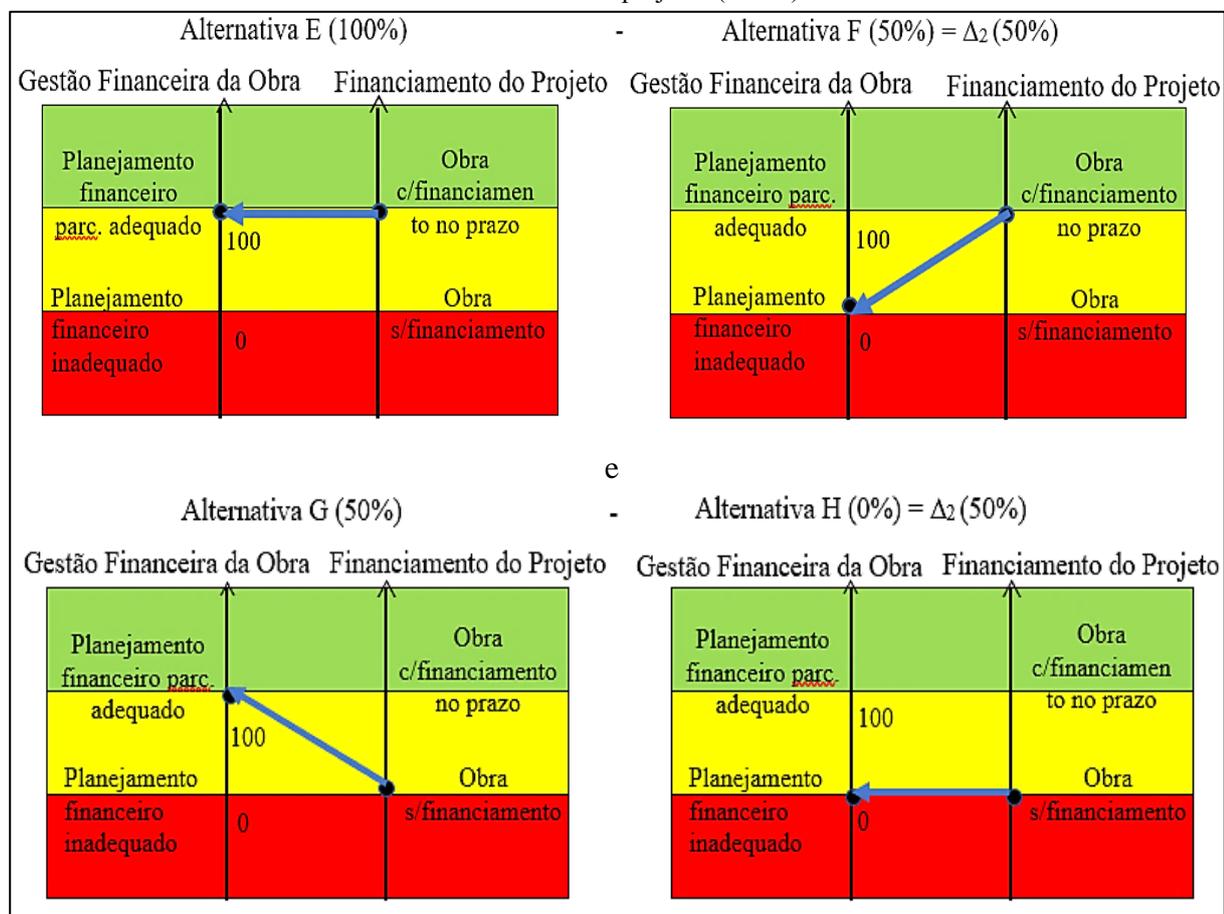


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## - IPC II:

**Descritores:** Gestão Financeira da Obra e Financiamento do Projeto

**Figura 103** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra e financiamento do projeto” (IPC II).



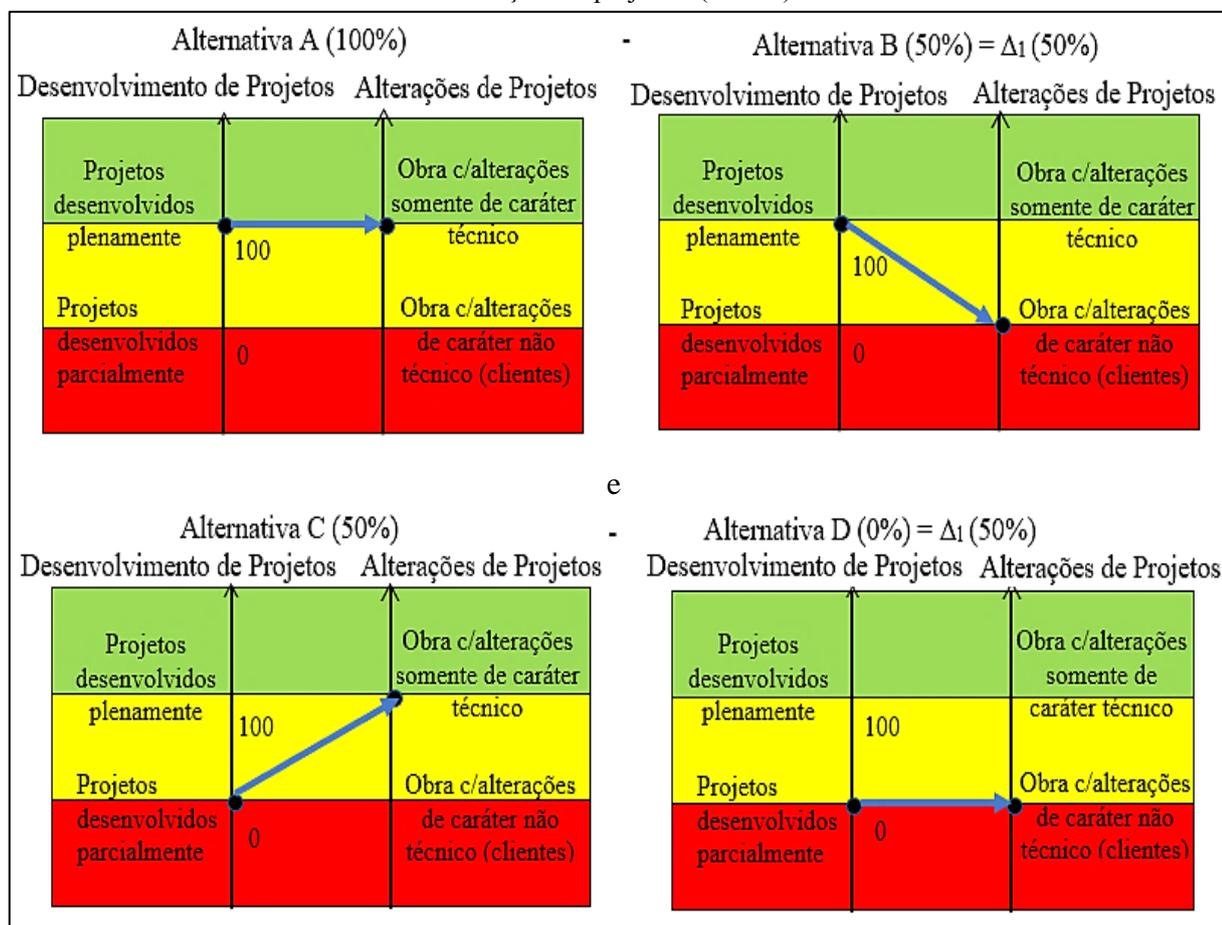
Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPC I e IPC II, pode-se afirmar que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVE): atrasos nos pagamentos ao longo da obra (dificuldades financeiras dos clientes) e atrasos por dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto.

**- IPC III:**

**Descritores:** Desenvolvimento de Projetos e Alterações de Projetos

**Figura 104 -** Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “desenvolvimento de projetos e Alterações de projetos” (IPC III).

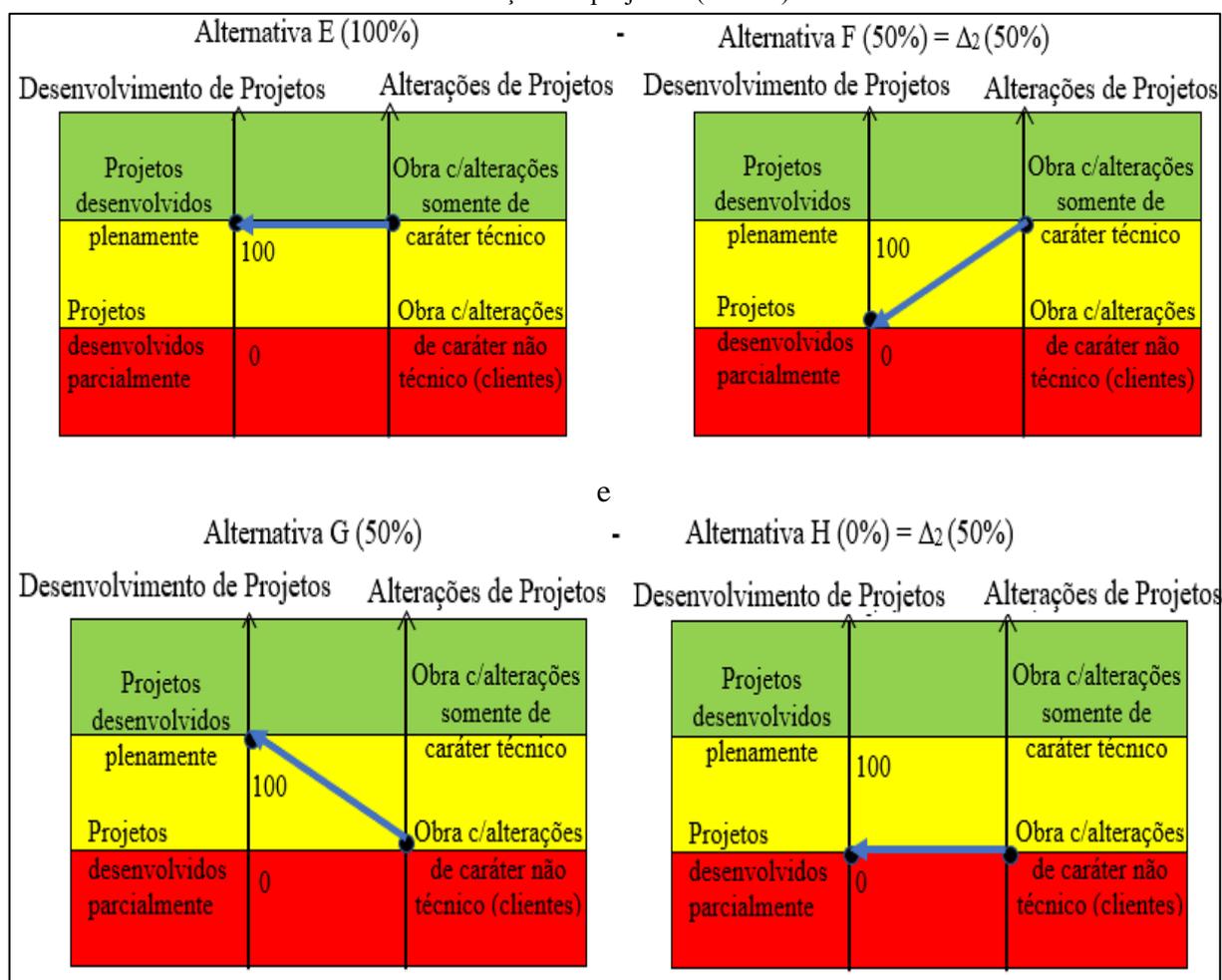


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

## - IPC IV:

### Descritores: Desenvolvimento de Projetos e Alterações de Projetos

**Figura 105** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “desenvolvimento de projetos e Alterações de projetos” (IPC IV).



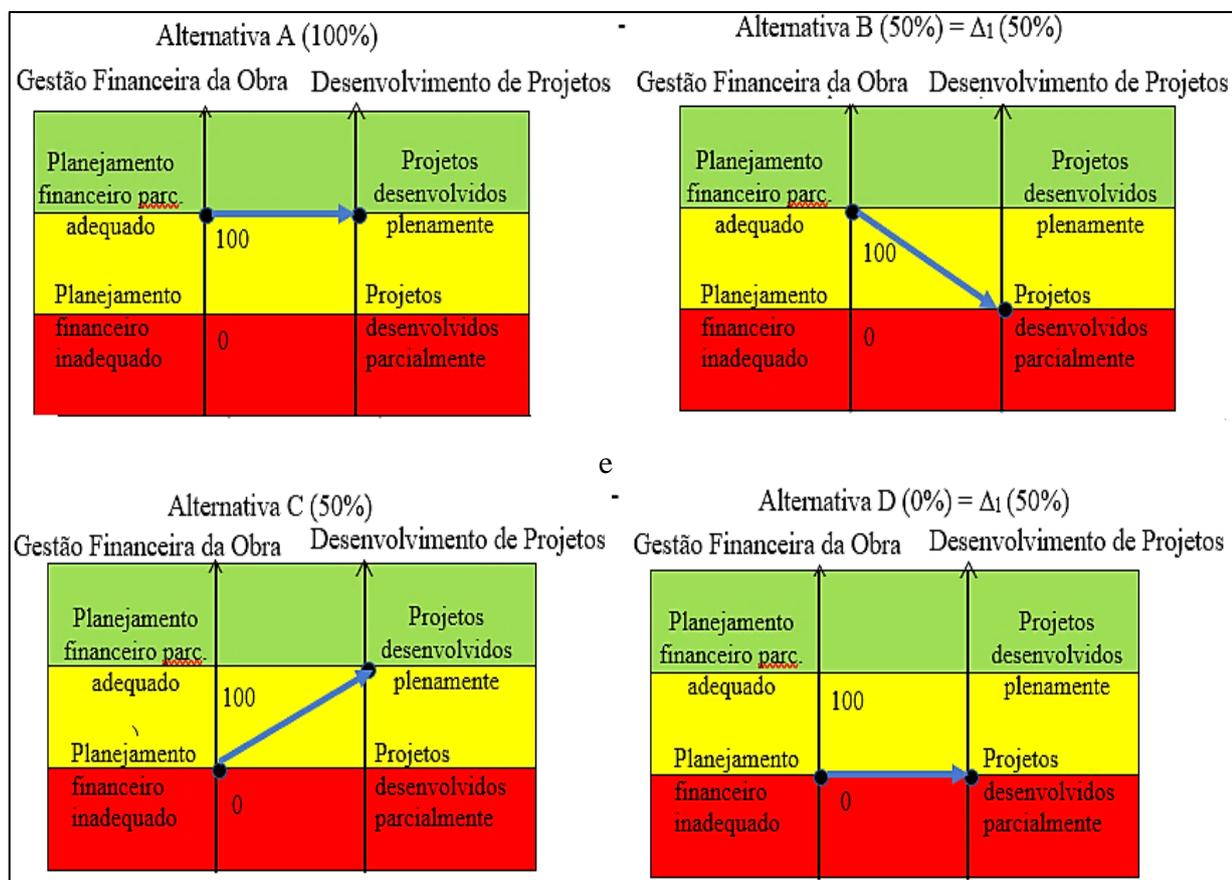
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPC III e IPC IV, pode-se afirmar que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atrasos por recebimentos de projetos incompletos e atrasos por aumentos de serviços (alterações de projetos).

**- IPC V:**

**Descritores:** Gestão Financeira da Obra e Desenvolvimento de Projetos.

**Figura 106 -** Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra e desenvolvimento de projetos” (IPC V).

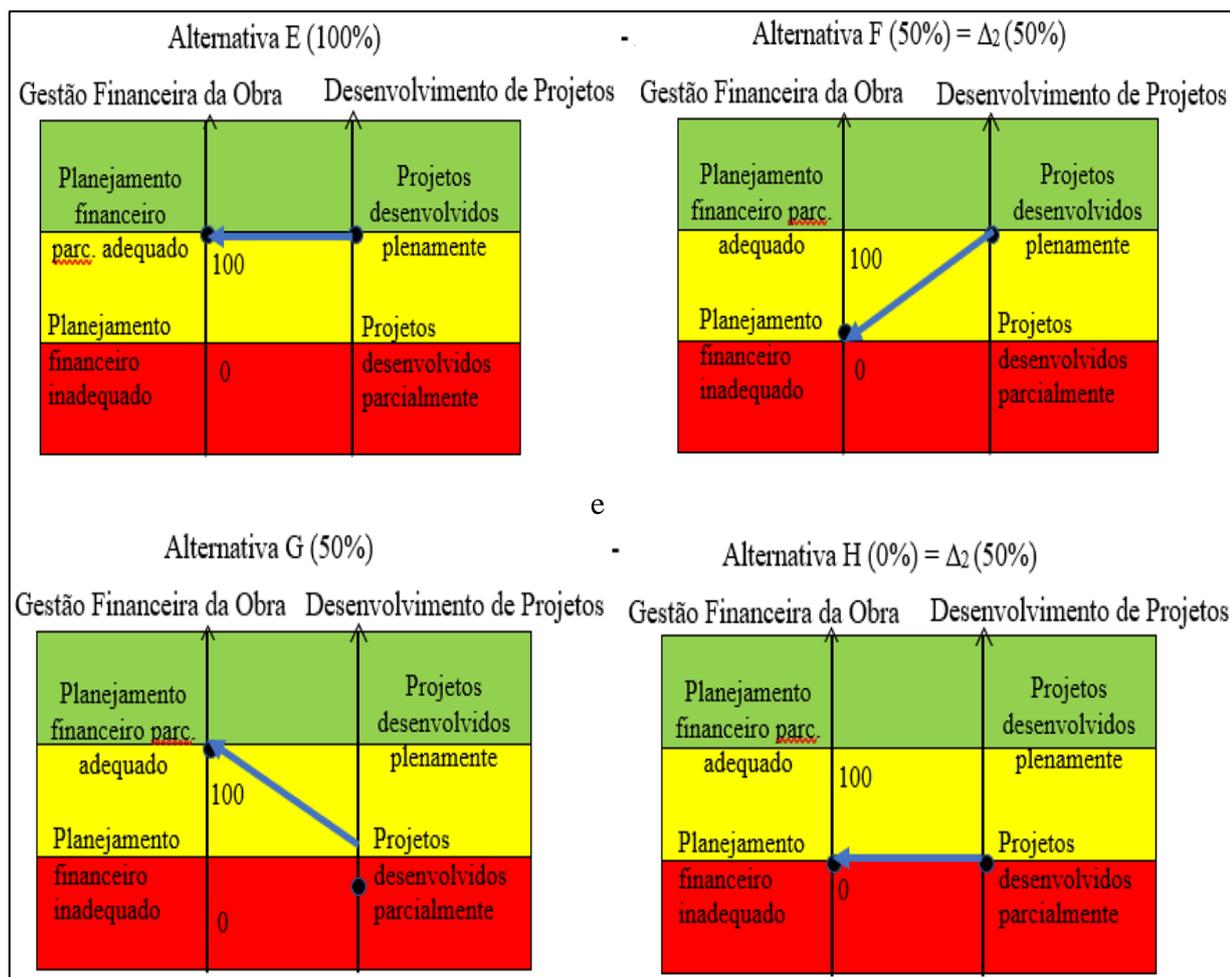


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**- IPC VI:**

**Descritores:** Gestão Financeira da Obra e Desenvolvimento de Projetos

**Figura 107** - Teste de independência preferencial cardinal dos descritores “gestão financeira da obra e desenvolvimento de projetos” (IPC VI).

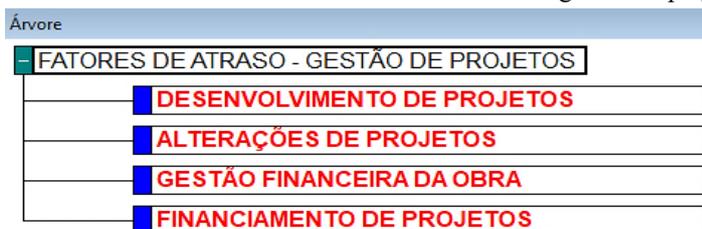


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Considerando-se como válidas as assertivas de independência entre IPC V e IPC VI, pode-se afirmar que há independência preferencial cardinal entre os pontos de vistas elementares (PVEs): atrasos nos pagamentos ao longo da obra (dificuldades financeiras dos clientes) e atrasos por recebimentos de projetos incompletos.

### - III Etapa: Construção das Funções de Valor

Figura 108 - Árvore dos descritores do fator de atraso “gestão do projeto”.



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

### A – Descritor: Desenvolvimento de Projetos

Figura 109 - Propriedades do descritor “desenvolvimento de projetos”

Propriedades de DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Nome: DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Nome abreviado: DESENVOLVIMEN

Comentários: Atraso por recebimento de projetos incompletos

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Projetos desenvolvidos plenamente, entregues antes do início	PPL+EAO+PP+PC+HAB
2		Projetos desenvolvidos plenamente, entregues no início da obr	PPL+EIO+PC+HAB
3		Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da ol	PPA+EDO+PC+HAB
4		Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da ol	PPA+EDO+HAB
5		Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da ol	PPA+EDO

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Projetos desenvolvidos plenamente, entregues antes do início da obra, com parceria com projetistas; compatibilizados e com registro (Habite-se).
- 2- Projetos desenvolvidos plenamente, entregues no início da obra, sem parceria com projetistas; compatibilizados e com registro (Habite-se).
- 3- Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da obra, sem parceria com projetistas; compatibilizados e com registro (Habite-se).

4- Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da obra, não compatibilizados, sem parceria com projetistas e com registro (Habite-se).

5- Projetos desenvolvidos parcialmente, entregues ao longo da obra, não compatibilizados, sem parceria com projetistas e registro (Habite-se).

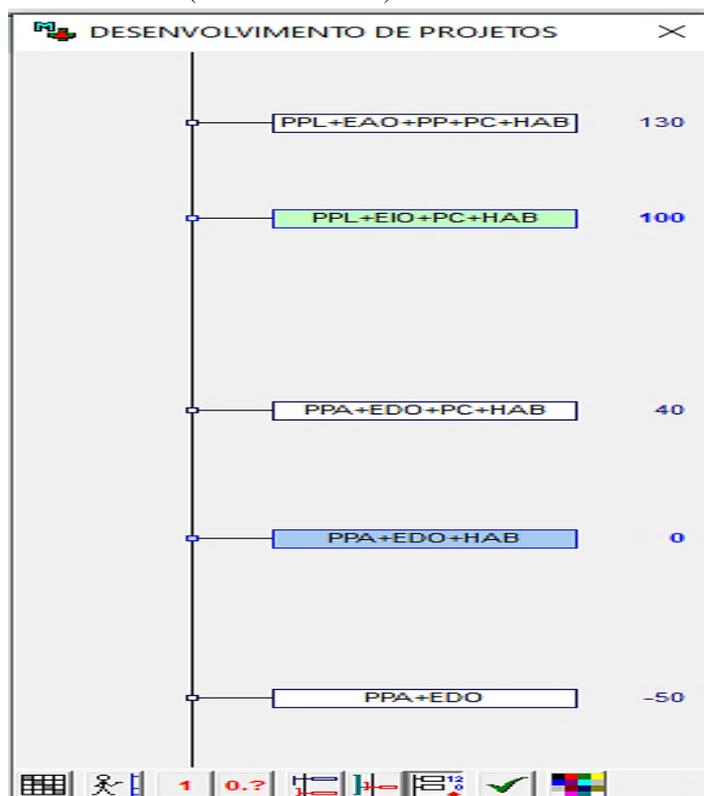
**Figura 110** - Matriz de julgamento do descritor “desenvolvimento de projetos”

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS							X
	PPL+EAO+PP+PC+HAB	PPL+EIO+PC+HAB	PPA+EDO+PC+HAB	PPA+EDO+HAB	PPA+EDO	Escala atual	
PPL+EAO+PP+PC+HAB	nula 0	moderada 30	forte 90	mt. forte 130	extrema 180	130	extrema
PPL+EIO+PC+HAB		nula 0	forte 60	mt. forte 100	extrema 150	100	mt. forte
PPA+EDO+PC+HAB			nula 0	moderada 40	forte 90	40	forte
PPA+EDO+HAB				nula 0	forte 50	0	moderada
PPA+EDO					nula 0	-50	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 111** - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “desenvolvimento de projetos”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## B – Descritor: Alteração de Projetos

Figura 112 - Propriedades do descritor “alteração de projetos”

Propriedades de ALTERAÇÕES DE PROJETOS

Nome: ALTERAÇÕES DE PROJETOS

Nome abreviado: ALTERAÇÕES DE

Comentários: Atrasos por aumento de serviços (alterações de projetos)

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos e sem	PD+S/ALT
2		Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos, com a	PD+ALT/T+MIN P/C
3		Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos, com a	PD+ALT/NT+AM/C
4		Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos, com a	PD+ALT/NT+AM P/C
5		Obra iniciada sem os projetos plenamente desenvolvidos, com a	PPD+ALT/NT+AM P/C

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos e sem alterações.
- 2- Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos, com alterações somente de caráter técnico, com aumento mínimo de prazos e custos.
- 3- Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos, com alterações de caráter não técnico (desejo dos clientes), sem aumento de prazos, somente dos custos.
- 4- Obra iniciada com os projetos plenamente desenvolvidos, com alterações de caráter não técnico (desejo dos clientes), com aumento de prazos e custos.
- 5- Obra iniciada sem os projetos plenamente desenvolvidos, com alterações de caráter não técnico (desejo dos clientes), com aumento de prazos e custos.

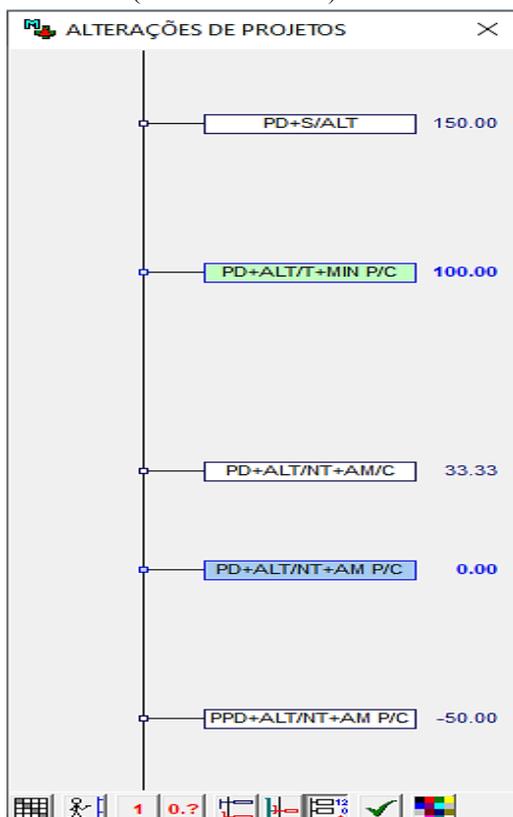
Figura 113 - Matriz de julgamento do descritor “alteração de projetos”

ALTERAÇÕES DE PROJETOS							
	PD+S/ALT	PD+ALT/T+MIN P/C	PD+ALT/NT+AM/C	PD+ALT/NT+AM P/C	PPD+ALT/NT+AM P/C	Escala atual	
PD+S/ALT	nula 0.00	moderada 50.00	forte 116.67	mt. forte 150.00	extrema 200.00	150.00	extrema
PD+ALT/T+MIN P/C		nula 0.00	moderada 66.67	forte 100.00	mt. forte 150.00	100.00	mt. forte
PD+ALT/NT+AM/C			nula 0.00	fraca 33.33	moderada 83.33	33.33	forte
PD+ALT/NT+AM P/C				nula 0.00	moderada 50.00	0.00	moderada
PPD+ALT/NT+AM P/C					nula 0.00	-50.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Figura 114 - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “alteração de projetos”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## C – Descritor: Gestão Financeira da Obra

Figura 115 - Propriedades do descritor “gestão financeira da obra”

Propriedades de GESTÃO FINANCEIRA DA OBRA

Nome: GESTÃO FINANCEIRA DA OBRA

Nome abreviado: GESTÃO FINANCE

Comentários: Atrasos nos pagamentos ao longo da obra (dificuldades financeiras dos clientes)

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Obra com planejamento financeiro adequado, sem atraso da	PF/A+S/AT+S/PS+S/FS
2		Obra com planejamento financeiro parcialmente adequado e	PF/PA+S/AT+S/PS+S/FS
3		Obra com planejamento financeiro inadequado e atraso dos	PF/IN+C/AT+S/PS+S/FS
4		Obra com planejamento financeiro inadequado, atraso dos s	PF/IN+C/AT+S/PS+C/FS
5		Obra com planejamento financeiro inadequado, atraso dos s	PF/IN+C/AT+C/PPS+C/FS

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Obra com planejamento financeiro adequado, sem atraso das atividades, assim como sem falta de suprimentos e paralisação dos serviços.
- 2- Obra com planejamento financeiro parcialmente adequado e sem atraso dos serviços (CC), sem falta de suprimentos e paralisação dos serviços.
- 3- Obra com planejamento financeiro inadequado e atraso dos serviços. Porém, sem falta de suprimentos e sem paralisação dos serviços.
- 4- Obra com planejamento financeiro inadequado, atraso dos serviços, com falta de alguns suprimentos. Porém, sem paralisação dos serviços.
- 5- Obra com planejamento financeiro inadequado, atraso dos serviços, com falta de alguns suprimentos e paralisação parcial dos serviços.

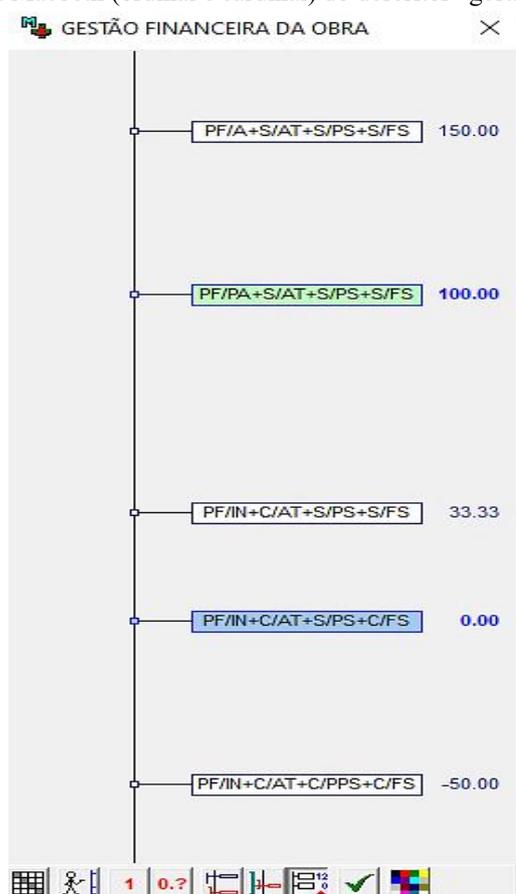
**Figura 116** - Matriz de julgamento do descritor “gestão financeira da obra”

GESTÃO FINANCEIRA DA OBRA							X
	PF/A+S/AT+S/PS+S/FS	PF/PA+S/AT+S/PS+S/FS	PF/IN+C/AT+S/PS+S/FS	PF/IN+C/AT+S/PS+C/FS	PF/IN+C/AT+C/PPS+C/FS	Escala atual	
PF/A+S/AT+S/PS+S/FS	nula 0.00	moderada 50.00	forte 116.67	mt. forte 150.00	extrema 200.00	150.00	extrema
PF/PA+S/AT+S/PS+S/FS		nula 0.00	moderada 66.67	forte 100.00	mt. forte 150.00	100.00	mt. forte
PF/IN+C/AT+S/PS+S/FS			nula 0.00	fraca 33.33	moderada 83.33	33.33	forte
PF/IN+C/AT+S/PS+C/FS				nula 0.00	moderada 50.00	0.00	moderada
PF/IN+C/AT+C/PPS+C/FS					nula 0.00	-50.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 117** - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “gestão financeira da obra”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

## D – Descritores: Financiamento de Projetos

Figura 118 - Propriedades do descritor “financiamento de projetos”

Propriedades de FINANCIAMENTO DE PROJETOS

Nome: FINANCIAMENTO DE PROJETOS

Nome abreviado: FINANCIAMENTO

Comentários: Atrasos por dificuldades de obtenção de financiamento para o projeto

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Obra executada com recursos próprios e com financiamento, no prazo, além de padronização do processo para agilizar a liberação dos recursos, sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.	RP+FP/PP+SA/INF C/O
2		Obra executada com recursos próprios e financiamento, no prazo, sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.	RP+FP+SA/INF C/O
3		Obra executada com recursos próprios e financiamento, fora do prazo, sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.	RP+F/FP+SA/INF C/O
4		Obra executada com recursos próprios, sem financiamento, e sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.	RP+S/F+SA/INF C/O
5		Obra executada com recursos próprios, sem financiamento, e com atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.	RP+S/F+CA/INF C/O

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

- 1- Obra executada com recursos próprios e com financiamento, no prazo, além de padronização do processo para agilizar a liberação dos recursos, sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.
- 2- Obra executada com recursos próprios e financiamento, no prazo, sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.
- 3- Obra executada com recursos próprios e financiamento, fora do prazo, sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.
- 4- Obra executada com recursos próprios, sem financiamento, e sem atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.
- 5- Obra executada com recursos próprios, sem financiamento, e com atraso de informações para o cronograma físico-financeiro e orçamento.

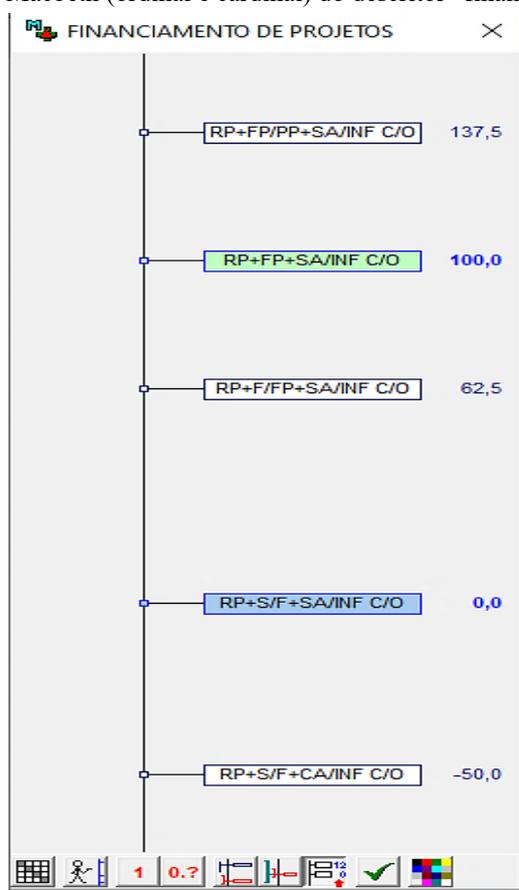
**Figura 119** - Matriz de julgamento do descritor “financiamento de projetos”

FINANCIAMENTO DE PROJETOS							X
	RP+FP/PP+SA/INF C/O	RP+FP+SA/INF C/O	RP+F/FP+SA/INF C/O	RP+S/F+SA/INF C/O	RP+S/F+CA/INF C/O	Escala atual	
RP+FP/PP+SA/INF C/O	nula 0,0	moderada 37,5	forte 75,0	mt. forte 137,5	extrema 187,5	137,5	extrema
RP+FP+SA/INF C/O		nula 0,0	moderada 37,5	forte 100,0	mt. forte 150,0	100,0	mt. forte
RP+F/FP+SA/INF C/O			nula 0,0	forte 62,5	mt. forte 112,5	62,5	forte
RP+S/F+SA/INF C/O				nula 0,0	moderada 50,0	0,0	moderada
RP+S/F+CA/INF C/O					nula 0,0	-50,0	mt. fraca
							fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 120** - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) do descritor “financiamento de projetos”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

#### - IV Etapa: Elaboração das Taxas de Compensação

**Figura 121** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A1)

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	ALTERAÇÃO DE PROJETOS	GESTÃO FINANCEIRA DE OBRA	FINANCIAMENTO DE PROJETOS
PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMNETO FINANCEIRO PARCIALMENTE ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO
PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CUENTES)	PLANEJAMNETO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 122** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A2)

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	ALTERAÇÃO DE PROJETOS	GESTÃO FINANCEIRA DE OBRA	FINANCIAMENTO DE PROJETOS
PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMNETO FINANCEIRO PARCIALMENTE ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO
PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CLIENTES)	PLANEJAMNETO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 123** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A3).

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	ALTERAÇÃO DE PROJETOS	GESTÃO FINANCEIRA DE OBRA	FINANCIAMENTO DE PROJETOS
PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMNETO FINANCEIRO PARCIALMENTE ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO
PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CUENTES)	PLANEJAMNETO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 124** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A4).

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	ALTERAÇÃO DE PROJETOS	GESTÃO FINANCEIRA DE OBRA	FINANCIAMENTO DE PROJETOS
PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMNETO FINANCEIRO PARCIALMENTE ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO
PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CLIENTES)	PLANEJAMNETO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 125** - Comparação entre os descritores do fator de atraso “gestão de projetos” (Alternativa A0).

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	ALTERAÇÃO DE PROJETOS	GESTÃO FINANCEIRA DE OBRA	FINANCIAMENTO DE PROJETOS
PROJETOS DESENVOLVIDOS PLENAMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER TÉCNICO	PLANEJAMNETO FINANCEIRO PARCIALMENTE ADEQUADO	OBRA COM FINANCIAMENTO NO PRAZO
PROJETOS DESENVOLVIDOS PARCIALMENTE	OBRA C/ ALTERAÇÕES SOMENTE DE CARATER NÃO TÉCNICO (CLIENTES)	PLANEJAMNETO FINANCEIRO INADEQUADO	OBRA SEM FINANCIAMENTO

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 126** - Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”

	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	4	1ª
A2	0	X	1	1	1	3	2ª
A3	0	0	X	1	1	2	3ª
A4	0	0	0	X	1	1	4ª
A0	0	0	0	0	X	0	5ª

Fonte: Elaborado pelo autor.

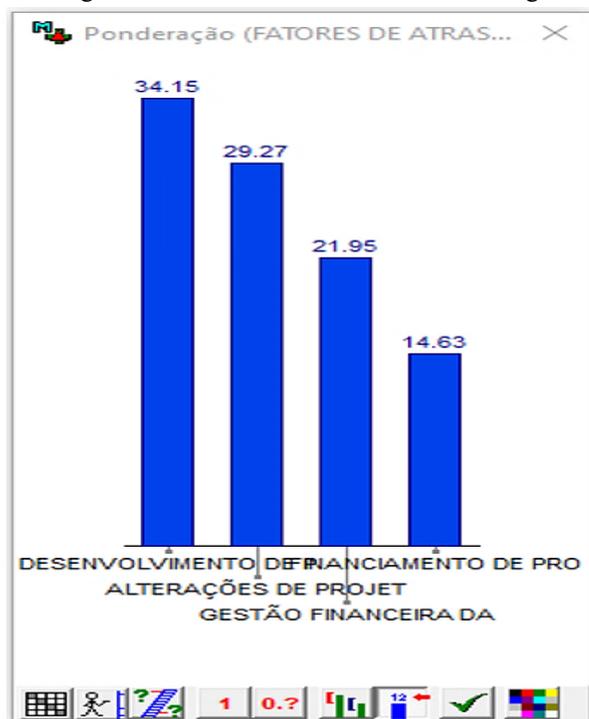
Figura 127 - Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”.

Ponderação (FATORES DE ATRASO - GESTÃO DE PROJETOS)						Escala atual	
[DESENVOLVIMENTO DE P]	[ALTERAÇÕES DE PROJET]	[GESTÃO FINANCEIRA DA]	[FINANCIAMENTO DE PRO]	[ tudo inf. ]			
[DESENVOLVIMENTO DE P]	nula	fraca	moderada	forte	mt. forte	34.15	extrema
[ALTERAÇÕES DE PROJET]		nula	moderada	forte	mt. forte	29.27	mt. forte
[GESTÃO FINANCEIRA DA]			nula	moderada	forte	21.95	forte
[FINANCIAMENTO DE PRO]				nula	forte	14.63	moderada
[ tudo inf. ]					nula	0.00	fraca
							mt. fraca
							nula

Julgamentos consistentes

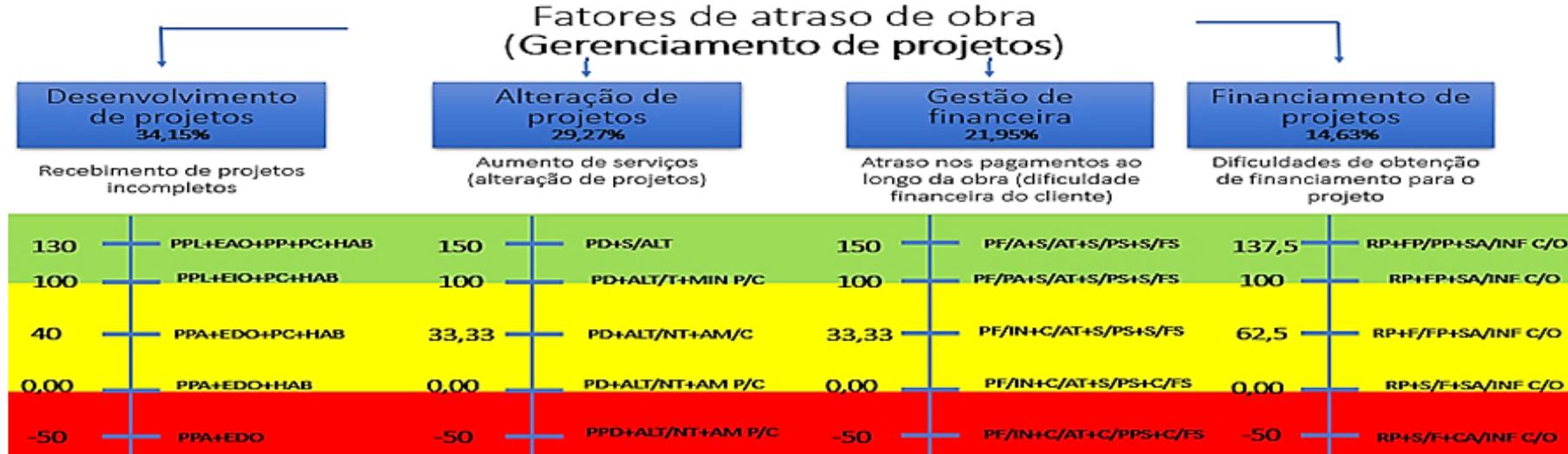
Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Figura 128 - Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

Figura 129 - Taxas de Compensação dos descritores do fator de atraso “gestão de projetos”



Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Desenvolvimento de projetos:** PPL+EAO+PP+PC+HAB (projetos desenvolvidos plenamente, entregues antes do início da obra, c/parceria c/projetistas; compatibilizados e com “Habite-se”); PPL+EIO+PC+HAB (projetos desenvolvidos plenamente, entregues no início da obra, compatibilizados e c/“Habite-se”); PPA+EDO+PC+HAB (projetos desenvolvidos parcialmente, entregues durante a obra, compatibilizados e c/“Habite-se”); PPA+EDO+HAB (projetos desenvolvidos parcialmente, entregues durante a obra e c/“Habite-se”); PPA+EDO (projetos desenvolvidos parcialmente e entregues durante a obra).

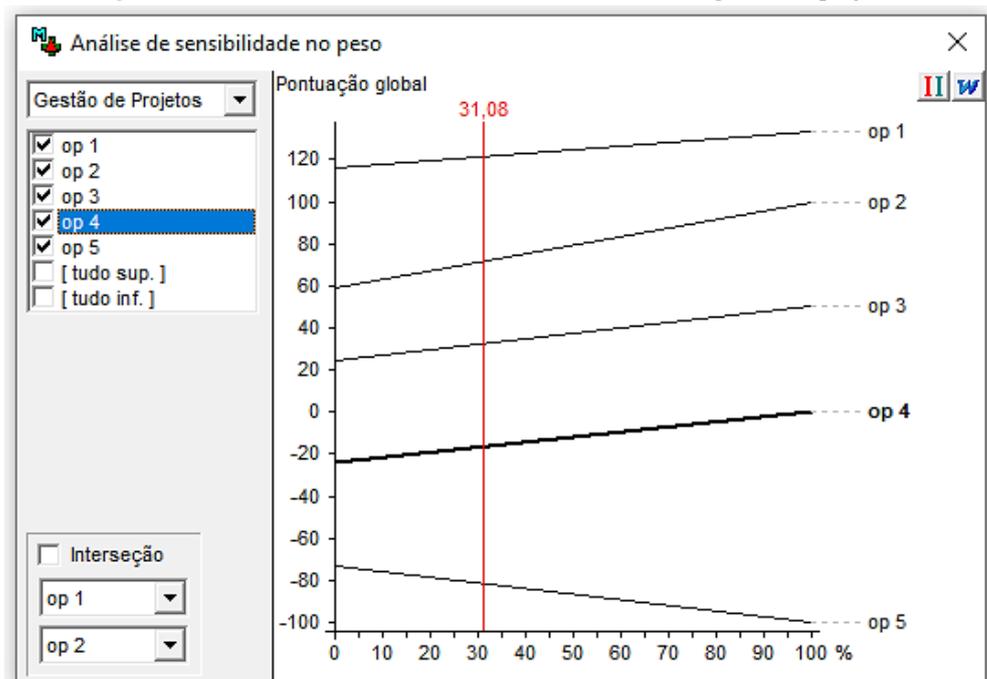
- **Alteração de Projetos:** PD+S/ALT (obra iniciada c/projetos plenamente desenvolvidos e s/alterações); PD+ALT/T+MIN P/C (obra iniciada c/projetos plenamente desenvolvidos, c/alterações de caráter técnico e aumento mínimo de prazos/custos); PD+ALT/NT+AUM/C (obra iniciada c/projetos plenamente desenvolvidos, c/alterações de caráter não técnico (clientes) e aumento dos custos); PD+ALT/NT+AUM P/C (obra iniciada c/projetos plenamente desenvolvidos, c/alterações de caráter não técnico e aumento de prazos/custos); PPD+ALT/NT+AUM P/C (obra iniciada c/projetos parcialmente desenvolvidos, c/alterações de caráter não técnico e aumento de prazos/custos).

- **Gestão financeira da obra:** PF/A+S/AT+S/PS+S/FS (obra c/planejamento financeiro adequado e s/atraso das atividades, falta de suprimentos e/ou paralisação dos serviço); PF/PA+S/AT+S/PS+S/FS (obra c/planejamento financeiro parcialmente adequado e s/atraso dos serviços (CC), falta de suprimentos e/ou paralisação dos serviços.); PF/IN+C/AT+S/PS+S/FS (obra c/planejamento financeiro inadequado e atraso dos serviços. Porém, s/falta de suprimentos e/ou paralisação dos serviços), PF/IN+C/AT+S/PS+C/FS (obra c/planejamento financeiro inadequado, atraso dos serviços e falta de alguns suprimentos. Porém, s/paralisação dos serviços), PF/IN+C/AT+S/PPS+C/FS (Obra c/planejamento financeiro inadequado, atraso dos serviços, falta de alguns suprimentos e paralisação parcial dos serviços).

- **Financiamento de projetos:** RP+FP/PP+SA/INF C/O (obra c/recursos próprios, financiamento no prazo, padronização do processo p/agilizar a liberação dos recursos, s/atraso de informações p/o cronograma físico-financeiro/orçamento.); RP+FP+SA/INF C/O (obra c/recursos próprios, financiamento no prazo e s/atraso de informações p/o cronograma físico-financeiro/orçamento.), RP+F/FP+SA/INF C/O (Obra c/recursos próprios e financiamento, fora do prazo, s/atraso de informações p/o cronograma físico-financeiro/orçamento), RP+S/F+SA/INF C/O (obra c/recursos próprios, s/financiamento, e sem atraso de informações p/o cronograma físico-financeiro/orçamento), RP+S/F+CA/INF C/O (obra c/recursos próprios, s/financiamento e c/atraso de informações p/o cronograma físico-financeiro/orçamento).

## - V Etapa: Análise de Sensibilidade

Figura 130 - Análise de Sensibilidade do fator de atraso “gestão de projetos”



Fonte: Elaborado pelo autor.

## APÊNDICE C - Fator de atraso: Gestão das condições do tempo

### - I Etapa: Construção dos Descritores

Figura 131 - Descritor “gestão das condições do tempo”

EXCELENTE	Obra executada considerando-se as condições do tempo, sem paralisação e atraso dos serviços (CC), problemas logísticos e c/EPI adequado.
BOM	Obra executada em condições do tempo adversas, s/paralisação e atraso dos serviços (CC), problemas logísticos e c/EPI adequado.
NEUTRO	Obra executada em condições do tempo adversas, c/paralisação e atraso dos serviços. S/problemas logísticos e c/EPI adequado.
SOBREVIVÊNCIA	Obra executada em condições do tempo adversas, c/paralisação e atraso dos serviços, problemas logísticos, mas c/EPI adequado.
MIN. ACEITÁVEL	Obra executada em condições do tempo adversas, c/paralisação e atraso dos serviços, problemas logísticos e s/EPI adequado.

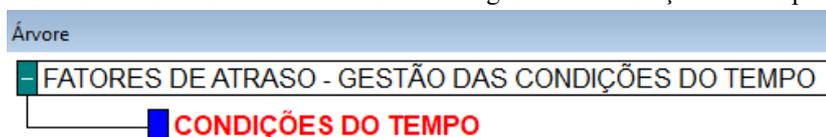
Fonte: Elaborado pelo autor.

### - II Etapa: Análises de Independência

**OBS:** Não há como realizar os testes de Independência Preferencial Ordinal (**IPO**) e Independência Preferencial Cardinal (**IPC**) devido só haver um descritor relacionado ao fator de atraso “gestão das condições do tempo”.

### - III Etapa: Construção das Funções de Valor

**Figura 132** - Árvore do descritor do fator de atraso “gestão das condições do tempo”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

### A – Descritor: Condições do tempo

**Figura 133** - Propriedades do descritor “gestão das condições do tempo”

Propriedades de Gestão das Condições de Tempo

Nome:

Nome abreviado:

Comentários:

Base de comparação:

as opções

as opções + 2 referências

níveis qualitativos de performance:

níveis quantitativos de performance:

critério

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		CONDIÇÕES DO TEMPO	COND. TEMPO
2		TUDO INFERIOR	TUDO INFERIOR

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**1-** Obra executada considerando-se as condições do tempo, sem paralisação e sem atraso dos serviços (CC), problemas logísticos e com o EPI adequado.

**2-** Obra executada em condições do tempo adversas, sem paralisação e sem atraso dos serviços (CC). Sem problemas logísticos e com o EPI adequado.

3- Obra executada em condições do tempo adversas, com paralisação e atraso dos serviços. Sem problemas logísticos e com o EPI adequado.

4- Obra executada em condições do tempo adversas, com paralisação e atraso dos serviços, além de problemas logístico e com o EPI adequado.

5- Obra executada em condições do tempo adversas, com paralisação e atraso dos serviços, além de problemas logísticos e sem o EPI adequado.

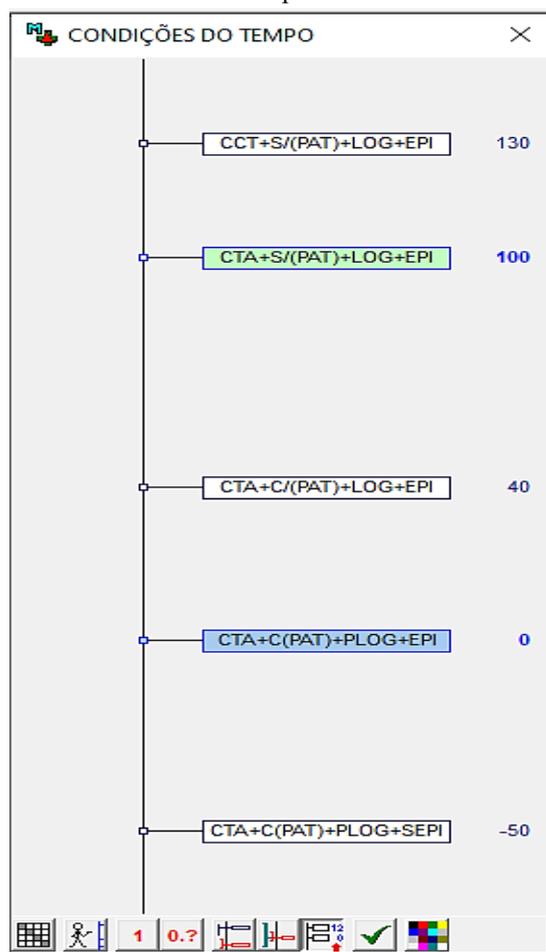
**Figura 134** - Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”

CONDICÕES DO TEMPO							X
	CCT+S/(PAT)+LOG+EPI	CTA+S/(PAT)+LOG+EPI	CTA+C/(PAT)+LOG+EPI	CTA+C(PAT)+PLOG+EPI	CTA+C(PAT)+PLOG+SEPI	Escala actual	
	nula 0	moderada 30	forte 90	mt. forte 130	extrema 180	130	extrema
		nula 0	forte 60	mt. forte 100	extrema 150	100	mt. forte
			nula 0	moderada 40	forte 90	40	forte
				nula 0	forte 50	0	moderada
					nula 0	-50	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 135** - Escala Macbeth (ordinal e cardinal) dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”



**Fonte:** Autor – resultado obtido do software Macbeth.

#### - IV Etapa: Elaboração das Taxas de Compensação

**OBS:** Não há como realizar a análise comparativa neste caso devido só haver um descritor relacionado ao fator de atraso “gestão das condições do tempo”.

**Figura 136** - Matriz de Robert dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”

	A1	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1º
A0	0	X	0	2º

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

**Figura 137** - Matriz de julgamento dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”

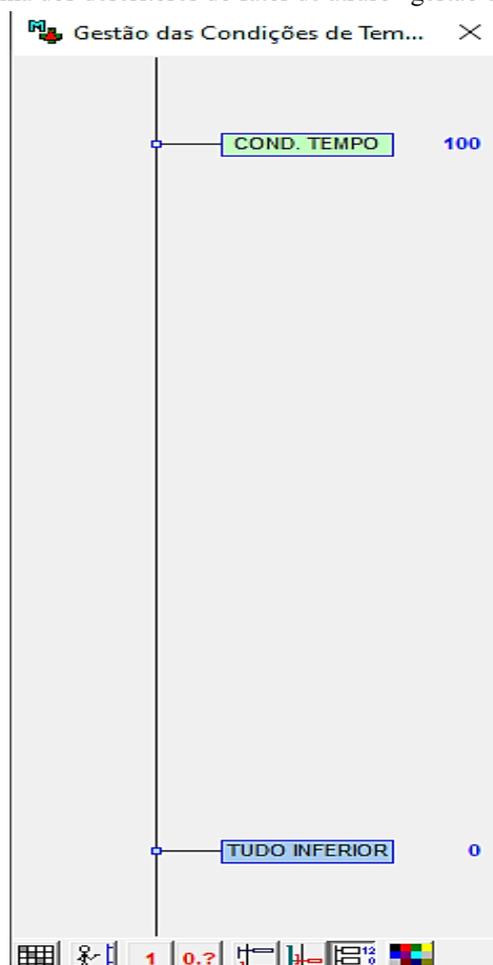
The screenshot shows a window titled "Gestão das Condições de Tempo" with a close button. It contains a comparison matrix between two descriptors: "COND. TEMPO" and "TUDO INFERIOR". The matrix is as follows:

	COND. TEMPO	TUDO INFERIOR	Escala atual
COND. TEMPO	nula 0	forte 100	100
TUDO INFERIOR		nula 0	0

Below the matrix, the text "Julgamentos consistentes" is displayed in green. To the right of the matrix is a vertical scale with seven levels: extrema, mt. forte, forte, moderada, fraca, mt. fraca, and nula. At the bottom of the window is a toolbar with various icons, including a calculator, a refresh button, a lightbulb, a plus sign, a grid, a list, a MAC BETH logo, a DIFF button, a person icon, and a color palette.

Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

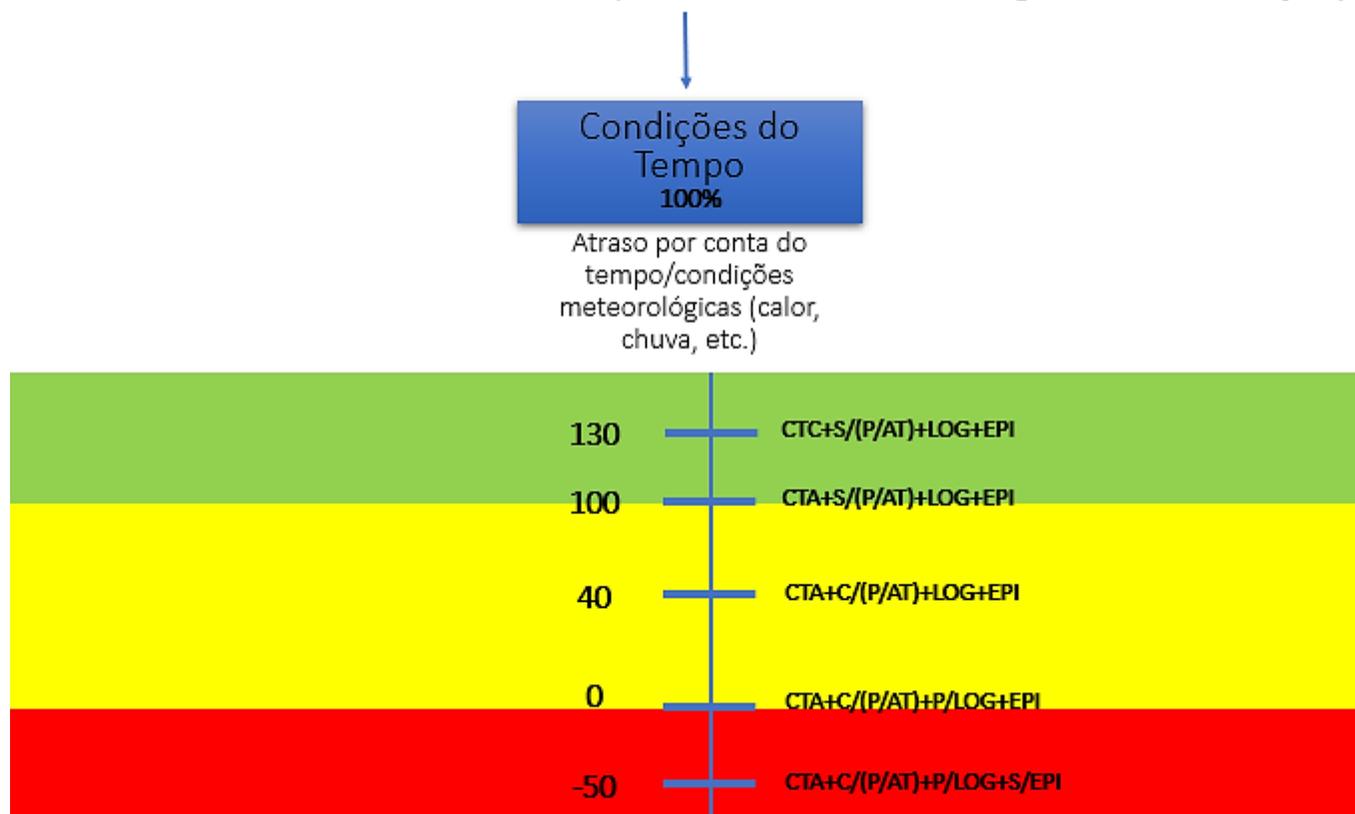
**Figura 138** - Histograma dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”



Fonte: Autor – resultado obtido do software Macbeth.

**Figura 139** - Taxas de Compensação dos descritores do fator de atraso “gestão das condições do tempo”

## Fatores de atraso de obra ( Gestão das condições do tempo)

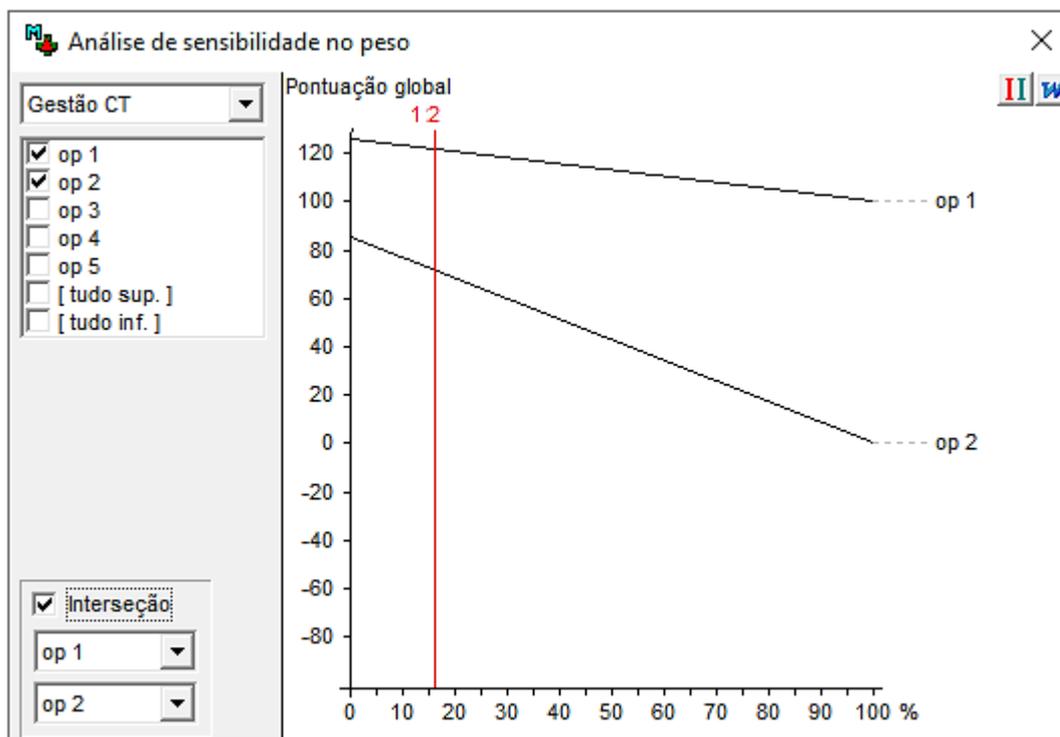


Fonte: Elaborado pelo autor.

- **Condições do tempo:**  $CTC+S/(P/AT)+LOG+EPI$  (obra executada considerando-se as condições do tempo, sem paralisação e sem atraso dos serviços (CC), problemas logísticos e com o EPI adequado);  $CTA+S/(P/AT)+LOG+EPI$  (obra executada em condições do tempo adversas, sem paralisação e sem atraso dos serviços (CC). Sem problemas logísticos e com o EPI adequado);  $CTA+C/(P/AT)+LOG+EPI$  (obra executada em condições do tempo adversas, com paralisação e atraso dos serviços. Sem problemas logísticos e com o EPI adequado);  $CTA+C/(P/AT)+P/LOG+EPI$  (obra executada em condições do tempo adversas, com paralisação e atraso dos serviços, além de problemas logístico e com o EPI adequado.);  $CTA+C/(P/AT)+P/LOG+S/EPI$  (obra executada em condições do tempo adversas, com paralisação e atraso dos serviços, além de problemas logísticos e sem o EPI adequado.).

## - V Etapa: Análise de Sensibilidade

Figura 140 - Análise de Sensibilidade do fator de atraso “gestão das condições do tempo”.



Fonte: Elaborado pelo autor.