



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

LARISSA DE MORAES ROCHA

DETERMINANTES DA PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO
SETOR DE CONSTRUÇÃO BRASILEIRO

FORTALEZA

2024

LARISSA DE MORAES ROCHA

DETERMINANTES DA PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO
SETOR DE CONSTRUÇÃO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
Coorientador: Prof. Dr. Luis Felipe Cândido.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação Universidade Federal do
Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R1d ROCHA, LARISSA DE MORAES.
DETERMINANTES DA PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO SETOR
DE CONSTRUÇÃO BRASILEIRO / LARISSA DE MORAES ROCHA. – 2024.
171 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de
Pós- Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.

Coorientação: Prof. Dr. Luis Felipe Candido .

1. Transformação Digital. 2. Inovação. 3. Gestão da Construção. 4. Tecnologias Digitais. I. Título.
CDD 624.1

LARISSA DE MORAES ROCHA

DETERMINANTES DA PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO
SETOR DE CONSTRUÇÃO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: 27/05/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José de Paula Barros Neto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luis Felipe Candido (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Antonio Nunes de Miranda Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Prof. Dr. Sérgio Henrique de Oliveira Lima
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

À Deus.

À minha mãe Penha, ao meu pai Antonio, e a
minha irmã Clarissa por todo apoio que me
ofereceram até aqui.

Ao meu companheiro Henrique, por sua crença
constante em mim.

AGRADECIMENTOS

Entre as poucas certezas que tive ao longo da vida, especialmente durante os anos dedicados ao mestrado, Deus sempre se destacou como a principal. Expresso minha profunda gratidão, em primeiro lugar a Ele, que tem me capacitado, apesar de mim. Agradeço a Sua constante presença, que me orienta, protege e ampara.

À minha família, agradeço em particular à minha mãe Penha, seu cuidado incansável e suas orações constantes, ao meu Pai Antonio, seus preciosos ensinamentos sobre a vida, e à minha irmã Clarissa, às suas palavras de encorajamento e ao riso fácil, mesmo distante, se faz tão presente. O amor e a dedicação de vocês me permitiram chegar até aqui.

Ao meu companheiro Henrique, sua presença durante os momentos difíceis é reconfortante e significativa. Sou grata pelo seu amor, paciência e perseverança ao longo desses anos. Sua crença em mim, não apenas no âmbito profissional, mas em todas as esferas da vida, tem sido um estímulo inspirador.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José de Paula Barros Neto, por ter aceitado o desafio de me acompanhar nessa jornada. Reconheço com sincero apreço as exigências, os ensinamentos, a compreensão e sobretudo a dedicação direcionada a mim, mesmo em meio a suas múltiplas responsabilidades e compromissos.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Luis Felipe Candido, por seu apoio e orientação constantes. Seu suporte foi mais do que acadêmico. Sua amizade é um verdadeiro incentivo para o meu crescimento pessoal e profissional, inspirando-me sempre a buscar soluções alternativas e continuar a jornada.

À coordenação, aos demais docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil (PEC-UFC) por tornarem possível o desenvolvimento dessa minha etapa acadêmica.

Aos colegas da turma de mestrado, que mesmo durante o período de aulas remotas, sempre estiveram disponíveis e colaborando com a construção do conhecimento. Em especial a Paulo Rogério, pela experiência e conselhos, a Rebeca Nara, pelo apoio e incentivo, e a Gabriela Linhares companheira de jornada desde o início da graduação, sou grata pela amizade, e pela oportunidade de dividirmos nossos medos, esperanças e planos para o futuro.

Aos colegas do Gercon, cujas discussões durante nossas reuniões contribuíram significativamente para meu aprendizado sobre desenvolvimento de pesquisa.

Por fim, agradeço imensamente a todos àqueles que participaram da pesquisa respondendo ao questionário. O desenvolvimento desse estudo só foi possível graças a vocês.

“As estrelas podem ser vistas do fundo de um poço escuro, quando não podem ser discernidas do topo de um monte. Assim também, muitas coisas são aprendidas na adversidade, com as quais o homem próspero nem sonha.” (Charles Haddon Spurgeon).

RESUMO

Esse estudo investigou os determinantes da propensão ao uso de Tecnologias Digitais (TD) na construção civil brasileira. Para tanto, desenvolveu-se um modelo teórico composto por 36 variáveis e dez construtos. Realizou-se uma *survey* com 144 profissionais de 14 estados do Brasil para testar o modelo, que foi refinado através de Análise Fatorial Exploratória e Confirmatória com Modelagem de Equações Estruturais. Como resultados, verificou-se um bom grau de conhecimento sobre TD e um amplo uso de tecnologias com destaque para o BIM, computação em nuvem, Veículos Aéreos Não Tripulados e Realidade Virtual. Essas tecnologias foram apontadas como mais usadas nas etapas de Projeto/Viabilidade, Gerenciamento de Obras e Execução. As análises fatorais, exploratória e confirmatória, levaram à redução do modelo para sete construtos e 25 variáveis, destacando as hipóteses de que a utilidade percebida influencia positivamente a atitude com relação ao seu uso das TD, juntamente com os Aspectos Organizacionais e os Recursos Necessários influenciam positivamente a Intenção de Usar TDs. Os Recursos Necessários também influenciam positivamente a Capacidade Atual que, em conjunto com a Intenção de Uso, influenciam positivamente o Uso Atual de TDs. Por outro lado, também revelou que a facilidade de uso, o ambiente de negócios – investigado sob a forma de incentivo governamental, normatização e segurança de dados, assim como a estabilidade da produção – investigada, por meio dos princípios da construção enxuta de melhorar dos fluxos de trabalho, minimização das atividades que não agregam valor, variabilidade do processo e desperdícios, não foram vistos como determinantes. Pode-se concluir que, embora amplo, o uso é recente e ainda embrionário e que o modelo estrutural permite uma maior compreensão sobre a propensão ao uso de tecnologias digitais no setor de construção brasileiro, sendo essa a principal contribuição do estudo. As diversas variáveis, associadas aos seus construtos e relações, revelam possibilidades de se investir em aspectos determinantes para o aumento do uso de Tecnologias Digitais no setor. Como implicação, pode auxiliar gestores de empresas e pelos formuladores de políticas públicas interessados em promover a digitalização da construção, considerando como elemento precursor dessa digitalização, a aplicação das Tecnologias Digitais. Além disso, forneceu um diagnóstico da situação atual da adoção no setor de construção brasileiro. Limitações e estudos futuros foram discutidos.

Palavras-chave: Transformação Digital; Inovação; Gestão da Construção; Tecnologias Digitais.

ABSTRACT

This study investigates the determinants of the propensity to use of Digital Technologies (DT) in the Brazilian Construction sector. A theoretical model was developed comprising 36 variables grouped into 8 constructs. The model was tested and refined through Exploratory and Confirmatory Factor Analysis using Structural Equation Modeling, based on data collected from a survey with 144 professionals from 14 states of Brazil. It revealed a good level of awareness on the subject and widespread use of technologies, with a focus on BIM, Cloud Computing, Unmanned Aerial Vehicles, and Virtual Reality. These technologies are mainly applied in the stages of design/feasibility, and in the construction stage – for managing and executing work. The results indicated the positive influence of usefulness, professionals' attitude towards using DT, organizational assumptions, necessary resources, actual capacity, and intention to use on the actual use of DT. Additionally, it was revealed that perceived ease of use and the business environment, investigated through government support, standardization, and data security, are not determinants for the use of DT. Similarly, production stability, investigated through lean construction principles of improving workflow, reducing the share of non-value-adding activities, reducing variability, and eliminating waste, is also not a determinant for the use of DT. As a conclusion, despite their widespread use, the adoption of DT is recent and still in its early stages. Additionally, the structural model provides a more in-depth understanding of the propensity for the use of Digital Technology in the Brazilian Construction sector. This represents the main contribution of the study. The different variables, associated with their constructs and the relations among them, reveal possibilities to invest in determinant factors to improve the use of Digital Technologies in the construction sector. As an implication, the results can be used by policymakers and managers interested in promoting construction digitalization, taking the application of digital technologies as a precursor to this process. Finally, the study provides an overview of the use of DT in the Brazilian construction sector. Limitations and suggestions for future research were also discussed.

Keywords: Digital Transformation; Innovation; Construction Management; Digital Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Períodos da Construção ao longo dos anos.....	32
Figura 2 - Grau de conhecimento dos profissionais de engenharia versus arquitetos e urbanistas segundo o grupo de tecnologias	44
Figura 3 - Benefícios associados às categorias de tecnologias.....	46
Figura 4 - Modelo teórico proposto	56
Figura 5 - Etapas do método de trabalho	60
Figura 6 - Distribuição das respostas e das(os) empresas/profissionais liberais pelo Brasil....	77
Figura 7 - Distribuição do uso da tecnologia por fase do empreendimento	83
Figura 8 - Modelo após AFE	117
Figura 9 - Modelo para o construto Utilidade Percebida	119
Figura 10 - Modelo para o construto Atitude em relação ao uso.....	122
Figura 11 - Modelo para o construto Aspectos Organizacionais	123
Figura 12 - Modelo para o construto Construção Enxuta.....	125
Figura 13 - Modelo para o construto Recursos Necessários	127
Figura 14 - Modelo integrado inicial.....	128
Figura 15 - Modelo integrado final e hipóteses	131
Figura 16 - Modelo final reespecificado.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixa etária e gênero dos respondentes	72
Tabela 2 - Formação e titulação dos respondentes	73
Tabela 3 - Tempo de atuação dos respondentes	74
Tabela 4 - Área de atuação e nível hierárquico dos respondentes	74
Tabela 5 - Grau de familiaridade dos respondentes com as temáticas de TDs e <i>Lean</i>	75
Tabela 6 - Faturamento aproximado do último ano e tempo de atuação das empresas/Profissionais liberais.....	76
Tabela 7 - Praça de atuação das empresas/profissionais liberais.....	77
Tabela 8 – Parâmetros de referência para o porte das obras.....	78
Tabela 9 - Tipo e porte da obra	78
Tabela 10 - Tipo de mão de obra utilizada nos canteiros.....	79
Tabela 11 - Quantidade de TDs utilizadas pelos profissionais	80
Tabela 12 - Percentual de uso para cada tecnologia	81
Tabela 13 – Tabulação das respostas sobre o uso de tecnologias por fases do empreendimento de construção	82
Tabela 14 – Tempo de uso das tecnologias.....	84
Tabela 15 - Análise descritiva do construto Facilidade de uso	85
Tabela 16 - Análise descritiva do construto Utilidade Percebida	85
Tabela 17 - Análise descritiva do construto Atitude em relação ao uso	86
Tabela 18 - Análise descritiva do construto Ambiente de negócios	87
Tabela 19 - Análise descritiva do construto Aspectos Organizacionais	88
Tabela 20 - Análise descritiva do construto Construção Enxuta	89
Tabela 21 - Análise descritiva do construto Recursos Necessários	89
Tabela 22 - Análise descritiva do construto Intensão de uso	90
Tabela 23 - Análise descritiva do construto Capacidade atual	91
Tabela 24 - Análise descritiva do construto Uso Atual.....	92
Tabela 25 - Matriz de correlações das variáveis do construto Facilidade de uso	93
Tabela 26 - Matriz de correlações das variáveis do construto Utilidade Percebida	93
Tabela 27 - Matriz de correlações das variáveis do construto Atitude em relação ao uso	94
Tabela 28 - Matriz de correlações das variáveis do construto Ambiente de negócios	94
Tabela 29 - Matriz de correlações das variáveis do construto Aspectos Organizacionais.....	95
Tabela 30 - Matriz de correlações das variáveis do construto Construção Enxuta	95
Tabela 31 - Matriz de correlações das variáveis do construto Recursos Necessários	96

Tabela 32 - Matriz de correlações das variáveis do construto Intenção de Uso	96
Tabela 33 - Matriz de correlações das variáveis do construto Capacidade Atual.....	97
Tabela 34 - Matriz de correlações das variáveis do construto Uso Atual.....	97
Tabela 35 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Facilidade de uso	98
Tabela 36 - Variância total explicada para o construto Facilidade de uso	99
Tabela 37 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Facilidade de uso.....	99
Tabela 38 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Utilidade Percebida.....	100
Tabela 39 - Variância total explicada para o construto Utilidade Percebida	101
Tabela 40 - Cargas fatoriais e comunalidades e para o construto Utilidade Percebida	101
Tabela 41 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Atitude em relação ao uso.....	102
Tabela 42 - Variância total explicada para o construto Atitude em Relação ao Uso	102
Tabela 43 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Atitude em relação ao uso ...	102
Tabela 44 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Ambiente de Negócios.....	103
Tabela 45 - Variância total explicada para o construto Ambiente de Negócios.....	104
Tabela 46 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Ambiente de Negócios	104
Tabela 47 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Ambiente de Negócios (2ª Rotação) .	105
Tabela 48 - Variância total explicada para o construto Ambiente de Negócios (2ª Rotação) .	105
Tabela 49 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Ambiente de Negócios (2ª rotação).....	105
Tabela 50 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Aspectos organizacionais.....	107
Tabela 51 - Variância total explicada para o construto Aspectos organizacionais	107
Tabela 52 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Aspectos organizacionais ...	107
Tabela 53 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Construção Enxuta.....	108
Tabela 54 - Variância total explicada para o construto Construção Enxuta	108
Tabela 55 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Construção Enxuta.....	109
Tabela 56 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Recursos Necessários	109
Tabela 57 - Variância total explicada para o construto Recursos Necessários	110
Tabela 58 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Recursos Necessários.....	110
Tabela 59 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Intensão de Uso	111
Tabela 60 - Variância total explicada para o construto Intensão de Uso	111
Tabela 61 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Intensão de Uso.....	111
Tabela 62 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Capacidade Atual.....	112
Tabela 63 - Variância total explicada para o construto Atitude em Capacidade Atual	112
Tabela 64 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Capacidade Atual	113

Tabela 65 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Capacidade Atual (2ª Rotação)	113
Tabela 66 - Variância total explicada para o construto Capacidade Atual (2ª Rotação).....	114
Tabela 67 -Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Capacidade Atual (2ª rotação)	114
Tabela 68 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Uso Atual	115
Tabela 69 - Variância total explicada para o construto Uso Atual.....	115
Tabela 70 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Uso Atual	115
Tabela 71 - Rotações realizadas para o construto Utilidade Percebida	118
Tabela 72 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Utilidade Percebida após a 5ª rotação no AMOS.....	119
Tabela 73 - Rotações realizadas para o construto Atitude em relação ao uso	120
Tabela 74 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Atitude em relação ao uso após a 2ª rotação	121
Tabela 75 - Cargas fatoriais e comunalidades do construto Atitude em relação ao uso após exclusão de AT4.....	121
Tabela 76 - Rotações realizadas para o construto Aspectos Organizacionais	122
Tabela 77 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Aspectos Organizacionais após a 2ª rotação no AMOS	123
Tabela 78 - Rotações realizadas para o construto Construção Enxuta	124
Tabela 79 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Construção Enxuta após a 2ª rotação no AMOS.....	125
Tabela 80 - Rotações realizadas para o construto Construção Enxuta	126
Tabela 81 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Recursos Necessários após a 1ª rotação no AMOS	126
Tabela 82 - Cargas fatoriais padronizadas e comunalidades dos construtos Intenção de Uso, Uso Atual, Capacidade Atual e Atitude em relação ao uso após 1ª rotação do modelo integrado	129
Tabela 83 - Parâmetros estimados padronizados e teste das hipóteses.....	131
Tabela 84 - Correlações do Modelo Final Reespecificado (Parte 01)	138
Tabela 85 - Correlações do Modelo final reespecificado (Parte 02 - Continuação).....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de Tecnologias Digitais selecionadas	33
Quadro 2 - Classificação das tecnologias selecionadas nas categorias	35
Quadro 3 - Categoria e barreiras consideradas	49
Quadro 4 - Princípios da CE considerados nesse estudo	55
Quadro 5 - Hipóteses de pesquisa.....	57
Quadro 6 – Construtos, Código e Variáveis	63
Quadro 7 – Valores de referência para KMO	69
Quadro 8 – Valores de referência para cargas fatoriais	70
Quadro 9 – Valores de referência para a análise fatorial confirmatória	71
Quadro 10 - Resumo AFE	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAT – Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção

AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações

AFE – Análise Fatorial Exploratória

AFC – Análise Fatorial Confirmatória

AM – Manufatura Aditiva

BFB – BIM Fórum Brasil

BIM – do inglês *Building Information Modeling*, Modelagem de Informações de Construção

CAD – do inglês *Computer Aided Design*, Desenho assistido por Computador

CE – Construção Enxuta

CI 4.0 – do inglês *Construction Industry*, Indústria da Construção 4.0

MEE - Modelagem de Equações Estruturais

PIB – Produto Interno Bruto

PLS – SEM – Mínimos quadrados parciais – Modelagem de Equações Estruturais

RFID – *Radio Frequency Identification*, Identificação por radiofrequência

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TDs – Tecnologias Digitais

VANT – Veículos Aéreos Não Tripulados

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
®	Marca Registrada
χ^2	Qui-quadrado
α	Alfa de Cronbach
ω	ômega de McDonald

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	21
1.1.	Contextualização	21
1.2.	Lacuna e questão de pesquisa	23
1.3.	Objetivos	26
1.4.	Justificativa	27
1.5.	Delimitação do estudo	29
1.6.	Estrutura da Dissertação	29
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1.	Tecnologias Digitais na Industria AECO	31
2.1.1.	<i>Big Data</i>	36
2.1.2.	<i>Blockchain</i>	36
2.1.3.	<i>Computação em Nuvem</i>	37
2.1.4.	<i>Veículos Aéreos Não Tripulados</i>	37
2.1.5.	<i>Gêmeo Digital</i>	38
2.1.6.	<i>Impressão 3D</i>	38
2.1.7.	<i>Inteligência Artificial</i>	39
2.1.8.	<i>Internet das Coisas</i>	39
2.1.9.	<i>Modelagem de Informação da Construção (BIM)</i>	39
2.1.10.	<i>Realidade Aumentada</i>	40
2.1.11.	<i>Realidade Virtual</i>	40
2.1.12.	<i>Robótica</i>	41
2.1.13.	<i>Sensores</i>	41
2.1.14.	<i>Tecnologias Vestíveis</i>	42
2.2.	Pesquisas anteriores sobre o uso de TD na indústria de AECO brasileira	42
2.3.	Benefícios das Tecnologias Digitais na indústria da construção	45
2.3.1.	<i>Minimiza retrabalho</i>	46
2.3.2.	<i>Diminui o custo operacional</i>	47
2.3.3.	<i>Melhora a tomada de decisão</i>	47
2.3.4.	<i>Aumenta a eficiência</i>	47
2.3.5.	<i>Aumenta a segurança do trabalho</i>	48
2.3.6.	<i>Melhora a comunicação</i>	48
2.3.7.	<i>Promove a melhoria</i>	48
2.4.	Barreiras a adoção das Tecnologias Digitais na Industria AECO	49

2.4.1.	<i>Ambiente de negócios</i>	50
2.4.2.	<i>Aspectos organizacionais</i>	50
2.4.3.	<i>Recursos necessários</i>	51
2.5.	Tecnologias Digitais e Construção Enxuta	52
2.6.	Modelo teórico proposto	55
3.	MÉTODO DE PESQUISA	59
3.1.	Enquadramento metodológico da pesquisa	59
3.2.	Delineamento da pesquisa	60
3.2.1.	<i>Especificações dos objetivos</i>	60
3.2.2.	<i>Operacionalização dos conceitos e variáveis</i>	62
3.2.3.	<i>Elaboração do instrumento de coleta de dados</i>	64
3.2.4.	<i>Pré-teste do instrumento</i>	64
3.2.5.	<i>Seleção da amostra</i>	65
3.2.6.	<i>Coleta e validação dos dados</i>	66
3.2.7.	<i>Análise e interpretação dos dados</i>	67
3.2.7.1.	<i>Estatísticas descritivas</i>	68
3.2.7.2.	<i>Análise Fatorial Exploratória (AFE)</i>	68
3.2.7.3.	<i>Análise Fatorial Confirmatória (AFC) com modelagem de equações estruturais</i> .	70
3.2.8.	<i>Apresentação dos resultados</i>	71
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.1.	Caracterização dos respondentes, suas empresas e obras	72
4.1.1.	<i>Perfil dos respondentes</i>	72
4.1.2.	<i>Perfil das empresas (e profissionais liberais)</i>	75
4.1.3.	<i>Perfil das Obras</i>	78
4.2.	Uso de tecnologias digitais pelos profissionais de AECO do Brasil	79
4.3.	Análise do Modelo Teórico Proposto	84
4.3.1.	<i>Estatísticas descritivas dos construtos</i>	84
4.3.1.1.	<i>Facilidade de Uso</i>	85
4.3.1.2.	<i>Utilidade Percebida</i>	85
4.3.1.3.	<i>Atitude em Relação ao Uso</i>	86
4.3.1.4.	<i>Ambiente de Negócios</i>	87
4.3.1.5.	<i>Aspectos Organizacionais</i>	88
4.3.1.6.	<i>Construção Enxuta</i>	88
4.3.1.7.	<i>Recursos Necessários</i>	89

4.3.1.8.	<i>Intensão de Uso</i>	90
4.3.1.9.	<i>Capacidade Atual</i>	91
4.3.1.10.	<i>Uso Atual</i>	92
4.3.2.	<i>Análise de correlação</i>	92
4.3.2.1.	<i>Facilidade de Uso</i>	93
4.3.2.2.	<i>Utilidade Percebida</i>	93
4.3.2.3.	<i>Atitude em Relação ao Uso</i>	94
4.3.2.4.	<i>Ambiente de Negócios</i>	94
4.3.2.5.	<i>Aspectos Organizacionais</i>	95
4.3.2.6.	<i>Construção Enxuta</i>	95
4.3.2.7.	<i>Recursos Necessários</i>	96
4.3.2.8.	<i>Intensão de Uso</i>	96
4.3.2.9.	<i>Capacidade Atual</i>	97
4.3.2.10.	<i>Uso Atual</i>	97
4.3.3.	<i>Análise Fatorial Exploratória</i>	98
4.3.3.1.	<i>Facilidade de uso</i>	98
4.3.3.2.	<i>Utilidade Percebida</i>	100
4.3.3.3.	<i>Atitude em relação ao uso</i>	102
4.3.3.4.	<i>Ambiente de negócios</i>	103
4.3.3.4.1.	<i>Rotação inicial</i>	103
4.3.3.4.2.	<i>2ª Rotação (Exclusão de AN1)</i>	104
4.3.3.5.	<i>Aspectos Organizacionais</i>	106
4.3.3.6.	<i>Construção Enxuta</i>	108
4.3.3.7.	<i>Recursos necessários</i>	109
4.3.3.8.	<i>Intensão de uso</i>	111
4.3.3.9.	<i>Capacidade atual</i>	112
4.3.3.9.1.	<i>Rotação inicial</i>	112
4.3.3.9.2.	<i>2ª Rotação (Exclusão de CA1)</i>	113
4.3.3.10.	<i>Uso Atual</i>	114
4.3.4.	<i>Análise Fatorial Confirmatória</i>	117
4.3.4.1.	<i>Utilidade Percebida</i>	118
4.3.4.2.	<i>Atitude em relação ao uso</i>	120
4.3.4.3.	<i>Aspectos Organizacionais</i>	122
4.3.4.4.	<i>Construção Enxuta</i>	124

4.3.4.5.	<i>Recursos Necessários</i>	125
4.3.5.	<i>Avaliação do modelo integrado</i>	127
4.4.	Discussão dos resultados	141
5.	CONCLUSÃO	151
	REFERÊNCIAS	154
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	163

1. INTRODUÇÃO

A presente seção inicia com a contextualização do tema, em sequência destaca a lacuna de conhecimento que motivou a seleção da questão de pesquisa. Tal questão foi crucial para a definição dos objetivos geral e específicos que são apresentados logo em seguida. Dando continuidade são fornecidas as razões que fundamentam a importância da escolha do estudo, destacando a justificativa da pesquisa. E por fim, apresenta-se a delimitação do estudo a sua estruturação.

1.1. Contextualização

O advento das Tecnologias Digitais (TDs) tem proporcionado à indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO) formas inovadoras, inteligentes e automatizadas de melhorar suas atividades e alcançar um melhor desempenho (Burton *et al.*, 2021; Aghimien *et al.*, 2023a). Entretanto, mesmo diante desses benefícios, a adoção das tecnologias no setor tem enfrentado desafios significativos (Aliu; Oke, 2023). Nesse contexto, é importante considerar dimensões que vão além dos benefícios das tecnologias e investigar as barreiras, e a influência de outros aspectos como a filosofia de produção e comportamento do indivíduo. Tais aspectos permitem uma melhor compreensão da propensão ao uso das TDs no setor da construção.

Atualmente, setores industriais como o automobilístico, varejista, de logística e de produção têm aderido à digitalização, incorporando métodos e tecnologias avançadas em suas operações (Muller; Buliga; Voigt, 2021). Contudo, o segmento da construção ainda não reconheceu todos os benefícios da digitalização (Abdel-Hamid *et al.*, 2021) e o ritmo de adoção continua lento (Chowdhury; Adafin; Wilkinson, 2019).

Com o passar dos anos, a investigação na indústria da AECO evoluiu para a Construção 4.0 e a digitalização no setor (Yadav *et al.*, 2023). A revolução digital transformou a indústria da construção por meio da possibilidade de aplicação de diversas tecnologias da 4ª Revolução Industrial, incluindo Robótica, Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Modelagem de Informações de Construção, mais conhecido pelo seu acrônimo em inglês *Building Information Modeling* (BIM), Realidade Virtual, Realidade Aumentada, *Big Data*, Gêmeo Digital, *Blockchain* e Impressão 3D (Frank; Dalenogare; Ayala, 2019; Wang *et al.*, 2024).

A modernização e a transformação representam estratégias importantes para a indústria AECO melhorar seus ganhos econômicos e sua competitividade (Wang *et al.*, 2024). Isso ocorre porque a utilização de tecnologias emergentes tem um impacto positivo e significativo na eficiência do trabalho, na produtividade e na segurança da construção (Chen *et al.*, 2022; Oke, *et al.*, 2022). Consequentemente, o setor será mais capaz de responder as exigências: demandas para diminuir custos, aprimorar a segurança, alcançar objetivos de sustentabilidade e atender as necessidades dos clientes (Adekunle *et al.*, 2022).

Para alcançar um setor da construção digitalmente transformado e mais eficiente é fundamental adotar e integrar tecnologias relevantes (Aghimien *et al.*, 2022a). Porém, apesar de as organizações de construção reconhecerem as vantagens da digitalização, observa-se uma certa relutância em sua adoção (Yadav *et al.*, 2023). Neste sentido, observa-se que a adoção de tecnologias digitais está condicionada a algumas dificuldades, resumidas por Chen *et al.* (2023a) nos seguintes temas: 1) Dilemas financeiros; 2) Atitudes e questões de mercado; 3) Falta de conhecimento e sensibilização; 4) Falta de apoio e governança; e 5) Questões tecnológicas.

Já Dolla, Jain e Delhi (2023) realçam que além dos aspectos organizacionais e das partes interessadas, aspectos como a economia do país também influenciam nessa adoção. A literatura aponta para uma taxa de adoção mais lenta em economias em desenvolvimento (Ikuabe *et al.*, 2022a). E isso se justifica porque na maioria dos países em desenvolvimento, os setores relacionados a indústria AECO ainda operam com uma mentalidade tradicional e enfrentam restrições orçamentárias que, por vezes, dificultam a adoção de inovações (Aghimien *et al.*, 2023a). Esses fatores têm sido apontados como os principais para explicar a lenta adoção de TD na Indústria da AECO (Aliu; Oke, 2023).

Atrelado a temática da digitalização, questões como a redução de desperdícios, melhoria nos processos e fluxo de informações também têm sido temas atuais. Eles são abordados com o objetivo de melhorar os resultados no setor da construção e os avanços nessa temática são fundamentados na Construção Enxuta (CE) (Tezel *et al.*, 2020). Dentro da temática de adoção das TDs é importante considerar a filosofia de produção adotada, tendo em vistas que a combinação simultânea dos princípios da CE com as TDs pode ser uma estratégia eficaz de potencializar os resultados dessas implementações (Sacks *et al.* 2020). E isso ocorre por que diversos benefícios proporcionados pela adoção das TDs estão também alinhados com os princípios de CE (Altan; Işik, 2023).

É nesse contexto de digitalização dos setores produtivos dentro da 4ª revolução industrial, e da taxa mais lenta de adoção das tecnologias derivadas desse contexto no setor da

construção, que a presente pesquisa se insere e cuja lacuna e questão de pesquisa é desenvolvida na próxima seção.

1.2. Lacuna e questão de pesquisa

Diante da necessidade do setor da construção de incorporar as TDs que acompanham a 4ª Revolução Industrial, diversas pesquisas recentes têm sido conduzidas sobre esse tema. Elas são exploradas, a seguir, de modo a evidenciar a lacuna da presente pesquisa.

Chowdhury, Adafin e Wilkinson (2019) indicam que a incorporação de novas tecnologias e novos recursos utilizados no processo de projeto/construção para digitalizar a indústria da construção tornou-se um foco importante. Em concordância com essa ideia, Sherratt (2020) afirma que a Indústria da Construção 4.0, do inglês *Construction Industry 4.0* (CI 4.0), continua a ser um trabalho em andamento. Pensamento reforçado por Sepasgozar (2021), que indica que a literatura sobre a adoção de tecnologias para a CI 4.0 ainda é embrionária. Já Maskuriy *et al.* (2019) asseveram na crítica, afirmando que a indústria de AECO sequer está em condições de compreender a preparação do setor para a indústria 4.0. Nesse contexto, Yadav *et al.* (2023) indicam que depois de 2019, o número de publicações sobre a temática cresceu rapidamente, demonstrando o crescente interesse pelo tema.

Pode-se perceber que investigar os obstáculos e desafios e fomentar a adoção dessas tecnologias tem sido o foco desses estudos, visando acelerar a taxa de implementação dessas tecnologias na indústria AECO. Entretanto, muito dos estudos existentes são fragmentados, concentrando-se a um tipo específico de TD, como: implementação do BIM em Hong Kong (Chan; Olawumi; Ho, 2019), realidade virtual no Reino Unido (Badamasi *et al.*, 2022) e robótica e automação nos Estados Unidos (Bademosi; Issa, 2021).

Outros estudos estão centrados na avaliação de apenas uma dimensão de barreiras como, por exemplo, Aghimien *et al.* (2024) que analisaram a dimensão “pessoas”, visando avaliar os recursos necessários relacionados às pessoas para a digitalização da construção. Além disso, poucos estudos relacionam aspectos organizacionais às barreiras percebidas para adoção das TDs, o que é fundamental, pois a implementação de novas TDs requer a revisão das práticas comerciais e dos procedimentos de gestão (Chen *et al.*, 2023a). Já outros estudos estão focados apenas nos benefícios da adoção de TDs, como em Aliu e Oke (2023), que exploraram a indústria de construção nigeriana.

Buscando preencher a lacuna indicada por Chen *et al.* (2023b), de analisar múltiplas TDs nas atividades de construção, existem estudos que abordam o tema de modo geral, em

regiões específicas. Criado-Perez *et al.* (2022) exploraram o estado de prontidão da indústria AECO australiana em adotar novas tecnologias para melhorar produtos e serviços, através das lentes de teoria de negócios e gestão. Foram elaborados seis pontos de análise acerca dos desafios importantes para essa indústria, sob três níveis distintos, no nível da indústria AECO, no nível da empresa e no nível operacional dentro dessas empresas.

No mesmo ano, Ibrahim *et al.* (2022) avaliaram a extensão do uso e as barreiras à adoção de tecnologias da 4ª Revolução Industrial no setor da construção nigeriana. Os autores concluíram que as construções, principalmente nos países em desenvolvimento, estão muito atrasadas na adoção das TDs, e indicaram 10 fatores que impedem essa adoção, sendo os quatro principais: o custo de adoção e utilização; relutância das partes interessadas; ausência de normas de referência; e o conhecimento inadequado, por parte dos interessados, aos benefícios do uso. Os autores também sugeriram possíveis soluções para mitigar tais obstáculos.

O estado atual da transformação digital na indústria da construção chinesa foi investigado por Zhang *et al.* (2023), explorando barreiras e avaliando o impacto dessa transformação no desempenho de projetos e das empresas de construção. Esses autores identificaram cinco barreiras principais: 1) Fragmentação de dados; 2) Falta de tecnologia central; 3) Alocação fraca de infraestrutura digital; 4) Falta de pessoal técnico e 5) Falta de normas técnicas. No final, os autores fizeram cinco recomendações: 1) Implementar um sistema de governança dos dados; 2) Fortalecer a inovação e introdução de tecnologia; 3) Fortalecer a infraestrutura digital; 4) Apresentar e cultivar talentos digitais e 5) Estabelecer padrões técnicos.

Já Chen *et al.* (2023a) identificaram barreiras à adoção de TDs e demonstraram relações entre características organizacionais e as barreiras percebidas para o contexto da Nova Zelândia, destacando-se: 1) Padrões do *status quo* da indústria; 2) Falta de interesse do cliente e 3) Falta de necessidade financeira/*drive* para usar TDs. No setor de construção indiano, Dolla, Jain e Delhi (2023) exploraram a dinâmica das partes interessadas na adoção de TDs, mais especificamente aquelas que afetam as práticas de gestão de projetos. Concluíram que as quatro principais estratégias para a adoção são: integração das partes interessadas, reengenharia de processos, atividades de formação e a necessidade de gerar dados federados.

Os estudos de Oke *et al.* (2024) forneceram uma compreensão mais aprofundada de como os profissionais da construção na Nigéria estão percebendo as tecnologias associadas a 4ª Revolução Industrial e se essas tecnologias estão sendo atualmente integradas nas atividades cotidianas da indústria da construção. A partir do estudo, foi percebido que estar ciente da existência das tecnologias digitais não resulta na utilização delas. Desta forma, os

autores propuseram um roteiro para promover a implementação eficaz das tecnologias inteligentes e inovadoras na indústria da construção nigeriana.

Wang *et al.* (2024), por seu turno, identificaram, avaliaram e categorizaram sistematicamente as barreiras à transformação digital nos setores de engenharia e construção na China. 26 barreiras foram identificadas, e a partir da Análise Fatorial Exploratória, os autores identificaram três categorias: falta de leis e regulamentos, falta de apoio e liderança e falta de recursos e profissionais.

Outro ponto importante, relacionado a adoção das TDs, é a CE que oferece uma base sólida para integração de processos, porém seus métodos demandam considerável volume de dados e recursos, que são difíceis de manter sem o respaldo das tecnologias (Sacks *et al.*, 2020). Os estudiosos que analisam a interação das TDs e dos princípios de CE reforçam a necessidade de novas pesquisas na aplicação de TDs atreladas a CE (Altan; Işik, 2023). Ressaltam que para otimizar o processo de produção no setor da construção são necessárias equipes de investigação multidisciplinares que possuam compreensão profunda da CE e tecnologias (Sacks *et al.*, 2020). Também indicam a necessidade de considerar em outros estudos, outras opções de TDs, além de apenas um tipo específico (Uvarova; Orlov; Kankhva, 2023).

Com base na literatura é possível perceber que diversas barreiras tecnológicas, culturais e organizacionais competem para a baixa adoção de TDs. Apesar do aumento de interesse nessa área, Oke *et al.* (2022) destacam a importância de avaliar as dimensões que impactam a adoção das TDs principalmente em países em desenvolvimento, já que poucos estudos foram realizados sobre esse assunto nessas nações, o que ressalta a necessidade de mais investigações nesse contexto.

A maioria dos pesquisadores destacam, também, a importância de análises comparativas em diferentes regiões a fim de examinar como as particularidades regionais podem afetar a utilização dessas tecnologias no setor da construção (Ibrahim *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2023a; Oke, *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024). No Brasil, o BIM Fórum Brasil (BFB) conduziu duas pesquisas nacionais em 2022. Uma delas intitulada de Primeira Pesquisa Nacional sobre Digitalização na Arquitetura e Urbanismo, avaliou a maturidade digital dos profissionais de arquitetura e urbanismo (BIM Fórum Brasil, 2022a).

Tal pesquisa revelou que apenas uma parcela pequena dos arquitetos e urbanistas brasileiros usa soluções e metodologia modernas para desenvolver projetos arquitetônicos e/ou de interiores, sendo que 83,4% ainda utilizam meios computacionais genéricos, e apenas 28,2%

recorrem a ferramentas digitais específicas para a construção civil. Identificou, ainda, que somente 30,8% conhecem tecnologias 4.0 aplicadas na arquitetura.

A segunda pesquisa, intitulada de Primeira Pesquisa Nacional sobre Digitalização nas Engenharias no Âmbito da Indústria da Construção, avaliou o mesmo aspecto da pesquisa anterior, entretanto, voltada para os engenheiros (BIM Fórum Brasil, 2022b). A pesquisa revelou que, entre os engenheiros o resultado foi mais desafiador com apenas 25,5% dos respondentes conhecendo aplicações concretas de tecnologias 4.0.

Tais pesquisas reforçam que a temática ainda está em fase inicial de pesquisa no país, tendo sido abordada em alguns trabalhos de caráter provisório como Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e artigos de congresso. Quando se consideram artigos em periódicos revisado por pares que abordem o tema de adoção de TDs no setor de construção brasileiro, apenas um foi identificado, Attencia e Mattos (2022) analisaram a adoção de tecnologia na gestão de ativos inteligentes por meio de múltiplos estudos de caso, integrando conceitos de gestão de ativos e adoção de tecnologia. Com isso, torna-se evidente a lacuna, que foi explorada na presente pesquisa. Tal investidora considerou que a digitalização abrange várias áreas, incluindo estratégia empresarial, tecnologia da informação, comportamento organizacional e gestão de suprimentos, podendo ainda estar relacionada a filosofia de produção, economia nacional, percepção acerca da aceitação da tecnologia e fatores determinantes da propensão ao comportamento individual (Zhang *et al.*, 2023).

Assim, diante das discussões cada vez maiores sobre a lenta adoção de TD na construção e a incipiência de estudos na temática no contexto brasileiro, formulou-se a seguinte questão de pesquisa:

Quais são os fatores determinantes da propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro?

1.3. Objetivos

A partir do problema de pesquisa apresentado, o presente estudo tem como objetivo geral:

Identificar quais são os fatores determinantes da propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro.

Especificamente, pretende-se:

- a) Investigar o estado atual do uso das TDs pelos profissionais da indústria da construção brasileira;
- b) Propor um modelo teórico utilizando as dimensões que influenciam a adoção das Tecnologias Digitais no setor da construção, a partir da revisão da literatura realizada.
- c) Investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos fatores relacionados às tecnologias digitais na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção;
- d) Investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos determinantes contextuais, externos às empresas, na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção;
- e) Investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos aspectos organizacionais na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção;
- f) Investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência da construção enxuta, enquanto princípio gerencial da empresa, na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção;
- g) Investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência de recursos necessários para adoção na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção;
- h) Investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência da capacidade de uso, na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção;

1.4. Justificativa

Um trabalho pode ser justificado pela sua originalidade, relevância e viabilidade de realização (Martins; Theóphilo, 2009). Com relação à relevância, esse estudo aborda um importante tópico para a indústria AECO nos últimos anos, por seu potencial de transformador. É notório o desejo crescente de usar TDs na indústria da construção, o que reforça o poder e a popularidade do tema (Yadav *et al.*, 2023).

De acordo com Wang *et al.* (2024), poucos estudos contribuem para investigação sobre barreiras da transformação digital nos setores de engenharia e construção, indicando a

necessidade investigar e aprofundar a compreensão sobre tais elementos. Destarte, Ibrahim *et al.* (2022) ressaltaram a importância de identificar as dimensões que influenciam o uso das TDs pelos profissionais da indústria AECO, principalmente em países em desenvolvimento, como no caso o Brasil. Nessas regiões, o setor da construção ainda opera com uma mentalidade tradicional e enfrenta uma série de desafios que dificultam a adoção de TDs em suas atividades processos e operações (Bajpai; Misra, 2022). Nesse sentido, o presente trabalho aborda a temática de TDs, abrangendo as dimensões que influenciam a propensão ao seu uso em um país em desenvolvimento, justificando a realização da pesquisa.

Chen *et al.*, (2022) ressaltam que é necessário investigar fatores como impulsores e as barreiras à implementação de forma simultânea, o que é considerado nesse estudo, que além de aspectos como utilidade percebida e recursos necessários, investiga também os princípios de CE, já que através da sinergia entre esses temas, empresas familiarizadas com os princípios de CE podem ter uma melhor compreensão dos benefícios advindos das TDs, resultando em uma influência positiva de apoio a adoção dessas tecnologias. Além disso, ao contrário dos estudos focados apenas em um tipo específico de Tecnologia Digital, deve-se dar importância a um conjunto mais amplo de ferramentas da Indústria 4.0 (Dolla; Jain; Delhi, 2023), no que o presente trabalho se propôs, trazendo um panorama mais abrangente sobre o uso atual e a propensão ao uso de quatorze TDs pelos profissionais de AECO.

O estudo recente de Yadav *et al.* (2023) identificaram publicações brasileiras nessa temática, entretanto, nenhuma dessas pesquisas abordaram os fatores que influenciam a adoção das TDs. Leite, Winkler e Alves (2022) avaliaram um modelo gamificado para divulgação de informações de produção na indústria da construção civil utilizando gestão visual. Já Oliveira (2020) elaborou uma pesquisa teórica sobre a utilização dos gêmeos digitais para gestão aeroportuária.

As pesquisas do BIM Fórum Brasil (2022a, 2022b) revelaram que os profissionais nacionais demonstram interesse na temática sobre adoção das TDs e sugere que eles estão não apenas conscientes dos desafios da transformação digital, mas também estão sensíveis à importância de implementar ações concretas para superá-los. Com isso, a compreensão dos determinantes da propensão ao uso das TDs, objetivo desse estudo, pode auxiliar esses profissionais nesse processo.

Diante dessas justificativas, o presente trabalho carrega originalidade ao explorar fatores relacionados às tecnologias, fatores exógenos como o ambiente de negócios nacional, aspectos organizacionais relacionados ao planejamento da transformação digital, os princípios

gerenciais da construção enxuta e fatores relacionados aos recursos necessários para adoção de TDs.

Este estudo é importante, pois adiciona uma perspectiva valiosa às crescentes discussões sobre a adoção de TDs no setor da construção. As conclusões dessa pesquisa oferecem benefícios às partes envolvidas, incluindo a gestão de topo, clientes, tomadores de decisão e até mesmo o governo, ao identificar os fatores determinantes para a propensão ao uso das Tecnologias Digitais. Essa compreensão pode incentivar a transformação digital na indústria AECO brasileira e em economias em desenvolvimento de maneira geral. Além de poder servir de base para futuros investigadores que busquem compreender a transformação digital no setor da construção.

1.5. Delimitação do estudo

A presente pesquisa foi desenvolvida com profissionais atuantes no mercado da indústria AECO brasileira. Como a literatura apontou a baixa utilização, optou-se por investigar a propensão ao uso, como forma de compreender o que levará a esses profissionais à adoção das TDs, considerando fatores contextuais, organizacionais, individuais e intrínsecos às próprias tecnologias.

1.6. Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada em cinco seções, incluindo essa introdução, que abrangeu desde a contextualização do tema, lacuna e questão de pesquisa, objetivos, justificativa e delimitação.

A seguir, a segunda seção apresenta o referencial teórico do estudo. Partindo das Tecnologias Digitais na AECO, o estudo avança sobre pesquisas anteriores sobre o uso das TDs na indústria AECO brasileira, seguido dos benefícios de sua adoção e barreiras, para então estruturar o modelo teórico da pesquisa elaborado com base na revisão da literatura. A partir disso, é possível apresentar o modelo teórico e as hipóteses de pesquisa.

Na terceira seção apresenta-se o método de pesquisa, onde se apresenta como o modelo teórico foi operacionalizado. Parte-se da estruturação da pesquisa quantitativa realizada, desde a forma de coleta até as técnicas de análise multivariada aplicadas para consecução dos objetivos.

Na quarta seção, apresentam-se os resultados, cotejados à luz do referencial teórico para traçar a discussão do estudo. Parte-se, inicialmente, da caracterização dos participantes do estudo, suas empresas e obras representativas e pelas tecnologias mais usadas na atualidade. Em seguida, apresentam-se os resultados da Análise Fatorial Exploratória (AFE) que possibilitou a redução das variáveis do modelo teórico proposto inicialmente, permitindo a realização da Análise Fatorial Confirmatória (AFC), por meio da Modelagem de Equações Estruturais (MEE). Com base nessas análises, realizam-se as discussões do trabalho.

Por fim, na quinta e última seção, realiza-se a conclusão do estudo. Os principais resultados são revisitados, à guisa de demonstrar o atendimento aos objetivos traçados, e para sintetizar os aprendizados que sustentam as conclusões realizadas. As limitações do estudo são apresentadas, bem como as sugestões para estudos futuros. Após essa seção, são apresentados as referências e os apêndices da pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção inicia o referencial teórico, fornecendo os conhecimentos essenciais sobre os tópicos pertinentes à questão de pesquisa. Os elementos abordados a seguir estão organizados em sete subseções. Inicialmente exploram-se as Tecnologias Digitais aplicadas à Indústria AECO, partindo de uma visão geral e depois aprofundando sobre as 14 tecnologias que foram consideradas nesse estudo. Posteriormente discute-se o estado atual do uso dessas tecnologias no setor de construção brasileiro. Dando continuidade, trata-se dos benefícios e as barreiras, associados às tecnologias digitais e consideradas nessa pesquisa. Seguindo, explica-se a relação das TDs com os princípios da Construção Enxuta. Por fim, baseado na construção do conhecimento adquirido nas seções anteriores, é apresentado o modelo teórico proposto.

2.1. Tecnologias Digitais na Indústria AECO

Dolla, Jain e Delhi (2023) explicam que a Indústria 4.0 surgiu a partir da 4ª Revolução Industrial e que, desde seu surgimento no início do século XXI, se expandiu para diversos segmentos industriais. Com a crescente interconexão e a automação inteligente a era da 4ª Revolução Industrial trouxe uma mudança disruptiva no avanço tecnológico, em comparação com as revoluções industriais anteriores (Oke, *et al.*, 2024). Ainda segundo esses autores, enquanto a primeira foi marcada pela energia hídrica e do vapor para a produção mecânica, a segunda pela energia elétrica para a produção em massa e a terceira pela chegada da internet.

Nesse sentido, outros termos foram cunhados como desdobramento da Indústria 4.0 em outros setores. Este é o caso da Construção 4.0, que representa a resposta do setor de engenharia e construção à 4ª Revolução Industrial, marcada por uma crescente digitalização (Dolla; Jain; Delhi, 2023). Wang *et al.* (2024) enfatizam que a indústria da construção, como qualquer outro setor, está enfrentando uma mudança de paradigma à medida que as Tecnologias Digitais estão ganhando impulso no mundo. A digitalização engloba o emprego de diversas tecnologias digitais e serviços online que facilitam o armazenamento, transferência e troca de grandes volumes de dados e envolve a utilização dessas tecnologias para auxiliar, substituir ou colaborar com os seres humanos no ambiente de trabalho (Hallin *et al.*, 2022).

Conforme o BIM Fórum Brasil (2022b), em termos conceituais, a digitalização é marcada pela evolução das Tecnologias Digitais e é possível identificar períodos específicos, tendo seu primeiro momento na década de 1980 e início do ano 1990. Nesse período os

dispositivos começaram a aparecer e se tornar massivos, caracterizada pelo surgimento e difusão das suítes de escritório, assim como pelas soluções CAD (do inglês *Computer Aided Design*, que significa Desenho assistido por Computador), amplamente adotadas por arquitetos e engenheiros no planejamento, concepção e desenvolvimento de projetos e construção, chamado de Construção 2.0.

O mesmo documento realça que gradualmente, a etapa inicial da digitalização, que se baseava em soluções genéricas, está evoluindo para atender a demandas mais específicas no contexto da construção civil, essas locuções proporcionam a geração de novos modelos de negócios orientados a oferecer produtos e serviços baseados no uso de dados, caracterizando a Construção 3.0. Já a Construção 4.0 compreende um conjunto de soluções que proporciona integração avançada e inteligente, conectando sistemas corporativos e possibilitando a fusão entre o mundo virtual e físico. Os efeitos completos dessas transformações ainda estão sendo explorados, mas já se observam avanços significativos na automatização de processos e na comunicação. Essas mudanças estão sintetizadas na Figura 1.

Figura 1 - Períodos da Construção ao longo dos anos

1900s - 1980s	1980s - 1990s	2000s - 2010s	2010s - atualidade
<p>Construção 1.0</p> <p>Emerge a partir da utilização de equipamentos mecânicos para a substituição de atividades manuais. Introdução de novos materiais e sistemas de produção em massa.</p> <p>Maquinaria e aplicação de químicos para elaboração de materiais de construção.</p>	<p>Construção 2.0</p> <p>Marcada pelo surgimento de soluções digitais genéricas e sua aplicação para a digitalização de tarefas anteriormente analógicas.</p> <p>CAD, softwares de planejamento de projetos, sensores digitais, etc.</p>	<p>Construção 3.0</p> <p>Distingue-se pela aplicação de sistemas de informação específicas para construção, com funcionalidades de automação de rotina, mas geralmente fragmentadas.</p> <p>Softwares paramétricos para modelagem paramétrica e gestão de projetos, dentre outros.</p>	<p>Construção 4.0</p> <p>Caracterizada por soluções que apresentam funcionalidades de colaboração autônomas e interativas (inteligentes), integradas e em tempo real.</p> <p>Soluções de iBIM (BIM integrado), IoT, RV/RA, Drones, IA, dentre outras.</p>

Fonte: BIM Fórum Brasil (2022b).

De acordo com Yadav *et al.* (2023), com o passar dos anos a pesquisa no campo da construção progrediu de temas como gestão de projetos e Indústria 4.0 para abordar questões relacionadas a Construção 4.0 e a digitalização no setor. Os autores identificaram que a realidade virtual, realidade aumentada, *blockchain* e sustentabilidade estão cada vez mais presentes nas discussões sobre a indústria da construção.

É através do processo de aplicação de Tecnologias Digitais, e das mudanças significativas para melhora que essa aplicação gera, que Vial (2021) define a transformação digital. Zhang *et al.* (2023) caracterizam a transformação digital como uma mudança significativa na configuração dos processos de negócios e na sua manifestação física,

impulsionada pela aplicação de TDs e pela manipulação de dados. Com base nisso é notória a importância da aplicação das TDs dentro do cenário de transformação digital que o setor da construção tem enfrentado.

Diante da utilização das tecnologias, é possível encontrar nos estudos existentes algumas definições para Tecnologias Digitais. Ezeokoli *et al.* (2016) definem TDs como o processo de transformação de dados analógicos em formatos digitais por meio do uso de tecnologias contemporâneas, as quais proporcionam recursos inovadores para aprimorar o desempenho. No mesmo ano, Sepasgozar, Loosemore e Davis (2016) descrevem as TDs como um conjunto de ferramentas e aplicativos de *software* inovadores que podem ser usados para alcançar resultados mais eficazes e eficientes. De forma mais abrangente Verina e Titko (2019) conceituam as TDs como a utilização de tecnologias de comunicação, computação, conectividade e informação para melhorar as atividades e operações de uma entidade.

De forma geral, essas definições englobam dois aspectos gerais: 1) um conjunto de ferramentas e aplicativos de *software* inovadores, que são aplicados 2) com o intuito de melhorar as atividades e operações de um projeto (Ikuabe *et al.*, 2022b). Diante disso, o estudo em questão adota a definição apresentada por Aliu e Oke (2023) que descrevem as TDs como uma mudança disruptiva que demanda a adoção de soluções tecnológicas inteligentes nas atividades, operações e processos de um projeto, visando aprimorar a produção, a eficiência e consequentemente a satisfação do cliente.

A incorporação das TD nas operações e processos da indústria da construção pode resultar em aprimoramento na organização, maior precisão, respostas mais ágeis, menor incidência de conflitos, comunicação instantânea, colaboração mais eficaz, redução de despesas, minimização de erros construtivos e aumento da eficiência produtiva (Aliu; Oke, 2023). O Quadro 1 apresenta uma lista dessas TD que foram consideradas nesse estudo.

Quadro 1 - Lista de Tecnologias Digitais selecionadas

Tecnologias Digitais	Breve Descrição	Fontes
<i>Big Data</i>	O processo de coleta, manipulação e análise de grandes volumes de conjuntos de dados com o objetivo de resolver questões importantes e embasar decisões fundamentais para futuras atividades.	Bilal <i>et al.</i> (2016), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
<i>Blockchain</i>	Tecnologia que registra todos os eventos e transações de dados digitais e criptografados validados executados e compartilhados entre os participantes, proporcionando segurança aos dados envolvidos.	Kirli <i>et al.</i> (2022), Lima; Mota e Melo Junior (2023)
Computação em Nuvem	Utilizar uma infraestrutura de servidores remotos alojados na nuvem para armazenar, processar e	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021),

Tecnologias Digitais	Breve Descrição	Fontes
	recuperar dados em tempo real por meio de tecnologia da internet.	Oke e Arowoia (2021), Ikuabe et al. (2022b)
Veículos Aéreos Não Tripulados	Um veículo aéreo controlado remotamente equipado ou não com sensores para supervisionar, avaliar e inspecionar operações em curso.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021), Aghimien <i>et al.</i> (2023a)
Gêmeo Digital	Uma representação digital ou simulada de um processo ou sistema físico do mundo real, que é atualizada com uma frequência e precisão específicas e empregada para fins de modelagem.	Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021). Sacks <i>et al.</i> (2020)
Impressão 3D	Também conhecida como manufatura aditiva, essa técnica envolve a produção de edifícios a partir de um arquivo digital, utilizando a impressão de concreto, polímeros ou outros materiais, em um processo de construção camada por camada.	Aghimien <i>et al.</i> (2023b), Oke, Atofarati e Bello (2022), Oke <i>et al.</i> (2023a)
Inteligência Artificial	Habilidade das máquinas e da tecnologia de tomar decisões e resolver problemas complexos utilizando algoritmos baseados na inteligência humana.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
Internet das Coisas	Uma estrutura de objetos e dispositivos físicos para capturar informações em tempo real sobre atividades, desempenho e condições, visando aperfeiçoar o processo de tomada de decisão.	Oke e Arowoia (2021, 2022), Oke <i>et al.</i> , 2024
Modelagem de Informação da Construção	Utilizar um modelo inteligente habilitado por uma plataforma na nuvem para produzir uma representação digital de um edifício, assegurando um processo eficiente de planejamento, <i>design</i> , construção, operações e manutenção.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
Realidade Aumentada	Tecnologias que incorporam elementos virtuais e objetos computadorizados em um ambiente físico ou real por meio de dispositivos de visualização.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
Realidade Virtual	A utilização de um ambiente criado por computador ou de uma simulação imersiva na qual os usuários são inseridos em cenários virtuais.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
Robótica	Codificação de máquinas para interagir autonomamente com objetos, executando tarefas com maior segurança e eficiência.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
Sensores	A utilização de dispositivos sensoriais para capturar informações em tempo real, as quais são então processadas por algoritmos e ferramentas analíticas para realizar ações e tomar decisões instantaneamente.	Liu <i>et al.</i> (2021), Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)
Tecnologias Vestíveis	Dispositivos eletrônico inteligente incorporado à vestimenta e/ou ao usuário, que sensoriza comportamento e movimento, processando esses dados.	Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021),

Tecnologias Digitais	Breve Descrição	Fontes
		Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> (2021)

Fonte: Oke *et al.* (2024, com adaptações).

De acordo com Henriette, Feki e Boughzala (2016), as TDs podem ser agrupadas em três categorias: a) Tecnologias de Internet; b) Tecnologias analíticas e c) Tecnologias móveis. Já Muñoz-La Rivera *et al.* (2021) as dividem baseadas no domínio: físico/automação, simulação e modelagem, digitalização e virtualização, e que essas tecnologias desempenham utilizações ao longo de todo ciclo de vida de um projeto de construção.

Olanipekun e Sutrisna (2021) elencam quatro componentes das TDs, incluindo sistemas de automação, conectividade, acesso digital e dados digitais. Segundo os autores a automação emprega tecnologias inovadoras para criar sistemas auto-organizados, como robôs para aprimorar a segurança dos trabalhadores e lidar com a escassez de mão de obra, além de utilizar a tecnologia *blockchain* para realizar pagamentos automatizados aos empreiteiros pelo trabalho realizado. Já a conectividade abrange a integração e a sincronização de diversas atividades, como a fusão entre o mundo físico e digital nos canteiros de obras, através das tecnologias. Esses sistemas automatizados apoiam o acesso digital que permite conexões com a internet e redes para realizar operações em tempo real. Já a análise de dados nos canteiros de obras proporciona *insights* valiosos, auxiliando na tomada de decisões imediatas e até mesmo na elaboração de projetos futuros, esses dados geralmente são gerados em projetos e canteiros.

Essas tecnologias podem também ser classificadas de acordo com as suas funcionalidades: aquisição de dados, análise de dados, visualização de dados, comunicação e automação de construção (Chen *et al.*, 2022). Nesse estudo aplicou-se essa classificação, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das tecnologias selecionadas nas categorias

Categorias	Tecnologias
Aquisição de dados	Big Data, Veículos Aéreos Não Tripulados, Internet das Coisas, Sensores e Tecnologias Vestíveis
Análise de dados	Big data, Computação em Nuvem, Gêmeo Digital, Inteligência Artificial, Internet das Coisas, BIM, Sensores e Tecnologias Vestíveis
Visualização de dados	Gêmeo Digital, BIM, Realidade Aumentada e Realidade Virtual
Comunicação	Big Data, Blockchain, Computação em Nuvem, Internet das coisas, BIM, Realidade Aumentada e Realidade Virtual

Automação na construção	Blockchain, Impressão 3D e Robótica
-------------------------	-------------------------------------

Fonte: da Autora (2024)

Como é possível observar, algumas tecnologias foram classificadas em múltiplas categorias devido às suas abrangentes funcionalidades, o que leva a benefícios percebidos que também se estendem por várias categorias, como analisado na próxima seção 2.3. A seguir, cada uma dessas tecnologias é abordada com maior detalhe.

2.1.1. Big Data

Big Data é uma tecnologia aplicada para inter-relacionar grandes volumes de informação gerados pela construção, principalmente com o crescimento do caráter digital (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021). Ainda de acordo com os autores, isso decorre do conjunto ou combinação de dados difíceis de armazenar, processar e analisar por seu enorme tamanho, complexidade e grande velocidade de processamento. A gestão desses dados pode ajudar as organizações de construção a recolherem e analisarem grandes quantidades de dados que podem ser úteis no fornecimento de *insights* para atividades futuras, auxiliando gestores e profissionais na tomada de decisão (Aliu; Oke, 2023).

Bilal *et al.* (2016) constaram que a aplicação de *big data*, abrangendo engenharia e análise de grandes conjuntos de dados, é relativamente limitada na indústria da construção. Eles identificaram desafios significativos associados à utilização desse tipo de dados. Em uma extensão desse assunto, Atuahene *et al.* (2020) destacaram a importância do desenvolvimento de expertise em *big data*, por meio de estruturas organizacionais, como a disponibilização de tecnologias adequadas, estratégias de gestão de dados e programas de treinamento.

2.1.2. Blockchain

A *Blockchain* é uma tecnologia que permite uma forma de registro distribuído que facilita a criação de registros digitais descentralizados, imutáveis e transparentes. Ela opera como um grande livro contábil digital, em que cada registro é validado por diversos nós na rede e é criptografada de maneira segura (Kirli *et al.*, 2022).

Segundo Lima, Mota e Melo Júnior (2023) um dos benefícios da aplicação da *blockchain* na gestão de projetos de construção é sua capacidade de aprimorar a transparência e a rastreabilidade dos processos envolvidos. Esses autores reforçam que a aplicação dessa

tecnologia pode auxiliar a automatizar e simplificar o processo de gerenciamento de contratos e pagamentos, por exemplo, com o uso de contratos inteligentes que na *Blockchain* pode permitir que os pagamentos sejam desbloqueados automaticamente a partir do cumprimento de determinadas etapas do projeto.

Já Yadav *et al.* (2023) ressaltam que o uso da *blockchain* elimina intermediários, já que opera de forma descentralizada para facilitar transações. Dessa forma, segundo os autores, com seu uso o setor da construção pode assegurar um processo mais transparente, reduzir erros humanos e possibilitar a rastreabilidade das transações.

2.1.3. Computação em Nuvem

A Computação em Nuvem se refere ao uso de recursos de TI através da internet, por meio de uma infraestrutura de servidores remotos alojados na nuvem para armazenar, processar e recuperar dados em tempo real, utilizando tecnologias da internet (Aiu; Oke, 2023). Em outras palavras, na Computação em Nuvem, em vez de usar softwares ou hardwares que estão no local, usa-se tecnologia hospedada em um banco de dados remoto.

A computação em nuvem oferece funcionalidades de monitoramento em tempo real que podem fornecer informações instantâneas sobre a compra e utilização de materiais, além de relatórios e painéis em tempo real para oferecer atualizações contínuas (Oke; Atofarati; Bello, 2022; Oke *et al.*, 2023a). Portanto, a computação em nuvem possibilita que os profissionais da construção carreguem e acessem arquivos e dados em qualquer lugar e momento, promovendo maior flexibilidade e comunicação entre as equipes profissionais (Aiu; Oke, 2023). Pressupõe-se, no entanto, a disponibilidade de conectividade com a internet.

2.1.4. Veículos Aéreos Não Tripulados

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são sistemas que realizam missões aéreas remotamente, podendo transportar materiais e equipamentos, o que pode simplificar a logística de distribuição (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021). Na fase de construção podem ser usados para inspecionar o local, estabelecer relatórios de progresso, rastrear equipamentos, realizar vigilância de segurança, além de serem úteis para acesso e monitoramento de áreas hostis (Aghimien *et al.*, 2023a). Elghaish *et al.* (2021) salientaram os inúmeros ganhos derivados da

integração entre VANTs com o BIM, especialmente para o acompanhamento remoto do progresso da construção.

2.1.5. Gêmeo Digital

O Gêmeo Digital trata-se de um sistema ciberfísico que engloba um objeto físico real, uma representação virtual desse objeto e um fluxo de dados que conecta os dois (Altan; Işik, 2023). Essa sincronização entre os sistemas acontece por meio de dados detectados, dispositivos inteligentes conectados, modelos matemáticos e dados coletados em tempo real (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021). A partir disso, segundo esses autores, a tecnologia agrega valor ao ser aplicada para otimização, monitoramento, diagnóstico e prognóstico do sistema real.

Consequentemente a aplicação dessa tecnologia reduz desperdícios, aumenta valor, transparência e visualização, apoiando a melhoria contínua, desenvolvendo pessoas e melhorando o controle de produção, benefícios que apoiam as práticas enxutas (Altan; Işik, 2023). Não coincidentemente estudos que investigam a sinergia entre as práticas de CE e a adoção das TDs, tratam sobre os gêmeos digitais, como Sacks *et al.* (2020) e Boje *et al.* (2020).

2.1.6. Impressão 3D

A Impressão 3D é uma tecnologia da Manufatura Aditiva (AM) que fabrica componentes em camadas sobrepostas diretamente de um arquivo digital (Camacho *et al.*, 2018). Essas camadas sobrepostas podem ser ultrafinas e alcança altos níveis de precisão, de forma automática no local da construção ou nas fabricas, com modelos ou componentes em escala (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021), com o emprego de materiais cimentícios, polímeros e metálicos, em processos de Jateamento de encadernação (*Binder Jetting*), Extrusão de materiais, fusão em leito de pó (*Powder bed fusion*) e deposição direta de energia, por meio especialmente de pórticos e robôs (Camacho *et al.*, 2018).

O emprego de impressoras 3D pode resultar na diminuição dos resíduos de construção, na redução dos custos de materiais e de mão de obra, na diminuição de acidente e lesões no local, na otimização dos processos de reciclagem e no aprimoramento da produtividade (Aghimien *et al.*, 2023b). Além disso, reduz a necessidade de trabalhadores qualificados, substituição de cadeias de abastecimento tradicionais e amplia as possibilidades arquitetônicas com novas geometrias digital (Camacho *et al.*, 2018).

2.1.7. Inteligência Artificial

O termo “inteligência artificial” compreende a capacidade de sistemas, algoritmos, softwares ou dispositivos de simular e replicar processos de inteligência humana (Nagitta *et al.*, 2022). A inteligência artificial pode aprimorar a gestão de compras, acompanhando gastos, reduzindo erros, prevendo demandas futuras, monitorando riscos e automatizando tarefas repetitivas. Essa tecnologia pode facilitar uma tomada de decisão mais inteligente, resultando em maior produtividade e melhores práticas de segurança nos canteiros (Nagitta *et al.*, 2022).

Zhang *et al.* (2023) identificaram que o uso da inteligência artificial é proveitoso para maximizar a eficiência dos recursos e a redução de resíduos, melhorando o controle da cadeia de suprimentos, aprimorando segurança, facilitar a gestão de projetos e a administração de contratos. Muñoz-La Rivera *et al.* (2021) adicionam que através da inteligência artificial é possível melhorar por exemplo modelos de previsão de recursos hídricos e fenômenos naturais que podem afetar a estrutura de uma edificação.

2.1.8. Internet das Coisas

A internet das coisas é uma rede de objetos e dispositivos físicos que capturam dados e interagem com o ambiente, e a indústria da construção aplica essa tecnologia para conectar modelos digitais BIM com dispositivos físicos para controle e monitoramento no local (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

Incorporar a Internet das Coisas nas operações de construção pode aprimorar a manutenção preditiva, monitorar a produtividade e impulsionar a eficiência entre os trabalhadores da área, por muitas vezes por estar vinculada ao uso de sensores permite a obtenção de dados em tempo real sobre atividades, desempenhos e condições, aprimorando o processo de tomada de decisão dos profissionais da construção (Oke *et al.*, 2024).

2.1.9. Modelagem de Informação da Construção (BIM)

BIM é um modelo inteligente habilitado por uma plataforma na nuvem que produz uma representação digital de um edifício, assegurando um processo eficiente de planejamento, *design*, construção, operações e manutenção Aliu, Aigbavboa e Thwala (2021).

Oke *et al.* (2024) destacam que a introdução ao BIM se originou da necessidade de melhorar a comunicação entre os profissionais da construção, visando resolver problemas como entrega fragmentada de projetos, gastos excessivos, falta de qualidade prometida e gestão ineficiente de instalações que eram comuns no método tradicional de aquisição.

A aplicação do BIM pode levar a uma melhoria na entrega de projetos, coordenação mais eficaz, comunicação aprimorada e colaboração, redução de riscos, ciclos de vida de projetos mais curtos, programação mais precisa, menos erros, simplificação do planejamento e melhores avaliações de custo para projetos de construção (Adekunle *et al.*, 2021).

Dolla, Jain e Delhi, (2023) destacam que entre as ferramentas e tecnologias associadas a Indústria 4.0, a maioria dos estudos e casos de aplicação se concentram no BIM. Os autores reforçam que tendo o BIM como o centro do sistema ciberfísico é possível aprimorar o ciclo de vida da construção, já que esse sistema de colaboração autônoma possibilita melhorar a capacidade de lidar com grandes volumes de dados.

2.1.10. Realidade Aumentada

Realidade aumentada são tecnologias que permitem a interação entre o físico e o virtual é tido como um complemento poderoso para permitir uma melhor interação entre modelos BIM e canteiro de obras, facilitando a coordenação de sistemas e otimização dos projetos nas etapas de projeto e planejamento (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

A realidade aumentada proporciona uma experiência imersiva do mundo real por meio de uso dos dados virtuais (Aghimien *et al.*, 2022b), proporcionando uma fusão do físico com o digital. Essa tecnologia garante uma simulação rápida e precisa para o planejamento arquitetônico e estrutural de projetos de construção (Oke; Arowoia, 2021), sendo útil na documentação de contratos, planejamento de projetos e obtenção de informações no local e tempo real sobre a viabilidade de um projeto (Oke; Aliu; Onajite, 2023).

2.1.11. Realidade Virtual

Realidade Virtual é uma tecnologia que tem a capacidade de gerar cenas com aparência real a partir de sistemas computacionais, a realidade virtual pode proporcionar uma imersão total em modelos BIM (Aghimien *et al.*, 2022b), com a possibilidade da criação de um mundo digital.

A adoção dessa tecnologia permite revisões de *desing* ou um *tour* virtual, permitindo evitar a ocorrência de erros e atrasos no processo de construção, pois permitem avaliar os resultados de um projeto antes mesmo de ele ser concluído (Aiu; Oke, 2023). Além de ser aplicado em ambientes de imersão para orientação dos trabalhadores em temas como saúde e segurança ou logística de construção (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

2.1.12. Robótica

A robótica consiste na programação de máquinas para interagir de maneira autônoma com objetos, executando tarefas de forma mais eficiente e segura (Aiu; Oke, 2023). A interação de robótica e dos fluxos de trabalho automatizados possibilita a automação dos processos que demandam muita mão de obra, oferecendo alternativas econômicas para os profissionais da construção, com as máquinas já ganhando a capacidade de realizar atividades como alvenaria (Ebekoziem; Aigbavboa, 2021).

Oke *et al.* (2023b) ressaltam que a implementação da robótica e sistemas automatizados está transformando significativamente a indústria da construção, já que o uso dessas tecnologias promete aprimorar a eficiência, velocidade, qualidade e desempenho dos projetos.

2.1.13. Sensores

Sensores são dispositivos sensoriais que capturam informações em tempo real, e por detectarem alterações em uma grandeza física ou química, e converterem em sinais elétricos, com isso, os sensores são empregados para monitorar desde a integridade estrutural de edifícios e infraestruturas, garantir o funcionamento adequado de máquinas, equipamentos e sistemas, até conseguir avaliar o conforto térmico e entre outras opções de aplicação (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

Muitas vezes esses sistemas estão atrelados a Internet das Coisas, pela possibilidade de compartilhamento das informações adquiridas, e com o compartilhamento das informações pode auxiliar o processo de tomada de decisão em alguma situação específica. Por exemplo a utilização de tecnologias como identificação por radiofrequência (RFID) pode ser empregado para realizar verificações de materiais e inventário durante a fase de construção de um projeto.

Além disso, essas tecnologias permitem o monitoramento de ferramentas e contribuem para melhorar a segurança no canteiro de obras (Aliu; Oke, 2023).

2.1.14. Tecnologias Vestíveis

Composta por dispositivos eletrônicos inteligentes incorporados a vestimenta e/ou usuário, tecnologias vestíveis incluem por exemplo botas, capacetes, óculos e relógios inteligentes que promovem segurança adicional aos trabalhadores da construção civil construção (Oke *et al.*, 2024). No setor da construção a tecnologia é empregada para assegurar conformidade com medidas de prevenção a riscos ocupacionais, permitindo o monitoramento em tempo real dos trabalhadores, seus movimentos e atividades (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

Por exemplo, o desenvolvimento de exoesqueletos pode aprimorar o ambiente de trabalho para os operários da construção, os exoesqueletos auxiliares de braços por exemplos reduzem o desconforto nos ombros ao executar tarefas como levantar cargas pesadas, segurar, abaixar e perfurar acima da cabeça (Aiu; Oke, 2023). Por exemplo, ao utilizar um exoesqueleto motorizado, um trabalhador pode experimentar uma redução significativa, ou até mesmo nenhuma, lesão muscular e fadiga, mesmo quando executa movimentos repetitivos dos braços por longos períodos (Iranzo *et al.*, 2022).

2.2. Pesquisas anteriores sobre o uso de TD na indústria de AECO brasileira

Buscou-se identificar as pesquisas que abordaram o uso das Tecnologias Digitais (TD) no setor de construção brasileiro, tendo sido identificadas apenas duas realizadas pelo BIM Fórum Brasil (2022a, 2022b) que possuem um caráter abrangente, tanto em termos de geografia (pesquisa nacional), como abordam várias TD no setor. Uma delas investigou a perspectiva dos profissionais de engenharia, enquanto a segunda pesquisa foi direcionada aos profissionais de arquitetura e urbanismo. Vale salientar que, ambos os trabalhos, possuem caráter técnico, ou seja, não pretendem realizar análise de cunho científico, como pretendido na presente pesquisa.

Apesar de os setores da indústria, comércio e serviços relacionados à construção foram responsáveis por cerca de 6,5 % do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2021 (ABRAMAT, 2023), o setor de construção brasileiro ainda é atrasado no que se refere ao processo de transformação digital (Souza, 2021). Segundo esse autor, isso está relacionado com

os déficits nos índices da educação formal e profissional, o que tende a dificultar responder bem aos avanços tecnológicos.

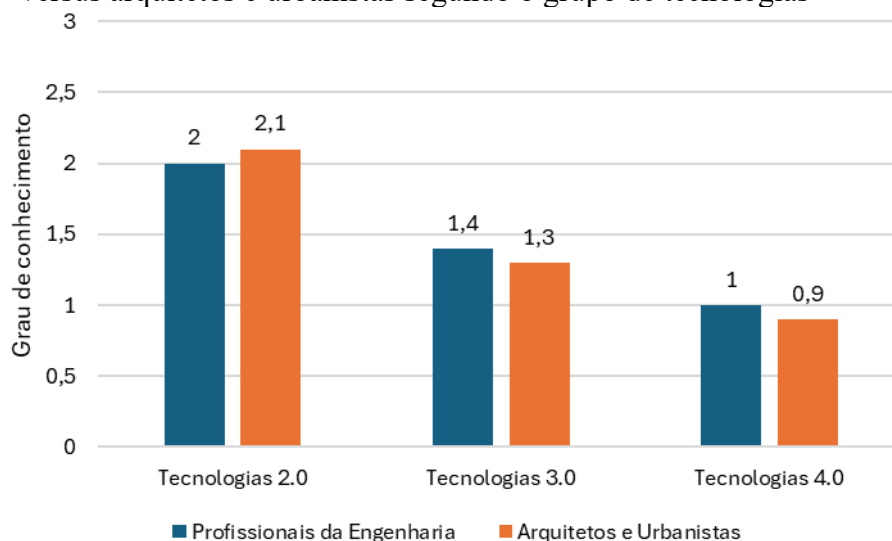
Nesse contexto, o BIM tem se destacado como tecnologia habilitadora. Por ser um modelo inteligente que cria uma representação digital de edifícios, pode ser considerado o centro de um sistema ciberfísico, e ajudar a melhorar diversas operações ao longo do ciclo de vida da construção (Dolla; Jain; Delhi, 2023). Diante disso, como uma alternativa para diminuir o atraso tecnológico do setor, e em consonância com a tendência global, nos últimos anos o Brasil empreendeu esforços para estabelecer uma política direcionada a adoção do BIM, através da criação da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR).

Oficializada pelo Governo Federal em 2018, através do Decreto nº. 9.377, e posteriormente pelo Decreto nº. 9.983, essa estratégia considera um horizonte de 10 anos para a adoção do BIM (BIM Fórum Brasil, 2022b). Outro marco é que o Congresso Nacional inseriu o BIM na Lei 14.133 de 2021, conhecida como a nova Lei de Licitações, indicando preferencialmente a adoção dessa modelagem, ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados.

Apesar dos esforços empreendidos, o mercado brasileiro ainda enfrenta desafios significativos na consolidação da adoção do BIM e de TD, como mostram as pesquisas do BIM Fórum Brasil (2022a, 2022b). De acordo com elas, há um progresso no entendimento e na utilização de soluções tecnológicas digitais entre os profissionais do setor, ao mesmo tempo que revelam lacunas na transição para estágios mais avançados de digitalização, incluindo a transformação de processos e modelos de negócios. Os profissionais nacionais demonstram interesse no tema e reconhecem necessidades específicas de orientação, capacitação e treinamento, sugerindo que eles estão não apenas conscientes dos desafios, mas também estão sensíveis à importância de implementar ações concretas para superá-los.

A Figura 2 compara o conhecimento médio dos profissionais de engenharia versus arquitetos e urbanistas segundo o grupo de tecnologias, classificadas na pesquisa em 2.0, 3.0 e 4. A escala aplicada na pesquisa era de 0 a 3, em que: 0 – Desconhecimento; 1 – Conhecimento Genérico; 2 – Conhecimento Aplicado e 3 – Conhecimento de Usuário (BIM Fórum Brasil, 2022a, 2022b).

Figura 2 - Grau de conhecimento dos profissionais de engenharia versus arquitetos e urbanistas segundo o grupo de tecnologias



Fonte: BIM Fórum Brasil (2022a, 2022b).

Foram consideradas Tecnologias 2.0, tecnologias como: CAD e *softwares* de planejamento de projetos. Já 3.0, tecnologias como: *softwares* paramétricos para modelagem e gestão de projetos. Por fim, Tecnologias 3.0: soluções em BIM integrado, Internet das Coisas, Realidade Aumentada, Realidade Virtual, VANTs, Inteligência Artificial entre outros.

Enquanto as tecnologias 2.0 atingem o maior grau de conhecimento (2,0 para o primeiro grupo e 2,1 para o segundo), as tecnologias inerentes aos grupos 3.0 e 4.0 possuem grau de conhecimento 30 a 50% inferior para os profissionais de engenharia e 40 a 55% inferior aos arquitetos e urbanistas. O que se deve ao fato de que apenas uma pequena parcela dos profissionais terem indicado ter grau de conhecimento de soluções tecnológicas dos grupos 3.0 e 4.0 que lhes permita aplicá-las afetivamente nas atividades relacionadas ao setor da construção civil (BIM Fórum Brasil, 2022a, 2022b).

Quando os profissionais de engenharia são consultados sobre aplicações-chaves de soluções tecnológicas 3.0, menos da metade (37,9%) manifestaram ter conhecimento como usuário, já entre as soluções 4.0 o resultado é ainda menor com apenas 25,5% dos profissionais afirmando ter conhecimentos específicos (BIM Fórum Brasil, 2022b).

Paralelamente, quando os profissionais de arquitetura e urbanismo são consultados sobre aplicações-chaves de soluções tecnológicas 3.0, menos da metade (41,4%) manifestaram ter conhecimento como usuário, já entre as soluções 4.0 o resultado é ainda menor com apenas 30,8% dos profissionais afirmando ter conhecimentos específicos (BIM Fórum Brasil, 2022a).

As principais lacunas identificadas pelas pesquisas foram: a) Baixo conhecimento de aplicações concretas de tecnologias digitais para a construção civil especialmente dos pacotes 3.0 e 4.0; b) Os formatos físico e digital análogo ainda fazem parte integral de processos chave de gestão da informação; c) Baixa adoção de soluções tecnológicas específicas para o setor e d) Baixo conhecimento e uso de metodologias de planejamento especialmente metodologias ágeis (BIM Fórum Brasil, 2022a, 2022b).

Souza (2021) ressalta que para que o Brasil se situe entre os países que fazem da Indústria 4.0 um dos vetores do processo de desenvolvimento é necessário o desenvolvimento de ciência e tecnologia, além do investimento em educação profissional atrelado a um melhor processo de produção, no qual a iniciativa privada precisa investir para o aumento da produtividade.

Traçado um breve panorama, a seguir detalham-se os benefícios dessas tecnologias para o setor da construção.

2.3. Benefícios das Tecnologias Digitais na indústria da construção

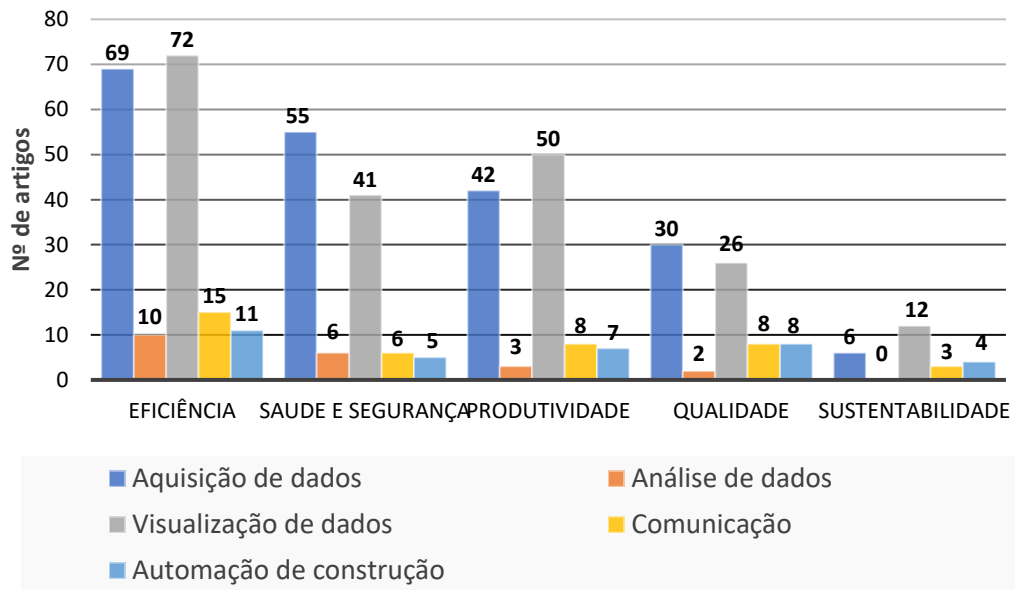
Quando se examina individualmente cada tecnologia, elas têm a capacidade de colaborar e solucionar vários desafios enfrentados atualmente pela indústria da construção, como: baixa eficiência, má gestão da segurança e baixa produtividade (Chen *et al.*, 2022). Esses mesmos autores identificaram em sua pesquisa de revisão sistemática, que os benefícios mais citados em decorrência da implementação das TDs foram: a melhoria na eficiência do trabalho, saúde e segurança, produtividade, qualidade e sustentabilidade.

As TDs têm promovido melhorias na tomada de decisão, além de ampliar a competitividade, a produtividade e a eficiência na realização de tarefas e reduzem os custos (Oke *et al.*, 2024). Aliu e Oke, (2023) agruparam os benefícios em seis grupos: 1) uma estrutura melhorada para as operações; 2) maior capacidade de inovação; 3) melhoria das práticas de segurança na construção; 4) maior vantagem competitiva; 5) maior precisão e 6) maior produtividade.

É importante notar que as tecnologias adotadas em qualquer setor ou negócio são selecionadas com base em suas necessidades específicas, aspecto que não foi abordado no desenvolvimento desse estudo, mas deve-se considerar que várias peças tecnológicas distintas podem estar em operação de forma simultânea, fazendo com que muitos dos benefícios estejam também interligados (Bajpai; Misra, 2022).

A partir de um estudo de revisão sistemática, Chen *et al.* (2022) associaram as categorias dos benefícios percebidos (eficiência, saúde e segurança, produtividade, qualidade e sustentabilidade) às categorias das tecnologias, a partir de suas funcionalidades (aquisição de dados, análise de dados, visualização de dados, comunicação e automação de construção). A Figura 3 apresenta o número de artigos com os benefícios encontrados pelos autores.

Figura 3 - Benefícios associados às categorias de tecnologias



Fonte: Chen et al. (2022).

Devido a abordagem holística considerada nesse estudo buscou-se tratar sobre os principais benefícios que podem ser obtidos a partir do uso de Tecnologias Digitais de forma geral. As subseções a seguir exploram de forma individual esses benefícios.

2.3.1. *Minimiza retrabalho*

As TDs permitem uma melhor compreensão dos trabalhos a serem realizados, além de permitir uma melhor comparação entre o projetado e o executado, o que faz com que os serviços sejam mais assertivos, minimizando os retrabalhos (Aliu; Oke, 2023). Por meio de TDs que oferecem informações em tempo real, é possível detectar erros de maneira mais ágil do que os métodos convencionais permitem, sem a aplicação das tecnologias (Elghaish *et al.* 2021). Bajpai e Misra (2023) também indicam a melhora da qualidade do produto como benefício da adoção das TDs.

O aumento da precisão dos dados gera um projeto de maior qualidade, consequentemente reduzindo a probabilidade de erros (Chen *et al.*, 2022). Oke *et al.* (2023b) indicam que a utilização da automação também contribui para a minimização do retrabalho, já que essa adoção melhora a qualidade dos projetos de construção.

2.3.2. Diminui o custo operacional

A utilização das TDs pode tornar os fluxos de trabalho automatizados proporcionam opções de economia de custos para a construção (Ebekoziem; Aigbavboa, 2021). Além disso, a possibilidade de rastreamento de localização interna de materiais e equipamentos também é indicada como um benefício advindo do uso dessas tecnologias, que auxilia na redução dos custos (Chen *et al.*, 2022).

As TDs contribuem a resolver problemas relacionados à custos e tempo de projetos por conseguirem identificarem erros antes da construção, muitas vezes através da possibilidade de visualização e minimização de retrabalhos (Aghimien *et al.*, 2024).

2.3.3. Melhora a tomada de decisão

Devido à possibilidade de dados atuais, na maioria dos casos em tempo real, e de melhor qualidade, sejam eles coletados, gerados ou apresentados pelas TDs, é possível uma melhor tomada de decisões, além da possibilidade de acesso em qualquer lugar e a qualquer hora (Aliu; Oke, 2023). Atrelado a isso Chen *et al.*, (2022) ressaltam que o uso das TDs auxilia a eliminar as lacunas temporais e espaciais entre o canteiro de obras e o escritório de gestão, que pode ocorrer com a automação dos fluxos de trabalho.

Aghimien *et al.*, (2024) ressaltam, também, um outro aspecto importante: melhorar e facilitar o processo de tomada de decisão, através de uma melhor análise de dados de projetos anteriores, com base nos dados armazenados de outros projetos e construções.

2.3.4. Aumenta a eficiência

Bajpai e Misra (2023) indicam a melhoria de produtividade como um dos benefícios advindos da adoção das TDs. Além disso, os autores indicam também uma maior eficiência dos recursos, muitas vezes atrelado a melhor qualidade dos dados compartilhados, possibilitando uma melhor comunicação, principalmente se isso ocorrer de forma automatizada. Aghimien *et*

al., (2024) reforçam essa ideia, ao indicarem a melhora de produtividade como um dos benefícios advindos da adoção das TDs.

2.3.5. *Aumenta a segurança do trabalho*

Um dos aspectos que pode ser melhorado com a adoção das TDs é segurança, dada a falta de uma cultura sólida de saúde e segurança nos canteiros de obras, que resulta em um número persistentemente alto de acidentes e vítimas durante a execução de projetos no ambiente construído (Aliu; Oke, 2023). Por exemplo, com a adoção de métodos de automação, como o uso de robôs, é possível reduzir significativamente tanto as lesões no local de trabalho quanto os erros humanos (Aghimien *et al.*, 2023b).

Adicionalmente, a capacidade de monitorar e analisar os dados provenientes dos canteiros de obras pode ser uma ferramenta valiosa na detecção de potenciais riscos à segurança. A integração das TDs também possibilita a identificação de perigos durante a fase de planejamento, facilitando a seleção de alternativas e contribuindo para um planejamento mais eficaz da segurança no local antes do início da construção (Chen *et al.*, 2022).

2.3.6. *Melhora a comunicação*

TDs podem reduzir a fraca comunicação entre as equipes de projetos e conseqüentemente melhorar a comunicação entre os participantes (Aliu; Oke, 2023). Segundo esses autores, um dos aspectos que contribui para essa melhora é a possibilidade de acesso aos dados em qualquer lugar a qualquer hora, contribuindo para aumentar a transparência nos processos de negócios. Aghimien *et al.*, (2024) também indicam o uso de sistemas de informações para melhorar a comunicação.

Chen *et al.* (2022) ainda ressaltam que essa melhora na comunicação não é apenas entre os projetistas, os clientes também são favorecidos com uma melhor interação dada o uso das TDs no desenvolvimento do projeto de construção.

2.3.7. *Promove a melhoria*

De forma geral, a implementação das TDs nas atividades e procedimentos da indústria da construção pode resultar em uma estrutura operacional mais sólida, aumento da precisão, tempos de respostas mais ágeis, conflitos reduzidos, comunicação em tempo real,

colaboração aprimorada, diminuição de despesas redução de erros construtivos e aprimoramento da eficácia construtiva (Aliu; Oke, 2023). Wang *et al.* (2024) resumem esses benefícios em um maior sucesso de todo o projeto de construção, e conseqüentemente, melhorando a competitividade das empresas. Ou seja, promovem melhorias de um modo geral.

Uma vez apresentado os benefícios, a seguir, também são apresentados os estudos que abordam as barreiras à adoção das Tecnologias Digitais na Indústria da Construção

2.4. Barreiras a adoção das Tecnologias Digitais na Industria AECO

Apesar das vantagens potenciais que as TDs oferecem a indústria da construção, como destacado na seção anterior, ainda persistem desafios para sua de adoção (Wang *et al.*, 2024; Chen *et al.*, 2023a). A seguir, abordam-se os estudos anteriores que investigaram esses desafios, ou seja, os fatores que influenciam a baixa adoção das TDs no setor. É importante salientar que, como o presente estudo não trata de uma tecnologia em específico – se sim do uso de maneira geral, foram consideradas apenas as barreiras relevantes para o uso de múltiplas TDs. Em outras palavras, aquelas barreiras específicas de apenas uma tecnologia que não pudessem ser ampliadas para outras, como por exemplo, a portabilidade de sistemas de equipamentos de Realidade Aumentada (Oke; Arowoia, 2022), não foram discutidas nessa subseção.

Em uma revisão da literatura, Chen *et al.* (2023a) identificaram dezessete barreiras relevantes, baseando sua classificação em estudos anteriores como Tabatabaee, Mahdiyar e Ismail (2021) e Tan *et al.* (2019): 1) dilemas financeiros; 2) atitudes e questões de mercado; 3) falta de conhecimento e sensibilização; 4) falta de apoio e governança e 5) questões tecnológicas. Os pontos abordados por esses autores são facilmente encontrados em outros estudos que buscaram compreender as barreiras que a indústria da construção enfrenta ao buscar adotar as TDs.

No presente estudo, foram consideradas e categorizadas as barreiras, conforme o Quadro 3, as quais são detalhadas nas subseções seguintes.

Quadro 3 - Categoria e barreiras consideradas

Categorias	Barreiras
Ambiente de negócios	Falta de estímulo governamental
	Necessidade de normatização
	Necessidade de segurança legal para o uso
Aspectos Organizacionais	A necessidade de a empresa possuir um planejamento estratégico para implementação das TDs.

	A necessidade de a empresa compreender os benefícios da adoção das TDs
	A necessidade da alta direção estar engajada na implementação
	A necessidade de a empresa possuir uma cultura de aprendizado
Recursos Necessários	Custo associado a implementação e operação
	A necessidade de infraestrutura para implementação.
	A necessidade da segurança dos dados.
	A necessidade de mão de obra qualificada

Fonte: Autora (2024).

2.4.1. Ambiente de negócios

Chen *et al.* (2023a) identificaram que os governos podem facilitar o acesso ao financiamento para empresas de construção e ao incentivo à demanda por TDs no mercado por meio da formulação de políticas adequadas. Bajpai e Misra (2022) elencam que uma forma do governo apoiar esse ecossistema crescente da adoção das TDs é através da introdução de programas educativos que proporcionam as competências necessárias a força de trabalho.

Além disso, Oke *et al.* (2023b) citam que o conceito de licitação pelo valor mais baixo, adotado em muitos países, faz com que as propostas que incluem o uso de TDs para melhorar seus projetos, práticas e saúde e segurança, na maioria das vezes percam para concorrentes menos comprometidos com elas.

Outro aspecto importante é a falta de padronização, já que os padrões de construção não foram totalmente adotados devido à escassez de regulamentos ou normatizações, que cercam a adoção das TDs (Oke; Aliu; Onajite, 2023). Atrelado a isso, tem-se, também, a importância de construir um ambiente contratual/regulatório maduro para lidar com incertezas jurídicas relacionadas a adoção de TDs, já que a ausência de diretrizes e normas específicas para a adoção de TDs pode igualmente desestimular os profissionais incorporarem as TDs em seus ambientes de trabalho (Bademosi; Issa, 2021; Oke; Aliu; Onajite, 2023).

2.4.2. Aspectos organizacionais

Já sobre questões internas às organizações, Aliu e Oke (2023) reforçam a necessidade de um plano estratégico para implementação das TDs, ideia também defendida por Dolla, Jain e Delhi (2023).

A ausência de consciência e compreensão das TDs e de suas vantagens foi identificada como uma barreira fundamental para a ampla adoção dessas tecnologias (Chen *et*

al. 2023a). Isso é mais crítico na indústria de AECO, considerando a sua natureza conservadora, é comum encontrar resistência por partes envolvidas no processo (Oke; Aliu; Onajite, 2023). Muitos trabalhadores também são altamente resistentes à mudança, podendo ser uma barreira potencial a digitalização (Bajpai; Misra, 2022). Oke *et al.* (2023b) explicam que a dificuldade em aceitar mudança, propensão natural dos humanos, impediu as organizações de construção integrarem estratégias de digitalização na sua abordagem, até mesmo pela natureza fragmentada e baseada em projetos que o setor atua.

Por essa razão, a falta de engajamento e suporte adequado por parte da alta administração foi reconhecida como uma barreira significativa à adoção das TDs (Oke; Aliu; Onajite, 2023). Yadav *et al.* (2023) elencam a necessidade da alta gestão estar consciente da importância estratégica das TDs, já que a adoção dessas tecnologias depende desse entendimento firme, ainda mais porque se o plano de negócios atual satisfaz suas necessidades, pode surgir uma mentalidade de que as práticas e processos já estabelecidos são suficientes e cause o atraso tecnológico dessas organizações.

Dentro desse contexto, Bajpai e Misra (2022) indicam que a má gestão de topo é uma das razões por trás do fracasso de novos projetos inovadores, especialmente porque, por vezes, as equipes encarregadas de tal implementação são mal administradas. Chen *et al.* (2023a) realçam que o envolvimento e apoio da alta administração são necessários para resolver conflitos de gestão e auxiliar a superar os desafios relacionados à implementação das TDs.

De forma correlata, tem-se a falta de mão de obra experiente o que consequentemente afeta a confiança entre os participantes do projeto e causa a falta de partilha de informação, fator importante para promoção e implementação das TDs (Oke; Aliu; Onajite, 2023), sendo então necessário que a empresa implemente uma cultura de aprendizado para fortalecer a relação entre os participantes e auxiliar na adoção das TDs.

2.4.3. Recursos necessários

A adoção de novas Tecnologias Digitais pode acarretar custos significativos, incluindo despesas iniciais com *softwares*, *hardwares*, capacitação de equipe, contratação de novos profissionais e custos de manutenção de equipamentos (Tabatabaee; Mahdiyar; Ismail, 2021; Oke; Aliu; Onajite, 2023). Chen *et al.* (2023a) ressaltam que esses altos custos de investimento são identificados a partir de vários estudos que pesquisaram a aplicação das TDs.

Oke *et al.* (2023b) ressaltam que essa é uma das principais barreiras para adoção principalmente de robótica e sistemas de automação na indústria da construção, já que são

sistemas caros para aquisição e manutenção, fatores que desencorajam sua utilização, especialmente em economias emergentes e em médias e pequenas empresas. Adicionalmente, os autores ainda reforçam que essas tecnologias podem demandar atualizações e aprimoramentos frequentes, o que pode representar um desafio para as organizações de construção.

Além disso, para garantir a entrega eficiente de serviços e a gestão adequada de ativos digitais e conectados à rede, a adoção das tecnologias requer uma conexão à internet estável e de alta velocidade (Bajpai; Misra, 2022). Os autores também elencam a existência de problemas como baixa capacidade de armazenamento, capacidades de monitorização inadequadas e capacidade computacionais insuficientes. Em alguns casos, até mesmo a falta de infraestrutura básica como o fornecimento de energia elétrica pode ser considerada um dificultador ao incentivo da construção, que é busca uma inovação para melhorar as aplicações digitais na indústria da construção (Ebekoziem; Samsurijan, 2024).

Apesar dos avanços promissores na pesquisa tecnológica, questões éticas, de privacidade, de volume de dados e segurança dos dados relacionados às TDs representam uma barreira a ser superada. Assim, a falta de confiabilidade e criptografia de informações são frequentemente tidas como barreiras (Chen *et al.*, 2023a).

Bajpai e Misra (2022) explicam que como o uso das TDs requerem conectividade global, o que embora forneça acesso universal, também aumenta a vulnerabilidade a ataques, aumentando significativamente as necessidades de segurança. Oke; Aliu; Onajite (2023) ressaltam que a indústria da construção tem sido propensa a ataques cibernéticos que resultam em roubo de informações privadas e acesso a arquivos não autorizados.

Esses são alguns dos obstáculos predominantes que impactam o setor da construção, dificultando a implementação eficaz da digitalização. Dessa forma, o estudo em questão inclui entre as dimensões consideradas nessa pesquisa os benefícios e as barreiras para investigar a adoção das TDs no setor de construção brasileiro. Mais que isso, também foi considerada a sinergia entre os temas de TDs e os princípios da Construção Enxuta, como abordado na próxima subseção.

2.5. Tecnologias Digitais e Construção Enxuta

A escolha por abordar a sinergia desses se deu por três razões principais. Primeiro porque a autora percebe como necessária a estabilidade da produção e a padronização das operações do setor para viabilizar o uso de tecnologias. Se um processo é muito variável e

pouco padronizado, o uso de TD pode se tornar ineficaz. Os princípios de estabilidade e padronização estão no cerne da Construção Enxuta. Segundo, as empresas de construção do Brasil, e do Ceará em especial, são amplamente reconhecidas pela aplicação da Construção Enxuta. Terceiro, e finalmente, porque a literatura já aponta uma relação positiva entre eles (Uvarova; Orlov; Kankhva, 2023), cabendo sua avaliação empírica, como aqui desenvolvido.

De modo sucinto, a Construção Enxuta (CE) pode ser vista como a aplicação de conceitos, ferramentas e técnicas *Lean* ao projeto e a construção (Altan; Işik, 2023). Esses mesmos autores explicam que a aplicação da CE vai além dos objetivos comuns da indústria da construção como cumprir orçamento, cronograma e qualidade, ela busca melhorar o processo geral, agregando valor ao cliente, reduzindo desperdícios e riscos, reduzindo tempo, custo e variabilidade do fluxo de trabalho, melhorando a produtividade eficiência, qualidade processos, controle de estoque, cooperação das partes interessadas e saúde e segurança.

Em sua análise da literatura sobre a digitalização e os princípios de CE, Uvarova, Orlov e Kankhva (2023) identificaram um dualismo de opiniões. Alguns estudos apontam que a combinação de CE com ferramentas digitais resulta em um aumento do valor agregado nas cadeias de valor. Por outro lado, também há pesquisadores que defendem a separação entre a CE e digitalização, argumentando que digitalizar os processos não é apenas ineficaz, mas resulta em desperdícios de recursos financeiros e de tempo.

Nesse cenário, alguns pesquisadores têm investigado como os princípios CE podem se relacionar com a adoção das TDs, examinando a natureza dessa interação e os potenciais benefícios decorrentes dessa combinação especificamente no setor da construção. Inicialmente, Sacks *et al.* (2010) evidenciaram uma sinergia entre *Lean* e BIM e apontaram uma matriz com 56 interações com benefícios na utilização simultânea de funcionalidades BIM e princípios *Lean*. Desde então essa foi a temática considerada por outros autores (Tezel *et al.*, 2020; Uvarova, Orlov e Kankhva, 2023; Landim, 2023). De forma geral, tais pesquisas indicam que além de ainda ser um tema atual, a abordagem integrada entre esses dois conceitos tem levado a melhores resultados e é necessária para eliminar problemas no setor da construção.

Já Sacks *et al.* (2020) abordaram o Gêmeo Digital atrelado a um modelo de gerenciamento, que aproveita dados de monitoramento e Inteligência Artificial para fornecer informações precisas para o modelo de operação do edifício. Altan e Işik (2023) também abordaram Gêmeos Digitais e a CE e concluíram que o custo da mão de obra qualificada e a oportunidade de reduzir o desperdício são os fatores cruciais. Uvarova, Orlov e Kankhva (2023) identificaram a redução do tempo de construção, devido à otimização dos processos

administrativos e gestão digital integrada da construção, como os principais efeitos da integração entre CE e TDs.

Esses estudos mostram que existem fortes interações entre CE e as Tecnologias Digitais, diante do aumento da complexidade dos projetos, e conseqüentemente da quantidade dos dados, os métodos de CE necessitam de um sistema de comunicação abrangente que apresente dados de forma compreensível, consistente e visual, além de dependerem de informações e recursos que requerem suporte da tecnologia da informação para serem mantidos (Sacks *et al.* 2020). Com base nisso, esses autores reforçam que a integração das TDs com a CE utiliza de forma eficiente os dados e métodos disponíveis, influenciando a gestão e a execução da construção, resultando em uma possível estratégia para reduzir o desperdício e a variabilidade nos processos.

Concordando com esse pensamento, Uvarova, Orlov e Kankhva (2023) reforçam que a incorporação de TDs na aplicação de processos de CE ajudam a reduzir o tempo necessário para consolidar dados, realizar reuniões e atualização de *status*, aprimorando os processos de tomada de decisão. Esses autores indicam que trabalhar em um ambiente digital oferece uma nova abordagem para executar tarefas existentes na CE, trazendo vantagens específicas. Com isso a integração das TDs em programas de CE não deve ser vista como uma ferramenta adicional, mas sim como fonte de informações consolidadas que promove o avanço da empresa e seus projetos. Portanto, pode-se argumentar em favor da complementariedade dos princípios de CE e das TDs, em que a aplicação de um facilita a implementação do outro (Florescu; Barabas, 2022).

As TDs proporcionam diversos benefícios, como tratado na seção anterior, incluindo monitoramento e controle em tempo real, aprimoramento da eficiência, reforço na segurança, melhor avaliação de riscos, maior colaboração e sinergia, suporte aprimorado à tomada de decisão e comunicação mais eficaz. Esses benefícios também estão alinhados com as práticas de CE, como redução de desperdícios, aumento do valor, transparência e visualização de processos, apoio a melhoria contínua, desenvolvimento de talentos e o aprimoramento de controle de produção (Altan; Işik, 2023).

A utilização dos princípios de CE em conjunto com as TDs pode potencializar os benefícios alcançados por esses métodos. Além disso, organizações familiarizadas com os princípios de CE podem ter uma compreensão mais clara dos benefícios da adoção das TDs, já que alguns desses benefícios também são alcançados através da aplicação dos princípios da CE. Isso pode resultar em uma facilitação no processo de adoção dessas tecnologias.

Dessa forma, buscando compreender a influência que os princípios de CE podem ter na propensão ao uso de Tecnologias Digitais, foram considerados nessa pesquisa os princípios apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Princípios da CE considerados nesse estudo

Melhorar os fluxos de trabalho.
Minimizar as atividades que não agregam valor.
Reduzir a variabilidade do processo.
Identificar desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte desnecessário, retrabalho, entre outros).

Fonte: elaborado com base em Koskela (1992, 2004).

Com base nisso, essas foram as dimensões consideradas para a elaboração dessa pesquisa, compreender como benefícios, barreiras e princípios de CE podem influenciar na propensão a adoção das TDs. Desta forma, na próxima seção apresenta-se o modelo teórico proposto, explorando os benefícios, as barreiras, os princípios de CE para uma melhor compreensão do fenômeno estudado.

2.6. Modelo teórico proposto

A revisão da literatura feita ofereceu *insights* relevantes sobre os principais elementos que influenciam a propensão ao uso das tecnologias digitais no setor da construção. Esses *insights* foram organizados e originaram um modelo teórico para compreender o fenômeno em análise.

Um modelo tem como principal objetivo representar uma realidade ou fenômeno específico, sendo derivado de observações empíricas sobre os fatos estudados e as possíveis relações entre variáveis (Cooper; Shindler, 2011). Já Miguel *et al.* (2012) observam que os modelos podem ser construídos com base no conhecimento existente de conceitos, provenientes de outros especialistas em modelagem, ou ser desenvolvido pelo próprio pesquisador durante sua investigação, como é o caso nesse estudo. Esses autores reforçam ainda que o objetivo é que esses modelos sejam representações que gerem resultados o mais próximo possível da realidade que se deseja retratar.

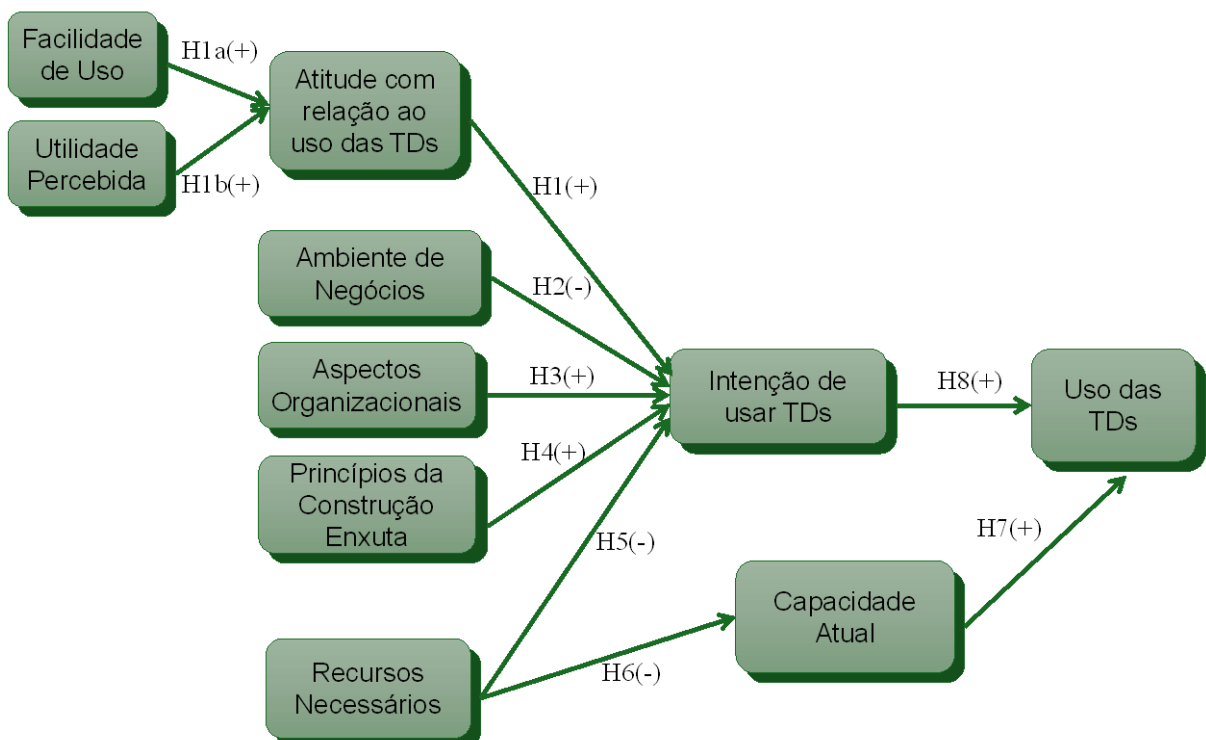
A revisão da literatura possibilitou a identificação de várias dimensões que influenciam o uso das Tecnologias Digitais no setor de construção. Esse estudo adota uma perspectiva abrangente sobre o uso das TDs, dessa forma, não se concentrou em questões específicas de uma determinada tecnologia, em nenhuma das dimensões consideradas para a

elaboração do modelo. Além disso, optou-se por considerar esses aspectos de forma mais geral para evitar que o modelo se tornasse excessivamente extenso, o que poderia prejudicar a coleta dos dados. Por exemplo, o custo associado a implementação e operação, é tratado de forma unificada, entretanto, apenas o aspecto custo poderia ter sido desmembrado em vários outros aspectos como: a) Custo inicial relacionados a *software*; b) Custo inicial relacionado a *hardware*; c) Custo relacionado ao treinamento da mão de obra; d) Custo de manutenção de equipamento; e) Custo relacionado a operação da TD; f) Custo relacionado a necessidade e manutenção, entre outros.

Para a elaboração do modelo foram consideradas as seguintes dimensões: a) benefícios associados ao uso das TDs (ver subseção 2.3), considerados como Utilidade Percebida; b) barreiras associadas ao uso das TDs (ver Quadro 3), para essa dimensão foram consideradas as categorias de Ambiente de negócios, Aspectos organizacionais e os Recursos Necessários; e c) princípios de CE (ver Quadro 4).

Assim, o modelo teórico proposto está esquematizado na Figura 4.

Figura 4 - Modelo teórico proposto



Fonte: Autora (2024)

Com base no modelo teórico proposto, o Quadro 5 representa a síntese dessas dimensões consideradas e as respectivas hipóteses, bem como a relação prevista entre as variáveis dependentes e independentes.

Quadro 5 - Hipóteses de pesquisa

Antecedente	Hipóteses	
Facilidade de Uso	H1a (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a facilidade de uso das Tecnologias Digitais influencia positivamente a atitude com relação ao uso das TDs no setor de construção brasileiro.
Utilidade Percebida	H1b (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a utilidade percebida advinda do uso das Tecnologias Digitais influencia positivamente a atitude com relação ao uso das TDs no setor de construção brasileiro.
Atitude com Relação ao Uso das Tecnologias Digitais	H1 (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a atitude com relação ao uso das Tecnologias Digitais influencia positivamente a intenção de usar as TDs no setor de construção brasileiro.
Ambiente de negócios	H2 (-)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção o ambiente de negócios influencia negativamente a intenção de usar as TDs no setor de construção brasileiro.
Aspectos Organizacionais	H3 (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção os aspectos organizacionais influenciam positivamente a intenção de usar as TDs no setor de construção brasileiro.
Princípios da Construção Enxuta	H4 (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção os princípios de construção enxuta influenciam positivamente a intenção de usar as TDs no setor de construção brasileiro.
Recursos Necessários	H5 (-)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção os recursos necessários influenciam negativamente a intenção de usar as TDs no setor de construção brasileiro.
Recursos Necessários	H6 (-)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção os recursos necessários influenciam negativamente o comportamento de uso atual das TDs no setor de construção brasileiro.
Capacidade Atual	H7 (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção o comportamento atual influencia positivamente a propensão ao uso das TDs no setor de construção brasileiro.

Intenção de Usar as Tecnologias Digitais	H8 (+)	Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a intenção de usar as Tecnologias Digitais influencia positivamente a propensão ao uso das TDs no setor de construção brasileiro.
--	--------	--

Fonte: Autora (2024)

Pelas relações propostas no modelo, esse estudo busca investigar empiricamente as hipóteses de pesquisa para identificar os fatores determinantes para a propensão ao uso de TDs no setor de construção brasileiro, conforme avaliado pelos participantes da pesquisa. As variáveis contidas em cada construto são detalhadas na metodologia e estão apresentadas no Quadro 6.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A presente seção está subdividida em duas, inicialmente será apresentado o enquadramento metodológico da pesquisa e por fim é apresentado o delineamento da mesma, contendo a descrição das etapas para a execução do trabalho.

3.1. Enquadramento metodológico da pesquisa

A presente pesquisa considera a abordagem quantitativa com objetivo descritivo. Conforme Richardson (2011) o método quantitativo envolve a quantificação dos dados, tanto na coleta de informações quanto na análise, utilizando técnicas estatísticas. Assim, os dados são medidos e as amostras representam uma população, cujos resultados se aplicam a toda ela (Malhotra, 2011). Com base nessas amostras é possível fazer inferências sobre as características, atitudes ou comportamento dessa população (Creswell, 2010).

Quanto ao objetivo é descritiva, uma vez que essa pesquisa buscou identificar os determinantes da propensão ao uso das tecnologias digitais no setor de construção brasileiro, e investigou o estado atual do uso das TDs pelos profissionais dessa indústria. Segundo Vergara (2000), a pesquisa descritiva revela as características de um fenômeno específico (estado atual do uso das TDs), estabelecendo as correlações entre as variáveis e delineando sua natureza (identificar os fatores determinantes para o uso das TDs).

Quanto à lógica de pesquisa, esta pode ser considerada como dedutiva, em que se parte de uma teoria preliminar e a testa com base observação empírica (Collis; Hussey, 2005).

Em termos de resultados esta pesquisa é do tipo aplicada, já que objetiva gerar conhecimentos que podem aplicados por profissionais e organizações que busquem adotar as Tecnologias Digitais, identificando os fatores determinantes para esse uso.

Como estratégia de pesquisa, realizou-se uma *Survey*. Essa abordagem consiste em questionar o público-alvo sobre suas motivações, comportamentos ou percepções por meio de questionários estruturados, visando obter as informações necessárias para atingir o objetivo da pesquisa (Malhotra, 2011). O termo estruturado refere-se ao nível de padronização na coleta dos dados. Os participantes podem ser questionados verbalmente, por escrito ou por meio eletrônico (Malhotra; Nunan; Birks, 2017). Por fim, os resultados são comparados com pesquisas anteriores e com a teoria existente.

Uma vez apresentados os fundamentos metodológicos que embasaram a pesquisa, a próxima seção detalha a operacionalização da pesquisa, ou seja, como esses pressupostos foram executados em um delineamento de pesquisa.

3.2. Delineamento da pesquisa

O delineamento da pesquisa foi elaborado com base em Gil (2008), conforme pode apresentado na Figura 5, e detalhado nas subseções seguintes.

Figura 5 - Etapas do método de trabalho



Fonte: Gil (2008)

3.2.1. Especificações dos objetivos

Inicialmente, traçou-se como objetivo geral “Identificar quais são os fatores determinantes da propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro”, como resposta à questão de pesquisa levantada “Quais são os fatores determinantes da propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro?”. A partir desse, traçaram-se os objetivos específicos, que, conforme Gil (2008), devem descrever, nos termos mais claros possíveis e exatos, o que será obtido no levantamento (*survey*).

Dessa forma, para atender ao primeiro objetivo específico da pesquisa, “investigar o estado atual do uso das TDs pelos profissionais da indústria da construção brasileira”, definiu-

se para o levantamento questionamentos para a caracterização do indivíduo (sexo, idade, formação, cargo, nível de familiaridade com a temática da pesquisa), assim como para a caracterização da sua organização (tempo de atuação da empresa, tipo de obra, tipo de mão de obra utilizada) e questões voltadas para o uso das Tecnologias Digitais em si, como por exemplo: quais tecnologias estão sendo aplicadas pelos profissionais brasileiros? Em quais fases do processo construtivo estão sendo aplicadas? Ha quanto tempo estão sendo utilizadas?

Para o segundo objetivo específico, “propor um modelo teórico utilizando as dimensões que influenciam a adoção das Tecnologias Digitais no setor da construção”, foram adotadas as etapas indicadas por Christensen (2006) que indica a existência de três etapas envolvidas no desenvolvimento de um modelo: 1) identificar os construtos do modelo, 2) classificar esses construtos e 3) estabelecer suas conexões.

Assim, inicialmente foi feita uma revisão da literatura existente, por meio de pesquisa à base de dados Scopus, selecionada devido à sua cobertura abrangente de artigos e à acessibilidade de publicações mais recentes (Arora *et al.*, 2023). Foram selecionados artigos que tratassem a respeito do tema geral dessa pesquisa que é Tecnologias Digitais no setor da construção e, especificamente, a respeito do uso dessas tecnologias, barreiras, benefícios e mudanças, contidos nas palavras-chave, título e resumo do artigo.

A pesquisa foi realizada em dezembro de 2023, com critérios de pesquisa “TITLE-ABS-KEY(((*construction*) and {“*digital technology*”}) and {*adoption*} OR {*implementation*} OR {*challenges*} OR {*barriers*} OR {*advantages*} OR {*benefits*”}, a recuperação iniciou retornando uma total de 961 documentos. Foram aplicados filtros com o intuito de reduzir e orientar os resultados, começando pela limitação da área de engenharia, o que diminuiu os resultados para 514 documentos. Dando continuidade os documentos foram limitados a artigos revisados por pares, retornando 204 resultados. Em seguida foi limitada a linguagem a inglês, com 184 artigos e, por fim, foi definido o intervalo de tempo, os últimos cinco anos (2018 a 2023), resultando nos 170 artigos analisados na próxima etapa.

Esses 170 estudos passaram pela leitura de título e resumo, para identificar aqueles que realmente tratavam sobre as Tecnologias Digitais, de forma mais abrangente e relacionados apenas a indústria AECO. Após essa leitura foram identificados 29 trabalhos que tratavam pelo menos do uso de duas tecnologias digitais, não sendo incluídos os trabalhos voltados a uma tecnologia específica, ou relacionados a outros setores industriais, tais estudos foram lidos e analisados na íntegra.

A segunda etapa, classificação dos construtos, foi realizada a partir desses 29 trabalhos, pois eles embasaram a revisão da literatura sobre a temática, e a partir deles foi

possível constatar as dimensões que influenciam o uso das Tecnologias Digitais no setor da construção, conforme abordado na segunda seção, de Referencial Teórico desse estudo. É importante ressaltar que esses 29 trabalhos não foram a única fonte de pesquisa, mas sim a inicial, já que outros estudos que foram encontrados ao longo dessa investigação também foram considerados.

Com base nesses conhecimentos foi realizada a terceira etapa, que foi estabelecer suas conexões, de forma a organizar e relacionar as dimensões encontradas na literatura. A compilação desse conhecimento foi apresentada no modelo teórico proposto, apresentado a síntese das dimensões consideradas na Figura 4 e a relação prevista entre as variáveis e as hipóteses consideradas (Quadro 5).

Por fim, para os outros objetivos específicos elencados foram organizados com base nos construtos identificados e adotados no modelo acima proposto, ou seja, mensurar a percepção de profissionais brasileiros de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos fatores: a) facilidade de uso percebida; b) utilidade percebida; c) atitude em relação ao uso; d) ambiente de negócios; c) aspectos organizacionais; d) filosofia de produção; e) recursos necessários; f) intenção de uso; g) capacidade atual e h) uso atual na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção. A próxima subseção detalha a operacionalização desses construtos.

3.2.2. Operacionalização dos conceitos e variáveis

Gil (2008) reforça que muitos fatores e fenômenos não são passíveis de observação imediata e muito menos de mensuração, nesses casos, é necessário operacionalizar esses conceitos ou variáveis, ou seja, torná-los passíveis de observação empírica e de mensuração.

O questionário dessa pesquisa contemplou questões que são naturalmente passíveis de mensuração (caracterização do respondente e da organização), e outras nas quais foi necessário estruturar variáveis para medir o construto latente. A mensuração dos dados qualitativas é complexa e necessária quando o objetivo da pesquisa é entender opiniões e percepções dos participantes, como no estudo em questão (Costa Júnior, 2024). Esse autor realça que a escala *Likert* está inserida nesse contexto, e tem sido um método popular aplicado para coletar e medir a percepção dos indivíduos dentro de determinado contexto, fornecendo conhecimento a partir de avaliações qualitativas do universo do estudo.

Para tanto, a percepção dos participantes foi obtida através de 36 asserções do tipo *Likert* de 10 pontos, sendo que 1 significa discordar totalmente e 10 concordar totalmente, cujas

respostas relataram o grau de concordância ou discordância com os fatores para a propensão de uso das tecnologias digitais. Costa (2011) argumenta que usar escalas de dez pontos codificadas apenas em seus extremos (de 1 = discordo totalmente até 10 = concordo totalmente, por exemplo) tem como vantagens a eliminação de codificações difusas nos pontos intermediários, além de eliminar o problema da neutralidade ou indecisão presumidas para o ponto central de escalas com número ímpar de pontos, não raro, elemento gerador de vieses ou problemas de avaliação de resultados.

As asserções com avaliação em escala *Likert* de 10 pontos e seus respectivos construtos foram apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Construtos, Código e Variáveis

Construto	Código	Variável
Facilidade de Uso Percebida	FU1	Consigo aplicar facilmente.
	FU2	Sei escolher facilmente uma tecnologia.
Utilidade Percebida	UP1	Minimizam retrabalho.
	UP2	Diminuem o custo operacional.
	UP3	Melhoram a tomada de decisão.
	UP4	Aumentam a eficiência.
	UP5	Aumenta a segurança do trabalho.
	UP6	Melhora a comunicação entre os participantes.
	UP7	Promove a melhoria.
Atitude em Relação ao Uso	AT1	Eu acho que é uma boa ideia.
	AT2	Gera benefícios diversos.
	AT3	É útil para o meu trabalho.
	AT4	Eu gosto de usar no meu trabalho.
Ambiente de Negócios	AN1	O governo estimula (legislação exigindo o uso, promovendo financiamento, disseminando, etc.).
	AN2	O uso está normatizado.
	AN3	Há segurança legal para o seu uso.
Aspectos Organizacionais	AO1	A nossa empresa possui um planejamento estratégico para sua implementação.
	AO2	Elas apoiam o alcance da nossa estratégia empresarial.
	AO3	Nossa alta direção está engajada na implementação.
	AO4	Nossa empresa tem uma cultura de aprendizado.
Filosofia de Produção (Construção Enxuta)	CE1	Melhorar os fluxos de trabalho.
	CE2	Minimizar as atividades que não agregam valor.
	CE3	Reduzir a variabilidade do processo.
	CE4	Identificar desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte desnecessário, retrabalho, entre outros).
Recursos Necessários	RN1	O custo associado a implementação e operação.
	RN2	A necessidade de infraestrutura (<i>hardware</i> , <i>software</i> e rede).
	RN3	A segurança dos dados.
	RN4	A necessidade de mão de obra qualificada.
Intensão de uso	IU1	Está disposto a utilizar.

	IU2	Tem a intenção de expandir para outras fases do empreendimento.
	IU3	Pretende adotar novas tecnologias.
Capacidade atual de uso	CA1	Tem habilidades para usar.
	CA2	Vê vários outros profissionais usando.
	CA3	Vê outros profissionais especializados.
Uso atual	UA1	Usa em seu dia a dia.
	UA2	Outros setores da empresa que você trabalha usa.

Fonte: Autora (2024)

Após essas considerações foi possível elaborar o instrumento de coleta de dados, etapa detalhada na próxima subseção.

3.2.3. *Elaboração do instrumento de coleta de dados*

Para a coleta de dados foi utilizado um questionário eletrônico composto por três seções. A primeira parte consistiu na caracterização dos respondentes com dados sociodemográficos, contendo 10 perguntas. A segunda parte consistiu em uma caracterização geral da empresa e dos empreendimentos nos quais os respondentes atuavam, bem como quais tecnologias eram aplicadas e em que fase do empreendimento elas eram empregadas, com 12 perguntas. A terceira e última parte ficou composta por 36 asserções para medir a percepção dos respondentes sobre as dimensões que influenciam o uso das Tecnologias Digitais no setor da construção, que foram avaliadas através da escala *Likert*. O questionário foi submetido à duas rodadas de pré-teste, conforme descrito na próxima subseção.

3.2.4. *Pré-teste do instrumento*

Antes da utilização definitiva do questionário Gil (2008) indica que ele precisa ser testado preliminarmente para a análise de possíveis falhas, como inconsistências, ambiguidades ou perguntas desnecessárias. Após a identificação dessas falhas, o questionário deve ser reformulado com as devidas correções. É importante que o pré-teste seja realizado em populações com características semelhantes àquela que da população alvo de estudo, pois o pré-teste também auxiliará a verificar a clareza e a precisão dos termos, o tempo médio para respondê-lo e se as perguntas seguem uma lógica sequencial (Gil, 2008).

Nesse estudo o questionário foi submetido a duas rodadas de pré-teste. A primeira delas com três diretores de empresas de construção com experiência nos temas. Este primeiro grupo forneceu *insights* sobre a forma do questionário, não havendo observações quanto às

variáveis utilizadas. Ou seja, não houve críticas ao conteúdo das questões, sejam as de caracterização inicial ou as asserções que constituem a medição os construtos. A modificação implementada consistiu na otimização da linguagem das perguntas, devido à duração para responder ao questionário.

A segunda rodada do pré-teste foi realizada com três engenheiros que atuam em nível operacional (um autônomo, um em sala técnica de construtora e outro em obra). O objetivo da segunda rodada foi avaliar se as modificações realizadas a partir do *feedback* do primeiro grupo foram suficientes para reduzir o tempo de resposta do questionário. Ainda, para ter um perfil operacional respondendo à pesquisa, ampliando os perfis do pré-teste.

Pode-se verificar que o objetivo foi alcançado, pois no primeiro grupo a duração das respostas foi de 15 a 17 minutos e no segundo cerca de 10 min. Além disso, uma questão foi subdividida em duas, em vista da observação realizada por um dos participantes que criticou uma questão que versava sobre “armazenamento de dados” e “segurança de dados” em uma mesma asserção. Os respectivos itens foram separados em duas questões diferentes. Após esses ajustes o questionário foi direcionado aos respondentes. A versão aplicada está disponível no Apêndice A.

3.2.5. Seleção da amostra

A pesquisa coletou dados por amostragem não probabilística e por conveniência. Para Malhotra (2011) a amostragem não probabilística é aquela em que é definida um critério para a seleção desses elementos, no caso da presente pesquisa o critério utilizado foi profissionais de arquitetura, engenharia e construção que estejam atuando no mercado. Dado que o objetivo do estudo foi explorar a propensão ao uso das Tecnologias Digitais, a amostra pode incluir todos os profissionais de arquitetura, engenharia e construção atuantes no mercado brasileiro, e não apenas aqueles que já estão familiarizados com essas tecnologias. A amostragem foi por conveniência devido à sua capacidade de chegar aos participantes com base na sua acessibilidade, disponibilidade e proximidade com os pesquisadores (Malhotra, 2011).

Sobre o tamanho da amostra, inicialmente buscou-se atender o que foi definido por Hair *et al.* (2009), sendo aconselhável o mínimo de 100 respostas e para resultados mais robustos, 5 respostas por item da escala utilizada. Como se trata de 36 asserções, buscou-se 180 respostas, como ponto de encerramento da coleta. Entretanto, não foi possível alcançar esse resultado em virtude do prazo para conclusão dessa dissertação.

Foram alcançadas ao total 154 respostas, que é acima do mínimo determinado por Hair et al. (2009). Pearson e Mundform (2010) indicam que o tamanho de uma pesquisa que busca realizar Análise Fatorial Exploratória, como no caso da presente pesquisa, deve-se considerar entre 150 e 300. Já Akintoye (2000) sugere que até mesmo valores abaixo de 150 podem ser consideráveis como aceitáveis. Outros estudos semelhantes usaram amostras menores como, por exemplo, Nguyen *et al.* (2024) com amostra com 136 respostas válidas e Olanrewaju *et al.* (2022) com 90 respostas.

3.2.6. Coleta e validação dos dados

A coleta de dados foi feita por meio de um de questionário *online* do Google Forms durante os meses de março e abril de 2024. A opção por uma pesquisa com a coleta de dados através de um questionário *online* oferece uma maneira conveniente e acessível de coletar dados de uma ampla e diversificada amostra, permitindo participantes de várias localidades. Isso permite ampliar o alcance do estudo e proporciona flexibilidade, já que os participantes possam responder em seu próprio tempo.

A divulgação da pesquisa ocorreu por meio das redes sociais (Instagram e WhatsApp) e por e-mail. Nas mídias sociais realizou-se publicação com convite para participação na pesquisa, tanto em perfis institucionais como o do GERCON (Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil da Universidade Federal do Ceará) e do NiC (Núcleo de Inovação na Construção da UFC Campus de Crateús), quanto no perfil pessoal dos pesquisadores. Os contatos pessoais também se deram via WhatsApp. A pesquisa também foi divulgada por meio de e-mails que estavam armazenados em um banco de dados próprio e de entidades de classe como SINDUSCON-CE (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará) e SENGE-CE (Sindicato dos Engenheiros no Estado do Ceará). Estima-se que a divulgação alcançou em torno de 1000 pessoas.

Foram recebidas 154 respostas (15,4 % dos questionários enviados), aos quais foi feita uma triagem inicial para identificação de respostas inconsistentes. Após esse passo foram excluídas 6 respostas. Dessas, um respondente era estudante e outros 5 foram excluídas devido aos respondentes estarem inseridos no mercado internacional e não no mercado nacional, foco desse estudo. Assim, restaram 148 resposta que foram submetidas aos seguintes testes estatísticos básicos para avaliação da qualidade da amostra: (1) rastreamento de valores ausentes (*missing values*) em todos os casos; (2) rastreamento de valores ausentes (*missing*

values) em todas as variáveis; (3) identificação preliminar de respostas não engajadas; e (4) identificação de valores extremos.

Não foram identificados valores ausentes para cada respondente (passo 1) ou para cada variável (passo 2), o que sugere que a redação dos itens questionados foi bem compreendida pelos respondentes. Para buscar eventuais respostas não engajadas (passo 3) e valores extremos (passo 4), foi utilizado o critério do desvio-padrão das respostas de cada caso (respondentes). Para 3, analisou-se os valores de σ das respostas por indivíduo que foram menores que 0,500 e para o passo 4, verifica-se entradas cujas respostas apontaram um único valor para os itens da escala, o que levaria o desvio-padrão para $\sigma = 0,000$ (Costa, 2011), dessa forma para atender esses dois pontos foram retiradas amostras que tiveram $\sigma < 0,5$, assim foram retiradas 4 respostas.

Após esses procedimentos a amostra final ficou composta por 144 respostas válidas. Este quantitativo cumpre parcialmente os requisitos para condução de uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009) e está compatível com outros estudos semelhantes, cujas amostras foram até menores, como o caso de Nguyen *et al.* (2024) com amostra com 136 respostas válidas e Olanrewaju *et al.* (2022) com 90 respostas.

3.2.7. Análise e interpretação dos dados

A análise de dados se deu com a tabulação e tratamento dos dados e a posterior realização de análises estatísticas e interpretação dos resultados obtidos.

Os dados foram tabulados no Excel, devido à familiaridade da autora com o seu uso. Em seguida realizou-se um tratamento para os campos de variáveis categóricas de identificação, cujas respostas eram abertas ou previam a opção “Outros”, com descrição livre inserida pelo respondente. Nessa situação se incluem os campos “Formação”, “Cargo”, “Área de atuação”, “Cidade sede da empresa”, “Praça de atuação da empresa”, “Tipo de obra” e “Tipo de mão de obra”. Nesses casos, houve apenas a padronização das respostas, que na maioria dos casos era a mesma resposta, apenas escrita de forma diferente, por exemplo, sobre a cidade sede da empresa com resposta indicando “Fortaleza”, “Fortaleza – CE”, “Fortaleza/ Ce”, que foram tratadas para o mesmo padrão.

A análise estatística se deu em três etapas. Na primeira delas traçou-se o perfil dos respondentes, por meio de estatísticas descritivas, bem como para as variáveis apresentadas no Quadro 6. Atrelada a análise de estatísticas descritivas, seguiu-se com o teste de normalidade por meio de estatísticas de assimetria e curtose e do teste de Kolmogorov-Smirnova (KS).

Também realizou-se análise de correlação. Subsequentemente, foram realizadas a Análise Fatorial Exploratória (AFE), empregando o Jamovi 2.2.5 e o IBM SPSS Statistics 21.

Essas análises são detalhadas nas próximas subseções.

3.2.7.1. *Estatísticas descritivas*

Inicialmente, para análise dos dados, recorreu-se a estatística descritiva para traçar o perfil dos respondentes, levando em conta aspectos individuais e aspectos profissionais, e para o perfil de empresas e das obras. Foram adotadas análises de estatísticas descritivas – média, desvio-padrão, coeficiente de variação curtose e assimetria.

As medidas de assimetria e curtose analisam a distribuição dos dados nas variáveis e verificam a normalidade da variável, que devem ser observadas com cautela caso os valores sejam divergentes dos valores entre -1 e +1 de assimetria e curtose, pois isso é um indício de possíveis problemas na análise fatorial, em termos de cargas fatoriais e comunalidades (Costa, 2011). À rigor, os valores limites estão entre 3 e 10 (Hair et al., 2011). Adicionalmente recorreu-se ao teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) para confirmar a hipótese de normalidade das variáveis.

A hipótese nula do KS é que a amostra segue a mesma distribuição que a normal. A hipótese alternativa diz que as duas distribuições são diferentes. Assim, para avaliar a normalidade de uma variável, o valor de p deve ser maior que 0,05 (seja qual for o valor de significância estabelecido).

Dando continuidade, também foram realizadas análises de correlação e covariância entre as variáveis explicativas (independentes) e as variáveis dependentes do estudo. A análise de correlação se deu pelo coeficiente de correlação de Pearson (r), por se tratar de variáveis mensuradas em escalas. Espera-se obter para os resultados da correlação para cada construto (i) correlações estatisticamente significativas entre 0,2 e 0,9 (Costa, 2011) e (ii) a maioria dos valores significativos seja superior a 0,3 (Hair et al., 2009). O estudo dos coeficientes de correlação é importante para a decisão de realizar uma análise fatorial, tendo em vistas que a mesma só é adequada quando a maior parte das correlações atendem os limites acima citados

3.2.7.2. *Análise Fatorial Exploratória (AFE)*

Na segunda fase da análise dos dados, realizou-se a validação da medida dos construtos do modelo proposto, utilizando AFE e calculando os coeficientes de confiabilidade da escala para cada construto. Conforme Costa (2011) a AFE é um procedimento de redução de variáveis com o agrupamento de um conjunto de itens de variação conjunta em um mesmo fator. Dessa forma é possível verificar como os itens se comportam, sem estabelecer uma expectativa a priori. Em outras palavras, a análise fatorial exploratória define a estrutura subjacente do construto (HAIR et al., 2005).

Associado ao método de extração máxima verossimilhança com a rotação varimax. A rotação Varimax busca fatores não correlacionados entre si, facilitando a interpretação da validade discriminante da análise. Cabe salientar que para a análise de cada construto, o número de fatores extraídos foi definido livremente pela própria ferramenta estatística, utilizando o critério da raiz latente, ou autovalores (eigenvalues), no qual apenas os fatores que têm raízes latentes maiores que 1 são considerados significantes, e os demais, descartados.

O Teste de esfericidade de Bartlett foi usado em combinação com Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para avaliar a adequação da amostragem. Utiliza-se o teste de Bartlett com o intuito de avaliar a hipótese de que a matriz das correlações pode ser a matriz de identidade, com determinante igual a 1, isso significa que as interrelações entre as variáveis são iguais a 0, não sendo indicado a utilização da técnica em questão (Fávero *et al.*, 2009). Já o KMO varia entre 0 e 1 e avalia a adequação da amostra quanto ao grau de correlação parcial entre as variáveis. Estar próximo a 0 indica que a análise fatorial pode não ser adequada pois existe baixa correlação entre as variáveis. Quanto mais próximo de 1 o seu valor, mais adequado é a utilização da técnica. Assim valores para KMO iguais ou inferiores a 0,6 indicam que tal análise pode ser inadequada, pois pode existir fator comum entre as variáveis (Fávero *et al.*, 2009).

O Quadro 7 apresenta os valores de referência para KMO.

Quadro 7 – Valores de referência para KMO

Valor da medida KMO	Análise Fatorial
0,9 a 1	Muito boa
0,8 a 0,9	Boa
0,7 a 0,8	Média
0,6 a 0,7	Razoável
0,5 a 0,6	Ruim
<0,5	Inaceitável

Fonte: Fávero *et al.* (2009).

Para identificar a adequação dos itens aos fatores, utilizou-se a comunalidade e as cargas fatoriais cruzadas – validade discriminante (Hair *et al.*, 2009). Em relação às cargas fatoriais, os valores considerados estatisticamente significativos variam conforme o tamanho da amostra da pesquisa. O Quadro 8 apresenta uma recomendação geralmente aceita como referência.

Quadro 8 – Valores de referência para cargas fatoriais

Carga Fatorial	Tamanho da amostra
0,3	350
0,35	250
0,4	200
0,45	150
0,5	120
0,55	100
0,6	85
0,65	70
0,7	60
0,75	50

Fonte: (Hair *et al.*, 2009)

Portanto, para o tamanho da amostra desta pesquisa ($n = 144$), cargas fatoriais superiores a 0,45 podem ser consideradas aceitáveis para as variáveis de cada fator gerado pela solução. Entretanto, utilizou-se a comunalidade ($>0,50$) e as cargas fatoriais cruzadas ($>0,70$) (Hair *et al.*, 2009).

Por fim, a consistência interna da escala foi validada a partir do alfa de Cronbach's ($\alpha > 0,8$ é considerado quase perfeito) (Cronbach, 1951) e o ômega de McDonald ($\omega > 0,70$) (McDonald, 2011). É importante salientar que o ômega de McDonald é considerado uma medida mais apropriada para verificar a consistência interna (Sijtsma, 2009; Sijtsma; Pfadt, 2021), pois leva em consideração a carga fatorial e a importância de cada item dentro do fator. Tanto o alfa de Cronbach's como o ômega de McDonald foram calculados com o Jamovi 2.2.5.

3.2.7.3. *Análise Fatorial Confirmatória (AFC) com modelagem de equações estruturais*

A terceira etapa da análise dos dados se deu por meio de Análise Fatorial confirmatória (AFC) com modelagem de equações estruturais. O objetivo dessa etapa foi validar o modelo teórico proposto, ou seja, testar a hipótese de aderência do conjunto de itens aos fatores em uma estrutura fatorial predefinida na fase anterior, de AFE (Costa, 2011). Ainda

de acordo com esse autor, o procedimento é baseado na significância. Se $p > 0,05$, compreende-se que os itens mensuram adequadamente o construto.

O Quadro 9 apresenta uma recomendação geralmente aceita como referência para a análise fatorial confirmatória.

Quadro 9 – Valores de referência para a análise fatorial confirmatória

Medidas	Valor de Referência
Qui-quadrado (χ^2)	-
Graus de liberdade (gl)	-
χ^2 /gl	<5
P value	>0,05
Índice de adequação do ajustamento (GFI)	> 0,90
Índice de ajuste comparativo (CFI)	> 0,90
Raiz do erro quadrático médio aproximado (RMSEA)	< 0,09
Índice de ajuste normalizado (NFI)	> 0,90
Tucker Lewis Index (TLI)	> 0,90

Fonte: Costa (2011, com adaptações).

A operacionalização do modelo integrado foi realizada com IBM SPSS® Amos. A amostra foi considerada aceitável para o uso da técnica equações estruturais em comparação com estudos anteriores, como por exemplo, Nguyen *et al.* (2024) com amostra com 136 respostas válidas e Olanrewaju *et al.* (2022) com 90 respostas.

3.2.8. Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados foi realizada por meio de tabelas e ilustrações, apresentando as medidas as análises realizadas, conforme supracitado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a conclusão da coleta de dados, as respostas dos questionários passaram por uma série de procedimentos iniciais de análise, conforme detalhado anteriormente. Nessa seção serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos dados. Isso inclui os assuntos abordados nas próximas seções: caracterização dos respondentes que contemplará o perfil dos respondentes, das empresas e das obras, o uso de Tecnologias Digitais pelos profissionais da AECO do Brasil, a análise do modelo teórico proposto que contemplará as estatísticas descritivas dos construtos, as análises de correlação dos construtos, as análises fatoriais exploratória e confirmatória das escalas propostas; e também é tratado sobre o modelo de equações estruturais explicativo das relações entre os construtos estudados nesse trabalho. Esses resultados foram construídos com o objetivo de confirmar os fatores da pesquisa e atender aos objetivos estabelecidos nesse estudo.

4.1. Caracterização dos respondentes, suas empresas e obras

Inicialmente, realizou-se uma análise do perfil dos respondentes, das empresas e das obras para as 144 respostas válidas que compuseram a amostra da pesquisa.

4.1.1. Perfil dos respondentes

Como perfil dos respondentes foram consideradas as seguintes informações: (i) idade; (ii) gênero; (iii) formação; (iv) titulação máxima; (v) tempo de atuação; (vi) cargo; (vii) área de atuação; (viii) nível de familiaridade com o tema Tecnologia Digitais, e (ix) nível de familiaridade com o tema *Lean*.

A Tabela 1 a faixa etária e o gênero dos respondentes.

Tabela 1 - Faixa etária e gênero dos respondentes

Faixa etária	Masculino		Feminino		Total		
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	% Acumulada
20 - 29 anos	35	34	24	60	59	41	41
30 - 34 anos	31	30	8	20	39	27	68
35 - 39 anos	6	6	0	0	6	4	72
40 - 44 anos	5	5	5	13	10	7	79
45 - 49 anos	10	10	1	3	11	8	87
50 - 54 anos	6	6	0	0	6	4	91
55 - 59 anos	7	7	2	5	9	6	97

Faixa etária	Masculino		Feminino		Total		
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	% Acumulada
60 - 64 anos	2	2	0	0	2	1	99
65 - 69 anos	0	0	0	0	0	0	99
70 - 79 anos	2	2	0	0	2	1	100
Total	104	72	40	28	144	100	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação ao gênero, verifica-se uma predominância do masculino com 72% dos respondentes. Já sobre a faixa etária, a maioria está entre 20 e 29 anos (41%), com 68% até 34 anos. Portanto, a amostra está majoritariamente composta por jovens adultos, o que era esperado, uma vez que os mais jovens naturalmente são mais propensos ao uso de tecnologia.

Tabela 2 apresenta as informações referente a formação e a titulação dos respondentes.

Tabela 2 - Formação e titulação dos respondentes

Formação	Grad.	Esp.	MBA	Mestrado	Doutorado	Pós-Dout.	Qtde	%
Engenharia Civil	36	43	19	27	2	2	129	90
Arquitetura	6	1	0	0	0	0	7	5
Tecnólogos	0	1	1	1	0	0	3	2
Engenharia Elétrica	0	0	0	2	0	0	2	1
Engenharia de Produção	0	0	0	1	0	0	1	1
Engenharia Mecânica	0	0	1	0	0	0	1	1
Engenharia Elétrica	0	1	0	0	0	0	1	1
Total	42	46	21	31	2	2	144	100
%	29	32	15	22	1	1	100	

Legenda: Grad. – Graduação; Esp. – Especialização (strictu sensu); Pós-Dout. – Pós-Doutorado.

Fonte: Dados da pesquisa.

A maioria dos respondentes têm formação em engenharia civil (90%), com 28% destes apenas com graduação e 48% com especialização ou MBA. A maioria dos participantes da amostra (70,83 %) possui formação além da graduação sugerindo que são profissionais que valorizam a busca por conhecimento adicional para aprimorar suas carreiras, o que pode influenciar positivamente o interesse pela temática de Tecnologias Digitais, indicando um comprometimento em se manter atualizado no mercado de trabalho.

A Tabela 3 apresenta o tempo de atuação dos respondentes.

Tabela 3 - Tempo de atuação dos respondentes

Tempo de atuação	Quantidade	% Relativa	% Acumulada
Até 1 ano	5	3	3
De 1 a 5 anos	51	35	39
De 6 a 10 anos	34	24	63
De 11 a 20 anos	24	17	79
Mais de 20 anos	30	21	100
Total	144	100	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Sobre o tempo de atuação o maior percentual foi dos que possuem de 1 a 5 anos (35%), seguido dos que estão com tempo de atuação entre 6 e 10 anos (24%). A maioria da amostra (61 %) possui tempo de atuação superior a 5 anos, o que indica uma amostra constituída de profissionais com conhecimento de mercado.

Os respondentes também foram questionados sobre o cargo que ocupam e a sua área de atuação. Para simplificar a análise das respostas variadas sobre os cargos dos respondentes, optou-se por categorizá-las em diferentes níveis hierárquicos. Estes níveis incluem: o estratégico, que abrange cargos como administradores, CEOs, diretores, sócios, bem como, os profissionais autônomos, que tem autoridade para tomar decisões estratégicas sobre suas atuações, incluindo a adoção de Tecnologias Digitais; o nível tático, que inclui supervisores, líderes, gestores, gerentes e coordenadores; e por fim, o nível operacional, que engloba analistas, assistentes, auxiliares, projetistas e orçamentistas.

Os resultados desse levantamento são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Área de atuação e nível hierárquico dos respondentes

Área de Atuação/ Nível hierárquico	Estratégico	Tático	Operacional	Total	%
Projetos	12	7	28	47	33
Gestão/Execução	27	15	25	67	47
Consultoria	11	2	4	17	12
Finanças	0	1	0	1	1
Projetos e Gestão/ Execução de obras	1	0	4	5	3
Fiscalização	0	0	2	2	1
Licitações	0	1	0	1	1
Setor Público	0	0	4	4	3
Total	51	26	67	144	100
%	35	18	47	100	

Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se que o nível hierárquico com maior participação é operacional (46%), sendo o nível tático o menor representado (35%). Essa distribuição é interessante para a análise realizada nessa pesquisa, pois são explorados construtos relacionados aos diferentes níveis como ambiente de negócios (mais ligado ao nível estratégico), aspectos organizacionais (abrange os diferentes níveis) e de produção (mais enfatizado no tático e operacional). Entre as áreas de atuação destacam-se a Gestão/Execução (46%), seguida por Projetos, (33%), sendo essas as duas principais áreas de atuação desses respondentes (80%).

Por último, para a caracterização do perfil dos respondentes, eles foram questionados a respeito no seu nível de familiaridade nas temáticas de Tecnologias Digitais e *Lean*, esses dados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Grau de familiaridade dos respondentes com as temáticas de TDs e *Lean*

Familiaridade com os temas	Tecnologias Digitais			Lean		
	Qtde	%	% Acum	Qtde	%	% Acum
Completamente novo para mim.	0	0%	0%	6	4%	4%
Não é realmente familiar;	0	0%	0%	12	8%	13%
Apenas marginalmente familiar;	9	6%	6%	13	9%	22%
Mais ou menos familiar;	42	29%	35%	49	34%	56%
Bom conhecimento;	82	57%	92%	49	34%	90%
Muito familiar, minha área de expertise;	11	8%	100%	15	10%	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

A maioria dos participantes (94%) indicou ter no mínimo de familiaridade com a temática das TDs, sendo 57% assinalando um bom conhecimento. A mesma tendência foi observada sobre o conhecimento sobre o *Lean*, com 83% dos participantes indicaram um mínimo de familiaridade, sendo 34% um grau de mais ou menos familiar e outros 34% um bom conhecimento. Tais resultados qualificam os respondentes para o propósito do estudo, uma vez que conhecem a temática de TD e de *Lean* – um dos construtos especificados para a pesquisa.

Após essa caracterização dos respondentes, na próxima seção, realizou-se a caracterização das empresas desses participantes. É importante salientar que alguns respondentes são profissionais liberais.

4.1.2. Perfil das empresas (e profissionais liberais)

Para compor a caracterização das empresas (profissionais liberais), foram consideradas as seguintes informações: (i) tempo de atuação; (ii) faturamento aproximado do último ano; (iii) cidade sede e (iv) praça de atuação.

A Tabela 6 apresenta o tempo de atuação e o faturamento aproximado do último ano.

Tabela 6 - Faturamento aproximado do último ano e tempo de atuação das empresas/Profissionais liberais

Faturamento/ Tempo de atuação	Até 1 ano	De 1 a 5 anos	De 6 a 10 anos	De 11 a 20 anos	Mais de 20 anos	Total	%
Até R\$81 mil (Microempreendedor Individual)	6	15	4	4	2	31	21,53
R\$81 < Faturamento <= R\$360 mil (Micro Empresa)	2	16	5	3	0	26	18,06
R\$360 mil < Faturamento <= R\$4,8 milhões (Empresa de Pequeno Porte)	5	14	5	6	2	32	22,22
R\$ 4,8 < Faturamento <= R\$ 300 milhões (Média Empresa)	3	5	12	7	10	37	25,69
Maior que R\$ 300 milhões (Grande Empresa)	3	4	1	3	7	18	12,50
Total	19	54	27	23	21	144	100,00
%	13,19	37,50	18,75	15,97	14,58	100,00	

Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto ao faturamento aproximado do último ano, é possível perceber que a amostragem é bem dividida, apresentando uma média de 20 % entre as categorias apresentadas, variando de um limite inferior de 12,50 % (Maior que R\$ 300 milhões (Grande Empresa)) e um limite superior de 25,69 % (Maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões (Média Empresa)). É interessante observar essa distribuição, pois ela permitirá uma visão abrangente sobre o mercado de construção brasileiro, no tocante ao tamanho das organizações. Sobre o tempo de atuação é visível uma maior participação de empresas com tempo de atuação entre 1 e 5 anos (37,50 %) e na maioria sendo caracterizada como empresas jovens de até 10 anos (69,44 %).

A Figura 6 apresenta as informações a respeito da distribuição das empresas/profissionais liberais no território nacional.

Figura 6 - Distribuição das respostas e das(os) empresas/profissionais liberais pelo Brasil



Fonte: Dados da pesquisa.

As cidades com mais representatividade foram Fortaleza-CE com 44 respondentes (30,56 %), seguidas de Juazeiro do Norte-CE com 23 participantes (15,97 %). É possível perceber que a maioria das empresas/profissionais liberais tem sua sede no estado do Ceará, o que era esperado uma vez que corresponde ao estado dos pesquisadores e, por consequência, os seus principais contatos que ajudou na acessibilidade, disponibilidade e proximidade para a amostragem. Entretanto, foi percebida a presença de outros 14 estados nacionais e o Distrito Federal, tendo uma representatividade de 59,26 % do território nacional reforçando o alcance nacional do questionário, o que é corroborado pela praça de atuação, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Praça de atuação das empresas/profissionais liberais

Praça de Atuação	Quantidade	Percentual
Municipal	24	16,67
Regional	43	29,86
Estadual	41	28,47
Nacional	36	25,00

Fonte: Dados da pesquisa.

A praça de atuação das empresas variou entre um inferior 16,67 % (Municipal) e 29,86 % (Regional), confirmando uma boa distribuição entre as empresas/profissionais liberais que responderam ao questionário, já que a praça de atuação está relacionada com o tamanho da empresa, item verificado na Tabela 6.

A seguir, detalha-se o perfil das obras que essas empresas e profissionais atuam.

4.1.3. Perfil das Obras

Para compor a caracterização das obras foram consideradas as seguintes informações: (i) tipo de obra; (ii) porte mais representativo; (iii) tipo de mão de obra utilizada. A classificação utilizada do porte de obra seguiu os parâmetros da Tabela 8.

Tabela 8 – Parâmetros de referência para o porte das obras

Porte	Área construída (m ²)	Faturamento bruto anual (R\$)	Funcionários
Micro	≤ 250	≤ 100.000	≤ 6
Pequeno	250 < e ≤ 1.000	100.000 < e ≤ 200.000	6 < e ≤ 50
Médio	1.000 < e ≤ 5.000	200.000 < e ≤ 2.000.000	50 < e ≤ 100
Grande	5.000 < e ≤ 10.000	2.000.000 < e ≤ 15.000.000	100 < e ≤ 500
Excepcional	> 10.000	> 15.000.000	> 500

Fonte: Oliveira *et al.* (2022) e Saldanha *et al.* (2022).

A Tabela 9 apresenta o tipo de obra e o porte da obra.

Tabela 9 - Tipo e porte da obra

Tipo e porte da obra	Micro	Pequeno	Médio	Grande	Excepcional	Qtde	%
Residenciais Classe A (alto padrão)	10	19	11	17	8	65	15,78
Residenciais Classe B (médio padrão)	20	23	16	13	6	78	18,93
Residenciais Classe C (baixo padrão)	13	14	4	10	0	41	9,95
Comerciais	17	21	13	14	7	72	17,48
Industriais	3	6	9	14	7	39	9,47
Públicas (edificações)	3	6	16	13	1	39	9,47
Públicas (Infraestrutura)	4	4	11	19	8	46	11,17
Públicas (Habitação de Interesse Social)	1	2	4	12	0	19	4,61
Outros	0	2	3	2	6	13	3,16
Nº de respondentes	26	33	30	37	18	144/412*	100
Percentual (%)	18,06	22,92	20,83	25,69	12,50	100	

Legenda: * Cada respondente poderia assinalar mais de um tipo de obra.

Fonte: Dados da pesquisa.

A maior representatividade é de obras de grande porte (25,69 %). Entretanto não é uma maioria significativa, já que a média do percentual dos portes das obras é 20,00 %, entre um limite inferior de 12,50 % (Excepcional) e um limite superior de 25,69 % (Grande), demonstrando uma boa distribuição dos portes das obras entre os respondentes. Em relação ao tipo de obra predominam Obras Residenciais Classe B (médio padrão) com 18,93 %, seguido de Comerciais com 17,48 % e Residenciais Classe A (alto padrão) com 15,78 %. A menor representatividade foi para “Outros” tipos que incluíram: Obras Particulares (Infraestrutura), Setor hospitalar, Patrimônio histórico, Logística, Usina solares, Energia e Mineração.

Por último, A Tabela 10 apresenta o tipo de mão de obra utilizada nos canteiros.

Tabela 10 - Tipo de mão de obra utilizada nos canteiros

Tipo de mão de obra	Quantidade	Percentual
Própria	18	12,50%
Terceirizada	41	28,47%
Majoritariamente própria, com alguns serviços terceirizados	46	31,94%
Majoritariamente terceirizado, com alguns serviços próprios	25	17,36%
Não se aplica	14	9,72%
Total	144	100,00%

Fonte: Dados da pesquisa.

Pode-se verificar que o tipo de mão de obra com maior representatividade foi “Majoritariamente própria, com alguns serviços terceirizados” (31,94 %), seguido de Terceirizada (28,47 %) e posteriormente de “Majoritariamente terceirizado, com alguns serviços próprios” (17,46 %). Na categoria de “Não se aplica”, foram enquadrados os respondentes que indicaram trabalhar apenas com elaboração de projetos e fiscalização.

Com isso, conclui-se a etapa de caracterização dos participantes e passa-se à análise do Uso das tecnologias por esses profissionais, conforme apresentado na próxima seção.

4.2. Uso de tecnologias digitais pelos profissionais de AECO do Brasil

Para contribuir para uma compreensão mais abrangente do cenário atual das TDs na indústria da construção brasileira. Neste sentido, a Tabela 11 apresenta o percentual dos profissionais que usam Tecnologias Digitais (TD).

Tabela 11 - Quantidade de TDs utilizadas pelos profissionais

Quantidade de TDs utilizadas	Percentual entre todos os profissionais	Percentual entre os que aplicam
Não usam	12,50	-
1 Tecnologia	11,11	12,70
2 Tecnologias	13,19	15,08
3 Tecnologias	13,89	15,87
4 Tecnologias	11,81	13,49
5 Tecnologias	6,94	7,49
6 Tecnologias	9,03	10,32
7 Tecnologias	10,42	11,90
8 Tecnologias	6,25	7,14
9 Tecnologias	2,08	2,38
10 Tecnologias	1,39	1,59
11 Tecnologias	0,69	0,79
12 Tecnologias	0,00	0,00
13 Tecnologias	0,69	0,79
14 Tecnologias	0,00	0,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se parte dos profissionais (12,50 %) não aplicam nenhuma TD em suas atividades cotidianas. Entre aqueles que aplicam, a maioria (57,14 %) aplicam até 4 tecnologias em suas atividades. Uma pequena parcela de respondentes aplica mais de 10 tecnologias (1,59 %), e não foram identificados respondentes que apliquem todas as tecnologias citadas, ou que apliquem 12 delas.

Dentre da análise dos resultados dessa maioria (57,14 %) que aplicam até 4 tecnologias é possível perceber uma tendência da ordem de aplicação das tecnologias 77,78 % desses profissionais adotam o BIM, 63,89 % aplicam a computação em nuvem, 29,17 % usam os Veículos Aéreos Não Tripulados, e 20,83 % a Realidade Virtual, esses resultados indicam que ao buscar iniciar a adoção de TDs, essas são as mais comuns e as primeiras a serem utilizadas entre os profissionais da construção brasileira. As tecnologias que aparecem com os percentuais mais baixos, indicando possíveis dificuldades relacionadas a sua utilização são *Blockchain* aparece com 2,78%, Tecnologias Vestíveis com 1,39% e Robótica, não foi indicada entre essa categoria de respondentes que aplicam até 4 tecnologias. Indicando um possível campo de investigação da aplicação dessas tecnologias no setor da construção.

A Tabela 12 apresenta, para cada tecnologia estudada, o percentual de aplicação ou não pelos 144 respondentes.

Tabela 12 - Percentual de uso para cada tecnologia

Tecnologias Digitais	% que usam	% não usam
Big Data	19,44 %	80,56 %
<i>Blockchain</i>	6,25 %	93,75%
Computação em Nuvem	65,97 %	34,03 %
Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT)	43,75 %	56,25 %
Gêmeo Digital	11,11 %	88,89 %
Impressão 3D	13,89 %	86,11 %
IoT	14,58 %	85,42 %
BIM	75,00 %	25,00 %
Realidade Aumentada	33,33 %	66,67 %
Realidade Virtual	42,36 %	57,64 %
Robótica	6,25 %	93,75 %
Sensores	18,75 %	81,25 %
Tecnologias Vestíveis	6,25 %	93,75 %
Inteligência Artificial	30,56 %	69,44 %

Fonte: Dados da pesquisa.

É possível perceber que a análise geral dos dados segue a mesma ordenação da categoria dos profissionais que aplicam até quatro tecnologias, em que 75,00 % adotam o BIM, 65,97 % a Computação em Nuvem, 43,75 % os Veículos Aéreos Não Tripulados e 42,36 % a Realidade Virtual. Já as tecnologias com menores percentuais foram *Blockchain*, Robótica e Tecnologias Vestíveis, cada uma com 6,25 % dos respondentes totais.

É importante salientar que a indicação de uso de Tecnologias Vestíveis pode ter contemplado dispositivos que servem para visualização da Realidade Aumentada e Virtual, não sendo essa a definição considerada nesse estudo. Isso se justifica por ter havido a mesma resposta, para a mesma etapa do empreendimento pelo mesmo respondente entre essas três tecnologias. Essa observação realça um aspecto importante identificado na análise dos dados: a necessidade de explicação aos respondentes sobre cada tecnologia, já que foram identificados possíveis equívocos, como o citado anteriormente, e casos não comuns, e não citados na literatura estudada, de aplicação de tecnologias como a indicação do uso da Robótica e Impressão 3D, na etapa de Aquisição/Suprimentos. O que corrobora com o indicado por Aliu e Oke (2023), que evidenciaram a necessidade de aumentar o conhecimento das TDs e das suas aplicações entre os profissionais da construção, visando uma maior sensibilização em relação a essas tecnologias e seus usos.

A Tabela 13 apresenta a tabulação das respostas sobre o uso de tecnologias por fases do empreendimento de construção.

Tabela 13 – Tabulação das respostas sobre o uso de tecnologias por fases do empreendimento de construção

Tecnologias Digitais	Fases							
	A	B	C	D	E	F	G	NA
Big Data	19	8	6	10	3	2	3	116
Blockchain	4	4	2	3	2	2	3	135
Computação em Nuvem	73	39	54	58	25	20	18	49
Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT)	36	10	37	20	14	6	7	81
Gêmeo Digital	8	4	5	5	3	1	2	128
Impressão 3D	14	3	4	4	2	2	5	124
IoT	8	4	7	6	5	0	1	123
BIM	98	19	47	35	7	3	4	36
Realidade Aumentada	37	4	13	5	3	3	8	96
Realidade Virtual	48	3	14	5	3	3	12	83
Robótica	3	3	3	1	1	0	0	135
Sensores	6	5	13	3	8	0	1	117
Tecnologias Vestíveis	4	0	3	1	0	0	1	135
Inteligência Artificial	27	7	12	16	12	4	12	100

Legenda: A – Projeto/Viabilidade; B – Aquisição/Suprimentos; C – Execução; D – Gerenciamento da Obra; E – Uso e Manutenção; F – Desmonte ou reforma/readequação (*refurbshiment*); G – Compra/Venda e Locação de imóveis; NA – Não Aplica.

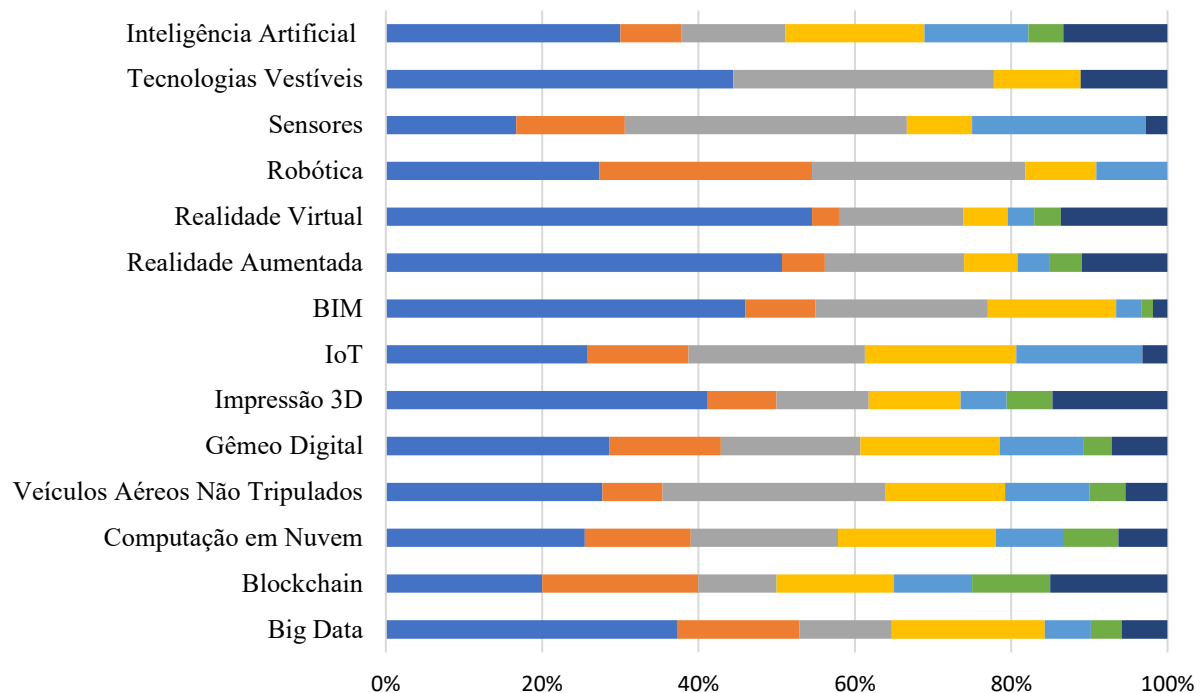
Fonte: Dados da pesquisa.

Destaca-se que a maior quantidade de usos foi indicada pela aplicação da tecnologia BIM na fase de Projeto/Viabilidade, em seguida a Computação em Nuvem, também na mesma fase. VANT mantém as duas posições seguintes, mas na fase de Gerenciamento de Obras, e Execução. Tecnologias Vestíveis foi a tecnologia aplicada em menos fases, em 4 das 7 indicadas, seguida da Robótica, 5 fases, e posteriormente Sensores e IoT, com usos identificados em 6 fases, cada uma delas.

Não foram identificados usos na etapa de Aquisição/Suprimentos de Tecnologias Vestíveis, nem dessa tecnologia na etapa de Uso e Manutenção, devido ao próprio perfil da tecnologia. Na etapa de Desmonte ou Reforma/readequação (*refurbshiment*) não foram identificados uso de IoT, Robótica, Sensores nem Tecnologias Vestíveis. Já na etapa de Compra/Venda e Locação de Imóveis não foi percebida a aplicação da Robótica.

A Figura 7 apresenta os usos de cada tecnologias nas 7 etapas apresentadas (A; B; C; D; E; F; e G).

Figura 7 - Distribuição do uso da tecnologia por fase do empreendimento



Legenda: ■ A ■ B ■ C ■ D ■ E ■ F ■ G

Fonte: Dados da pesquisa.

É possível perceber que entre os usos indicados, as fases com maior aplicação das TDs é a fase de Projeto/Viabilidade, com uma média de 33,97 % entre todas as tecnologias, com um limite inferior de 16,67 % (Sensores) e um limite superior de 54,55 % (Realidade Virtual). Em seguida, tem-se a fase de Execução, com uma média de 20,51 %, variando entre 10,00 % (Blockchain) e 36,11% (Sensores) e a fase de Gerenciamento de Obras, com 13,89%, no intervalo de 5,68 % (Realidade Virtual) e 20,21 % (Computação em Nuvem). Esses valores podem ser justificados por serem essas também as áreas de atuação mais representativas entre os respondentes (79,17 %). É interessante observar que essas são etapas com um grande volume de dados para coletar, analisar e gerenciar, indicando a necessidade do uso das TDs para isso.

A fase com a menor quantidade de usos indicadas foi a Desmonte ou Reforma/readequação (*refurbshiment*) indicando uma possível temática para avaliar campos de aplicação das TDs nessa etapa de construção.

Além dessas tecnologias abordadas, foram mencionados pelos participantes do questionário, Laser Scanner por 2 respondentes (que deveria ter sido indicada na categoria de sensores), além de Plataforma de Gestão de Obras e Projetos, Planilhas eletrônicas, softwares de dimensionamento de projetos, Software de orçamentação, Softwares de desenvolvimento próprio, Programação de plugins internos, SIG - Sistema de Informações Geográficas, Sistema

próprio (sem especificação) e Termografia (que também está contemplada na categoria de sensores), cada um mencionado por apenas um respondente. Vale ressaltar que essas tecnologias citadas não são Tecnologias Digitais 4.0, tema central desse estudo. Desta forma, não foi necessário acrescentar nenhuma nova tecnologia a listagem elaborada inicialmente pelos autores, indicando a abrangência da revisão literária realizada e reforçando a necessidade de sensibilização do conhecimento das TDs e suas aplicações.

A Tabela 14 apresenta o tempo de uso das tecnologias.

Tabela 14 – Tempo de uso das tecnologias

Tempo de uso	% entre todos os profissionais	% entre os profissionais que aplicam
Nunca apliquei	12,50 %	-
Até 1 ano	19,44 %	22,22 %
De 1 a 5 anos	47,22 %	53,97 %
De 6 a 10 anos	13,89 %	15,87 %
De 11 a 20 anos	6,25 %	7,14 %
Mais de 20 anos	0,69 %	0,79 %

Fonte: dados da pesquisa.

A partir desses dados é possível observar que a utilização das TDs no setor de construção brasileiro é recente, com a maioria de 92,06 % dos profissionais com tempo de uso de até 10 anos.

Traçado o panorama sobre o uso de TDs, a próxima seção apresenta os resultados para o modelo teórico proposto.

4.3. Análise do Modelo Teórico Proposto

Nessa seção serão apresentados os resultados das análises estatísticas realizadas no modelo teórico proposto.

4.3.1. Estatísticas descritivas dos construtos

Para cada construto do modelo teórico proposto foi realizada uma análise estatística descritiva, contendo o percentual de respostas atribuído a cada “nota” da escala pelos respondentes, as médias, desvios-padrão e coeficiente de variação. Além disso, para verificação da normalidade dos dados da pesquisa, apresentou-se a assimetria e curtose e o teste Kolmogorov-Smirnov.

4.3.1.1. Facilidade de Uso

A Tabela 15 apresenta a análise descritiva do construto Facilidade de uso.

Tabela 15 - Análise descritiva do construto Facilidade de uso

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
FU1	3	13	10	13	21	15	23	28	8	10	5,993	2,3844	5,685	-0,252	-0,829
FU2	9	11	13	11	21	16	22	29	5	7	5,667	2,4552	6,028	-0,280	-0,853

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é baixo, com a maioria de até 7 (68% para FU1 e 72% para FU2). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

As estatísticas de assimetria e curtose indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal, pois seus valores variaram entre -1 e +1 para ambas as variáveis, ou seja, são aceitáveis e devem permanecer na análise. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Utilidade Percebida.

4.3.1.2. Utilidade Percebida

A Tabela 16 apresenta a análise descritiva do construto Utilidade Percebida.

Tabela 16 - Análise descritiva do construto Utilidade Percebida

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
UP1	1	3	4	3	7	4	9	27	17	69	8,417	2,1500	4,622	-1,556	1,803
UP2	1	3	6	2	10	5	17	37	15	48	7,938	2,1685	4,702	-1,162	0,830
UP3	1	2	6	1	8	2	7	18	34	65	8,528	2,0954	4,391	-1,765	2,433
UP4	1	1	3	4	4	5	10	25	26	65	8,556	1,9280	3,717	-1,695	2,680
UP5	2	3	3	4	16	6	14	25	26	45	7,854	2,2593	5,104	-1,078	0,470
UP6	3	2	4	1	7	5	10	27	34	51	8,264	2,1418	4,587	-1,692	2,570
UP7	1	3	3	2	5	2	7	23	28	70	8,653	1,9976	3,990	-1,976	3,615

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é alto, com a maioria acima de 7 (em média 77%, com um mínimo de 67% e um máximo de 84%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

Todas as variáveis apresentam índice negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Os valores mais críticos para assimetria e curtose são observados para as variáveis UP7 (-1,976; 3,615), UP6 (-1,692; 2,570) e UP4 (-1,695; 2,680), e. Segundo Kline (2011), não há padrões para um ponto de corte dos valores de curtose e assimetria bem definidos, esse autor indica que assimetrias fora do intervalo -3 e +3 são consideradas extremidades assimétricas, enquanto os valores de curtose fora do intervalo -10 e +10 indicam um problema, valores também indicados por Hair *et al.* (2009) como limites de referência. Estando os valores encontrados dentro desses limites, e apesar de apresentarem valores fora do intervalo de -1 e +1, não necessariamente implicam problemas a análise já que o tamanho da amostra ($n=144$) e a possibilidade de avaliação mais aprofundada nas análises posteriores permitem sua permanência na análise até aqui. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto atitude em relação ao uso.

4.3.1.3. Atitude em Relação ao Uso

A Tabela 17 apresenta a análise descritiva do construto atitude em relação ao uso.

Tabela 17 - Análise descritiva do construto Atitude em relação ao uso

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
AT1	1	0	4	3	4	0	6	16	24	86	8,965	1,8184	3,306	-2,283	5,010
AT2	1	0	4	3	1	3	6	13	25	88	9,021	1,7758	3,153	-2,403	5,742
AT3	2	1	4	4	4	3	14	19	14	79	8,583	2,1172	4,483	-1,725	2,506
AT4	3	1	3	6	7	6	12	17	21	68	8,319	2,2614	5,114	-1,468	1,482

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é alto, com a maioria acima de 7 (em média 82%, com um mínimo de 74% e um máximo de 88%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à

rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

Todas as variáveis apresentam índice negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Os valores mais críticos para assimetria e curtose são observados para as variáveis AT2 (-2,403; 5,742), AT1 (-2,283; 5,010), e AT3 (-1,725; 2,506). Segundo Kline (2011), não há padrões para um ponto de corte dos valores de curtose e assimetria bem definidos, esse autor indica que assimetrias fora do intervalo -3 e +3 são consideradas extremidades assimétricas, enquanto os valores de curtose fora do intervalo -10 e +10 indicam um problema, valores também indicados por Hair *et al.* (2009) como limites de referência. Estando os valores encontrados dentro desses limites, e apesar de apresentarem valores fora do intervalo de -1 e +1, não necessariamente implicam problemas a análise já que o tamanho da amostra ($n=144$) e a possibilidade de avaliação mais aprofundada nas análises posteriores permitem sua permanência na análise até aqui. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Ambiente de negócios.

4.3.1.4. Ambiente de Negócios

A Tabela 18 apresenta a análise descritiva do construto Ambiente de negócios.

Tabela 18 - Análise descritiva do construto Ambiente de negócios

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
AN1	27	12	19	11	22	12	20	11	3	7	4,576	2,6644	7,099	0,233	-0,963
AN2	23	14	13	16	34	10	18	13	1	2	4,465	2,3442	5,495	0,072	-0,885
AN3	14	15	6	9	38	14	18	12	8	10	5,319	2,5765	6,639	-0,012	-0,759

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é baixo, com a maioria de até 7 (em média 84%, com um mínimo de 79% e um máximo de 89%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

As estatísticas de assimetria e curtose indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal, pois seus valores variaram entre -1 e +1 para todas as variáveis. As variáveis AN1 e AN2 apresentaram índice positivo para assimetria, o que

corroborar os resultados concentrados à esquerda da escala, enquanto AN3 possui assimetria quase nula. Todas as curtoses foram negativas, indicando uma distribuição com menos valores extremos. Em suma, as estatísticas indicam a permitem sua permanência na análise. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Aspectos Organizacionais.

4.3.1.5. Aspectos Organizacionais

A Tabela 19 apresenta a análise descritiva do construto Aspectos Organizacionais.

Tabela 19 - Análise descritiva do construto Aspectos Organizacionais

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
AO1	28	15	12	11	22	8	18	12	7	11	4,799	2,9103	8,470	0,209	-1,151
AO2	17	13	13	11	15	8	18	18	12	19	5,674	3,0101	9,061	-0,113	-1,293
AO3	19	20	11	6	14	16	11	17	9	21	5,458	3,1130	9,691	-0,01	-1,362
AO4	9	9	12	2	18	13	15	20	20	26	6,556	2,8353	8,039	-0,504	-0,917

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é baixo, com a maioria até de 7 (em média 67%, com um mínimo de 54% e um máximo de 79%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

As estatísticas de assimetria e curtose indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal, pois seus valores variaram entre -1 e +1 para todas as variáveis, embora com valores ligeiramente fora destes limites para curtose de AO1, AO2 e AO3. Isso não necessariamente impliquem problemas à análise. Apenas AO1 apresenta assimetria positiva, o que corrobora os resultados concentrados à esquerda da escala. Todas as curtoses foram negativas, indicando uma distribuição com menos valores extremos. Em suma, as estatísticas indicam a permitem sua permanência na análise. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Construção Enxuta.

4.3.1.6. Construção Enxuta

A Tabela 20 apresenta a análise descritiva do construto Construção Enxuta.

Tabela 20 - Análise descritiva do construto Construção Enxuta

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
CE1	3	3	4	3	7	7	16	30	16	55	8,028	2,2839	5,216	-1,331	1,277
CE2	2	4	2	3	13	11	13	22	19	55	7,965	2,2945	5,265	-1,119	0,587
CE3	3	4	2	4	8	12	12	22	26	51	7,979	2,3159	5,363	-1,280	1,035
CE4	5	4	3	3	11	12	11	22	17	56	7,826	2,5180	6,340	-1,160	0,539

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é alto, com a maioria acima de 7 (em média 68%, com um mínimo de 66% e um máximo de 70%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

Todas as variáveis apresentam índice negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Todas as curtoses foram negativas, indicando uma distribuição com menos valores extremos. As estatísticas de assimetria e curtose indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal, pois seus valores variaram entre -1 e +1 para todas as variáveis, embora com valores ligeiramente fora destes limites, o que não necessariamente implique inadequação às análises posteriores. Em suma, as estatísticas indicam a permitem sua permanência na análise. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Recursos Necessários.

4.3.1.7. Recursos Necessários

A Tabela 21 apresenta a análise descritiva do construto Recursos Necessários.

Tabela 21 - Análise descritiva do construto Recursos Necessários

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
RN1	1	4	7	2	1	16	15	27	17	54	8,007	2,2454	5,042	-1,219	0,883
RN2	0	2	8	0	4	10	10	23	20	67	8,417	2,0839	4,343	-1,458	1,433
RN3	1	2	6	4	3	7	9	26	22	64	8,368	2,1443	4,598	-1,529	1,686
RN4	0	2	5	1	3	4	8	23	31	67	8,688	1,8604	3,461	-1,919	3,479

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é alto, com a maioria acima de 7 (em média 77%, com um mínimo de 68% e um máximo de 84%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

Todas as variáveis apresentam índice negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Os valores mais críticos para assimetria e curtose são observados para a variável RN4 (-1,919; 3,479) e RN3 (-1,529; 1,686). Segundo Kline (2011), não há padrões para um ponto de corte dos valores de curtose e assimetria bem definidos, esse autor indica que assimetrias fora do intervalo -3 e +3 são consideradas extremidades assimétricas, enquanto os valores de curtose fora do intervalo -10 e +10 indicam um problema. Estando os valores encontrados dentro desses limites, e apesar de apresentarem valores fora do intervalo de -1 e +1, não necessariamente implicam problemas a análise já que o tamanho da amostra ($n=144$) e a possibilidade de avaliação mais aprofundada nas análises posteriores permitem sua permanência na análise até aqui. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Intensão de uso.

4.3.1.8. Intensão de Uso

A Tabela 22 apresenta a análise descritiva do construto Intensão de uso.

Tabela 22 - Análise descritiva do construto Intensão de uso

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
IU1	0	1	5	0	3	3	8	26	19	79	8,854	1,7500	3,063	-2,005	4,078
IU2	1	2	5	2	5	6	9	25	23	66	8,465	2,0685	4,279	-1,633	2,199
IU3	1	2	6	1	6	4	11	19	24	70	8,514	2,1056	4,433	-1,677	2,214

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é alto, com a maioria acima de 7 (em média 81%, com um mínimo de 78% e um máximo de 86%). Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

Todas as variáveis apresentam índice negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Segundo Kline (2011), não há padrões para um ponto de corte dos valores de curtose e assimetria bem definidos, esse autor indica que assimetrias fora do intervalo -3 e +3 são consideradas extremidades assimétricas, enquanto os valores de curtose fora do intervalo -10 e +10 indicam um problema. Estando os valores encontrados dentro desses limiares, e apesar de apresentarem valores fora do intervalo de -1 e +1, não necessariamente implicam problemas a análise já que o tamanho da amostra (n=144) e a possibilidade de avaliação mais aprofundada nas análises posteriores permitem sua permanência na análise até aqui. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Capacidade Atual.

4.3.1.9. Capacidade Atual

A Tabela 23 apresenta a análise descritiva do construto Capacidade Atual.

Tabela 23 - Análise descritiva do construto Capacidade atual

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
CA1	5	11	7	5	19	12	26	29	13	17	6,500	2,5059	6,280	-0,561	-0,542
CA2	8	7	11	12	23	16	21	25	11	10	5,972	2,4550	6,027	-0,304	-0,716
CA3	7	5	12	8	25	15	23	22	13	14	6,208	2,4605	6,054	-0,335	-0,646

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é mediano, com cerca de 64% dos itens até 7. Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens (p-value = 0,000), ao nível de significância de 1%.

Todas as variáveis apresentam índice negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Todas as curtoses foram negativas, indicando uma distribuição com menos valores extremos. As estatísticas de assimetria e curtose indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal, pois seus valores variaram entre -1 e +1 para todas as variáveis. Em suma, as estatísticas indicam a permanência na análise. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Uso Atual.

4.3.1.10. Uso Atual

A Tabela 24 apresenta a análise descritiva do construto Uso Atual.

Tabela 24 - Análise descritiva do construto Uso Atual.

Variável	Pontuação da escala										Análise descritiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Méd.	DP. ¹	Var. ²	Assimetria	Curtose
UA1	10	7	14	8	11	9	17	28	11	29	6,521	2,8774	8,279	-0,484	-1,984
UA2	16	9	17	6	16	10	21	21	8	20	5,806	2,9311	8,591	-0,196	-1,177

¹ Desvio Padrão

² Coeficiente Variância.

Fonte: Dados da pesquisa.

De maneira geral, o nível de concordância com a asserção proposta nos itens da escala é mediano, com cerca de 59% dos itens até 7. Com relação à normalidade, o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov levou à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens ($p\text{-value} = 0,000$), ao nível de significância de 1%.

As variáveis apresentam índice ligeiramente negativo para assimetria, o que corrobora os resultados concentrados à direita da escala. Todas as curtoses foram negativas, indicando uma distribuição com menos valores extremos. As estatísticas de assimetria e curtose indicam a aproximação da distribuição dos dados da amostragem com a distribuição normal, apesar de apresentarem valores fora do intervalo de -1 e +1, não necessariamente implicam problemas a análise já que o tamanho da amostra ($n=144$) e a possibilidade de avaliação mais aprofundada nas análises posteriores permitem sua permanência na análise até aqui. Em suma, as estatísticas indicam a permitem sua permanência na análise.

4.3.2. Análise de correlação

Para esta etapa, conforme mencionado no método, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r), por se tratar de variáveis mensuradas em escalas. São apresentados os resultados de correlação para cada construto. Lembrando que são necessários (i) correlações estatisticamente significativas entre 0,2 e 0,9 (Costa, 2011) e (ii) valores significativos seja superior a 0,3 (Hair *et al.*, 2009). Para facilitar a avaliação das matrizes de correlação, quando os valores atenderem a condição (i) foram sombreados e (ii) foram destacados em negrito (valores acima de 0,3).

4.3.2.1. Facilidade de Uso

A Tabela 25 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Facilidade de uso.

Tabela 25 - Matriz de correlações das variáveis do construto Facilidade de uso

	FU1	FU2
FU1	1,000	
FU2	,661**	1,000

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que a correlação foi estatisticamente significativa e superior a 0,3 ao nível 0,01, o que sugere que sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Utilidade Percebida.

4.3.2.2. Utilidade Percebida

A Tabela 26 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Utilidade Percebida.

Tabela 26 - Matriz de correlações das variáveis do construto Utilidade Percebida

	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5	UP6	UP7
UP1	1						
UP2	,846**	1					
UP3	,918**	,843**	1				
UP4	,870**	,861**	,889**	1			
UP5	,696**	,730**	,680**	,719**	1		
UP6	,779**	,770**	,805**	,743**	,757**	1	
UP7	,889**	,817**	,909**	,886**	,720**	,819**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,680 a 0,918, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Atitude em relação ao uso.

4.3.2.3. Atitude em Relação ao Uso

A Tabela 27 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Atitude em relação ao uso.

Tabela 27 - Matriz de correlações das variáveis do construto Atitude em relação ao uso

	AT1	AT2	AT3	AT4
AT1	1			
AT2	,947**	1		
AT3	,706**	,737**	1	
AT4	,683**	,698**	,893**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,683 a 0,947, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Ambiente de negócios.

4.3.2.4. Ambiente de Negócios

A Tabela 28 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Ambiente de negócios.

Tabela 28 - Matriz de correlações das variáveis do construto Ambiente de negócios

	AN1	AN2	AN3
AN1	1		
AN2	,626**	1	
AN3	,458**	,691**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,458 a 0,691, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Aspectos Organizacionais.

4.3.2.5. Aspectos Organizacionais

A Tabela 29 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Aspectos Organizacionais.

Tabela 29 - Matriz de correlações das variáveis do construto Aspectos Organizacionais

	AO1	AO2	AO3	AO4
AO1	1			
AO2	,846**	1		
AO3	,859**	,875**	1	
AO4	,730**	,817**	,762**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,730 a 0,875, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Construção Enxuta.

4.3.2.6. Construção Enxuta

A Tabela 30 apresenta a Matriz de correlações das variáveis do construto Construção Enxuta.

Tabela 30 - Matriz de correlações das variáveis do construto Construção Enxuta

	CE1	CE2	CE3	CE4
CE1	1			
CE2	,906**	1		
CE3	,885**	,904**	1	
CE4	,811**	,839**	,853**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,811 a 0,906, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada

à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Recursos Necessários.

4.3.2.7. Recursos Necessários

A Tabela 31 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Recursos Necessários.

Tabela 31 - Matriz de correlações das variáveis do construto Recursos Necessários

	RN1	RN2	RN3	RN4
RN1	1			
RN2	,809**	1		
RN3	,743**	,775**	1	
RN4	,682**	,759**	,693**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,682 a 0,809, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Intenção de Uso.

4.3.2.8. Intensão de Uso

A Tabela 32 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Intenção de Uso.

Tabela 32 - Matriz de correlações das variáveis do construto Intenção de Uso

	IU1	IU2	IU3
IU1	1		
IU2	,824**	1	
IU3	,799**	,858**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,799 a 0,858, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada

à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Capacidade Atual.

4.3.2.9. Capacidade Atual

A Tabela 33 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Capacidade Atual.

Tabela 33 - Matriz de correlações das variáveis do construto Capacidade Atual

	CA1	CA2	CA3
CA1	1		
CA2	,670**	1	
CA3	,611**	,861**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,611 a 0,861, o que sugere que a sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória. A seguir, a mesma análise é realizada para o construto Uso Atual.

4.3.2.10. Uso Atual

A Tabela 34 apresenta a matriz de correlações das variáveis do construto Uso Atual.

Tabela 34 - Matriz de correlações das variáveis do construto Uso Atual

	UA1	UA2
UA1	1	
UA2	,732**	1

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que a correlação foi estatisticamente significativa e superior a 0,3 ao nível 0,01, o que sugere que sua utilização no modelo é adequada à análise fatorial exploratória.

4.3.3. Análise Fatorial Exploratória

Vista como uma etapa crucial do estudo, a Análise Fatorial Exploratória (AFE) representa o ponto de partida na aplicação da estatística multivariada (Costa, 2011), pois é empregada para compreender e esclarecer novas escalas, permitindo a identificação de estruturas consistentes.

A realização da AFE se dá para cada construto latente proposto no modelo teórico, para verificar a consistência interna de suas variáveis. Com essa base é possível determinar se elas estão verdadeiramente ligadas ao construto que estão medindo ou se os dados indicam a possibilidade de surgimento de outro construto.

Para iniciar é preciso decidir sobre o número de fatores, o método de extração e o tipo de rotação dos eixos fatoriais. Para cada construto analisado, o número de fatores extraídos foi determinado utilizando o critério da raiz latente, onde apenas os fatores com raízes latentes maiores que 1 foram considerados significativos, enquanto os demais foram descartados. Quanto à extração dos fatores, de maneira geral, os métodos de Componentes Principais e Máxima Verossimilhança são considerados os mais eficazes para análise fatorial, sendo o primeiro mais apropriado quando os dados seguem uma distribuição normal, enquanto o segundo é mais adequado para amostras com distribuição não-normal. (Johnson; Wichern, 2008). A rotação Varimax foi empregada para buscar fatores não correlacionados entre si, facilitando a interpretação da validade discriminante da análise.

4.3.3.1. Facilidade de uso

A Tabela 35 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Facilidade de uso.

Tabela 35 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Facilidade de uso

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,500
Teste de esfericidade de Bartlett	Qui-quadrado aprox.	81,395
	df	1
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,500) pode ser considerada ruim, conforme Favero *et al.* (2009), e inadequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000).

Para ratificar o valor encontrado de KMO, analisou-se a matriz de correlações anti-imagem, que apresenta as correlações parciais entre as variáveis, cujo valor foi 0,661, em módulo, valor inferior, porém bem próximo ao limite de 0,7 considerado elevado e que pode tornar inadequada o item a uma análise fatorial (Hair et al., 2009). A diagonal principal da matriz anti-imagem contém as medidas de adequação da amostra (*Measure of Sampling Adequacy* – MSA) para cada variável individual, e seguem os mesmos critérios de adequação da estatística KMO. Novamente, obteve-se um valor de 0,500, considerado ruim, sendo candidatas à eliminação da análise após investigação sobre suas cargas fatoriais e comunalidades.

Tabela 36 - Variância total explicada para o construto
Facilidade de uso

Componente	Total	% de variância	% cumulativa
1	1,661	83,069	83,069
2	,339	16,931	100,000

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar na Tabela 36 os dois fatores gerados pela EFA, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 83,0695% explicada pelo primeiro fator. A Tabela 37 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Facilidade de uso.

Tabela 37 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto
Facilidade de uso

Item	Carga fatorial	Comunalidade
FU1	0,741	,437
FU2	0,741	,437

Fonte: dados da pesquisa.

O limite recomendado para cargas fatoriais é de 0,7 (Hair et al., 2016), os valores apresentados na tabela estão um pouco cima do aceitável. Sobre as comunalidade, o padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair et al., 2009) sendo apresentados na tabela baixos valores de comunalidade, abaixo do aceitável. Com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,796$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,796$) foram considerados bons. Desta forma, considerando o KMO no limite, os altos valores de correlação anti-imagem, o MSA e as baixas comunalidades e a despeito dos valores de carga fatorial e bons valores para Alfa de Cronbach, o construto foi excluído do modelo final. Isso indica que a Facilidade de Uso não é

um fator determinante, ou seja, conseguir aplicar facilmente e saber escolher facilmente uma tecnologia não é determinante para a propensão ao uso de TDs. Isso indica que a Facilidade de Uso não é um fator determinante, ou seja, conseguir aplicar facilmente e saber escolher facilmente uma tecnologia não é determinante para a propensão ao uso de TDs.

Tal exclusão pode estar relacionada com o desafio atrelado a necessidade de conhecimentos específicos para a aplicação das TDs, o que sugere, que não há facilidade em seu uso, pelo contrário, vários estudos apontam essa necessidade de conhecimentos especializados como barreiras à implementação das TDs. Oke, Aliu e Onajite, (2023) indicaram a necessidade de conhecimentos especializados como umas das principais barreiras para o uso das TDs, vários outros estudos confirmam esse argumento: Bosch-Sijtsema *et al.* (2021), Oke *et al.* (2022), Oke, Aliu e Onajite (2023), Dolla, Jain e Delhi, (2023) e Aghimien *et al.* (2024) de que um dos maiores problemas enfrentados pela digitalização é a falta de conhecimento técnicos.

4.3.3.2. Utilidade Percebida

A Tabela 38 apresenta o Teste de KMO e Bartlett para o construto Utilidade Percebida

Tabela 38 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Utilidade Percebida

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,922
Teste de esfericidade de Bartlett	Qui-quadrado aprox.	1305,208
	df	21
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,922) pode ser considerada muito boa, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). Não foi encontrada nenhuma correlação anti-imagem superior 0,44 (em módulo – variando de -0,440 a 0,215), ou seja, está adequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual variaram de 0,906 (UP3) a 0,940 (UP2) sendo consideradas, portanto, adequadas. A Tabela 39 apresenta a variância total explicada para o construto Utilidade Percebida.

Tabela 39 - Variância total explicada para o construto Utilidade Percebida

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	5,854	83,622	83,622	5,657	80,735	80,735
2	,428	6,111	89,733			
3	,255	3,640	93,373			
4	,182	2,605	95,978			
5	,125	1,792	97,770			
6	,084	1,204	98,974			
7	,072	1,026	100,000			

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela mostra os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida, antes e depois da rotação Varimax. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 80,735 % explicada por este fator. A Tabela 40 apresenta as cargas fatoriais e comunalidades para o construto Utilidade Percebida.

Tabela 40 - Cargas fatoriais e comunalidades e para o construto Utilidade Percebida

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
UP1	,944	,891
UP2	,893	,797
UP3	,958	,917
UP4	,930	,866
UP5	,758	,575
UP6	,844	,712
UP7	,946	,894

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que todas as cargas de cada variável são significativas e são superiores a 0,7 (Hair et al., 2016), assim como a média das cargas fatoriais 0,896. As comunalidades são todas superiores ao padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair et al., 2009), a mais baixa UP5 (0,575) ainda está superior ao limite. Confirmando o poder explicativo da análise. Com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,966$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,968$) foram excelentes. Desta forma, considerando o KMO, comunalidades, cargas fatoriais correlações anti-imagem, MSA e a confiabilidade, todos os itens foram mantidos no modelo final.

4.3.3.3. Atitude em relação ao uso

A Tabela 41 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Atitude em relação ao uso.

Tabela 41 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Atitude em relação ao uso

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,717
Qui-quadrado aprox.		657,864
Teste de esfericidade de Bartlett	df	6
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,717) é considerada média, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). O valor da correlação anti-imagem 0,888 (em módulo), ou seja, está inadequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual variaram de 0,699 (AT1) a 0,738 (AT4) sendo consideradas, portanto, adequadas. A Tabela 42 apresenta a variância total explicada para o construto Atitude em Relação ao Uso

Tabela 42 - Variância total explicada para o construto Atitude em Relação ao Uso

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,333	83,313	83,313	2,995	74,866	74,866
2	,509	12,718	96,031			
3	,107	2,682	98,713			
4	,051	1,287	100,000			

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela mostra os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida, antes e depois da rotação Varimax. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 74,866 % explicada por este fator. A Tabela 43 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Atitude em relação ao uso.

Tabela 43 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Atitude em relação ao uso

Item	Carga Fatorial	Comunalidades
AT1	,963	,927
AT2	,980	,961

AT3	,760	,577
AT4	,728	,530

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que todas as cargas de cada variável apresentam valores superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016), sendo a média das cargas fatoriais 0,858, observa-se AT1 e AT2 valores significativos, e AT3 e AT4 estando apenas um pouco acima do limite solicitado. As comunalidades são todas superiores ao padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009). Apenas as comunalidades de AT3 e AT4 foram consideradas baixas, embora ainda dentro do limite aceitável. Tais resultados de AT3 e AT4 devem ser avaliados com parcimônia, em conjunto com as demais medidas, para decisão sobre a manutenção ou não dos itens na análise. Com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,929$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,933$) foram excelentes. Desta forma, apesar dos valores acima de 0,7 na correlação anti-imagem, devido as outras medidas indicarem que as variáveis são adequadas a AFE, as variáveis foram mantidas no modelo, para serem analisadas novamente em conjunto com os outros construtos.

4.3.3.4. Ambiente de negócios

4.3.3.4.1. Rotação inicial

A Tabela 44 apresenta o Teste de KMO e Bartlett para o construto Ambiente de Negócios.

Tabela 44 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Ambiente de Negócios

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.	,653
Qui-quadrado aprox.	162,116
Teste de esfericidade de Bartlett	
df	3
Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,653) pode ser considerada razoável, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). Não foi encontrada nenhuma correlação anti-imagem superior 0,583 (em módulo – variando de -0,583 a -0,045), ou seja, está adequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada

variável individual foram de 0,720 (AN1), 0,603 (AN2) e 0,668 (AN3) sendo consideradas, portanto, adequadas. A Tabela 45 apresenta a variância total explicada para o construto Ambiente de Negócios.

Tabela 45 - Variância total explicada para o construto Ambiente de Negócios

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	2,188	72,948	72,948	1,865	62,165	62,165
2	,546	18,210	91,158			
3	,265	8,842	100,000			

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela mostra os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida, antes e depois da rotação Varimax. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 62,165 % explicada por este fator, e que está no limiar do aceitável. A Tabela 46 apresenta as cargas fatoriais e as a comunalidades para o construto Ambiente de Negócios.

Tabela 46 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Ambiente de Negócios

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
AN1	,644	,415
AN2	,972	,945
AN3	,711	,505

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que a carga fatorial de AN1 (0,644) está abaixo do limite 0,7 (Hair *et al.*, 2016), assim como a sua comunalidade 0,415 está no limiar do aceitável 0,50 (Hair *et al.*, 2009). Já com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,808$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,827$) foram bons. Percebe-se, portanto, que os valores de KMO, carga fatorial de AN1 e a sua comunalidade ficaram limítrofes aos desejáveis. Como o intuito é minimizar a quantidade de itens e maximizar a variância explicada, realizou-se nova rodada de AFE, sem a presença da variável AN1.

4.3.3.4.2. 2ª Rotação (Exclusão de AN1)

A Tabela 47 apresenta o Teste de KMO e Bartlett para a 2ª Rotação do construto Ambiente de Negócios.

Tabela 47 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Ambiente de Negócios (2ª Rotação)

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,500
	Qui-quadrado aprox.	91,750
Teste de esfericidade de Bartlett	df	1
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,5) pode ser considerada ruim, conforme Favero *et al.* (2009) e pode tornar o fator adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). A correlação anti-imagem foi 0,691, em módulo, considerada no limiar do limite de aceitação para uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para ambas as variáveis foram de 0,500 sendo consideradas, portanto, inadequadas. A Tabela 48 apresenta a variância total explicada para o construto Ambiente de Negócios (2ª Rotação)

Tabela 48 - Variância total explicada para o construto Ambiente de Negócios (2ª Rotação)

Componente	Autovalores (eigenvalues)		
	Total	% de variância	% cumulativa
1	1,691	84,537	84,537
2	,309	15,463	100,000

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela mostra os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 84,537% explicada por este fator, melhor do que a solução anterior que compreendia AN1. A Tabela 49 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Ambiente de Negócios.

Tabela 49 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Ambiente de Negócios (2ª rotação)

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
AN2	0,831	,477
AN3	0,831	,477

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que toda as cargas de cada variável apresentam valores superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016), sendo 0,831. Sobre as comunalidade, o padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009) sendo apresentados na tabela baixos valores de

comunalidade, abaixo do aceitável, indicando inadequação. Com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,815$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,817$) foram bons.

Considerando tais resultados, optou-se pela exclusão do fator Ambiente de Negócios do modelo. Isso indica que o Ambiente de negócios não é um fator determinante, ou seja, o estímulo do governo não é determinante para a propensão ao uso de TD, assim como a normatização e a segurança legal. Tal argumentação vai de encontro ao indicado por Oke, Aliu e Onajite (2023) que indicaram o *cluster* barreiras regulatórias como o quarto componente tendo como um dos principais obstáculos a conformidade regulatória, bem como as incertezas legais e contratuais em torno da adoção de TDs para a sustentabilidade da construção.

Entretanto, está de acordo com Bosch-Sijtsema *et al.* (2021) que identificaram que a atual falta de leis, diretrizes e regras inclusive de ética e integridade ficaram como penúltimo obstáculo, indicando sua fraca influência sobre o uso das TDs. O que está alinhado com alinhado com Oke *et al.* (2022) que obteve apoio governamental como o último e menos influente fator para o sucesso de adoção das TDs. No ano seguinte Aliu e Oke, (2023) indicaram que as restrições de crédito do setor bancário e a falta de um ambiente jurídico favorável foram as barreiras menos críticas para a adoção das TDs, ocupando a sexta e a sétima posição entre as oito barreiras analisadas, demonstrando sua fraca importância no processo de uso das TDs. O mesmo cenário repetiu-se nos estudos de Zhang *et al.* (2023), a falta de padrões técnicos e o apoio inadequado do governo foram a penúltima e a última variável, respectivamente, no ranking de importância relativa das barreiras ao uso das TDs, reforçando essa baixa influência.

Com isso, é possível perceber que no estado atual de uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro, os profissionais não tratam como fator determinante para o uso dessas tecnologias o apoio governamental, a falta de padronização e a segurança legal para o uso, muito provavelmente pelo nível inicial de adoção existente no setor. Isso sugere que existem outras barreiras que podem estar influenciando negativamente a propensão ao uso dessas tecnologias. É importante ressaltar, que isso não indica que esse construto não é importante no cenário de adoção das TDs, mas que para a amostra, ele não foi considerado significativo. O que também pode ser alterado, a partir de uma maior aplicação das TDs no setor.

4.3.3.5. Aspectos Organizacionais

A Tabela 50 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Aspectos organizacionais.

Tabela 50 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Aspectos organizacionais

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,852
	Qui-quadrado aprox.	574,764
Teste de esfericidade de Bartlett	df	6
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,852) pode ser considerada bom, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). Não foi encontrada nenhuma correlação anti-imagem superior 0,450 (em módulo – variando de -0,450 a -0,054), ou seja, está adequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual variaram de 0,819 (AO2) a 0,895 (AO4) sendo consideradas, portanto, adequadas.

A Tabela 51 apresenta a variância total explicada para o construto Aspectos organizacionais.

Tabela 51 - Variância total explicada para o construto Aspectos organizacionais

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,447	86,176	86,176	3,275	81,865	81,865
2	,293	7,320	93,496			
3	,144	3,596	97,091			
4	,116	2,909	100,000			

Fonte: dados da pesquisa.

A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 81,865 % explicada por este fator, sendo considerado ótimo.

A Tabela 52 apresenta as comunalidades para o construto Aspectos organizacionais

Tabela 52 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Aspectos organizacionais

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
AO1	,902	,814
AO2	,946	,894
AO3	,931	,867
AO4	,836	,699

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que todas as cargas de cada variável são significativas e são superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016), assim como a média das cargas fatoriais 0,904. As comunalidades são todas superiores ao padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009), a mais baixa AO4 (0,699) ainda está superior ao limite. Confirmando o poder explicativo da análise. Com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,946$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,947$) foram excelentes. Desta forma, considerando o KMO, comunalidades, cargas fatoriais correlações anti-imagem, MSA e a confiabilidade, todos os itens foram mantidos no modelo.

4.3.3.6. Construção Enxuta

A Tabela 53 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Construção Enxuta.

Tabela 53 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Construção Enxuta

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,868
Qui-quadrado aprox.		699,607
Teste de esfericidade de Bartlett	df	6
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,868) pode ser considerada muito boa, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). Não foi encontrada nenhuma correlação anti-imagem superior 0,501 (em módulo – variando de -0,501 a -0,084), ou seja, está adequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual variaram de 0,838 (CE2) a 0,918 (CE4) sendo consideradas, portanto, adequadas. A Tabela 54 apresenta a variância total explicada para o construto Construção Enxuta.

Tabela 54 - Variância total explicada para o construto Construção Enxuta

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,600	89,998	89,998	3,471	86,765	86,765
2	,205	5,120	95,117			

3	,107	2,686	97,803
4	,088	2,197	100,000

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 86,765% explicada pelo primeiro fator, valor considerado excelente. A Tabela 55 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Construção Enxuta.

Tabela 55 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Construção Enxuta

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
CE1	,937	,879
CE2	,959	,919
CE3	,947	,897
CE4	,881	,775

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que todas as cargas de cada variável são significativas e são superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016), assim como a média das cargas fatoriais 0,896. As comunalidades são todas superiores ao padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009) confirmando o poder explicativo da análise. Já com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,962$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,963$) foram considerados excelentes. Desta forma, todas as medidas indicam a adequação do fator para o modelo.

4.3.3.7. Recursos necessários

A Tabela 56 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Recursos Necessários.

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,847
Qui-quadrado aprox.		425,402
Teste de esfericidade de Bartlett	df	6
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,847) pode ser considerada muito boa, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de

esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). Não foi encontrada nenhuma correlação anti-imagem superior 0,469 (em módulo – variando de -0,469 a -0,105), ou seja, está adequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual variaram de 0,798 (RN2) a 0,884 (RN4) sendo consideradas, portanto, adequadas. A Tabela 57 apresenta a Variância total explicada para o construto Recursos Necessários.

Tabela 57 - Variância total explicada para o construto Recursos Necessários

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,232	80,812	80,812	2,984	74,606	74,606
2	,332	8,298	89,109			
3	,262	6,559	95,668			
4	,173	4,332	100,000			

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 74,606% explicada pelo primeiro fator, valor considerado bom. A Tabela 58 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Recursos Necessários

Tabela 58 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Recursos Necessários

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
RN1	,868	,754
RN2	,929	,862
RN3	,844	,712
RN4	,810	,656

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que todas as cargas de cada variável são significativas e são superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016), assim como a média das cargas fatoriais 0,863. As comunalidades são todas superiores ao padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009), mesmo a menor RN4 (0,656) é superior ao limite aceitável Confirmando o poder explicativo da análise. Por fim, com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,920$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,921$) foram considerados excelentes. Desta forma, todas as medidas indicam a adequação do fator para o modelo.

4.3.3.8. Intensão de uso

A Tabela 59 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Intensão de Uso

Tabela 59 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Intensão de Uso

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,761
	Qui-quadrado aprox.	363,708
Teste de esfericidade de Bartlett	df	3
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,761) pode ser considerada média, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). Não foi encontrada nenhuma correlação anti-imagem superior 0,587 (em módulo – variando de -0,587 a -0,313), ou seja, está adequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual foram 0,814 (IU1), 0,721 (IU2) e 0,756 (IU3), sendo consideradas adequadas.

A Tabela 60 apresenta a variância total explicada para o construto Intensão de Uso

Tabela 60 - Variância total explicada para o construto Intensão de Uso

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	2,655	88,483	88,483	2,485	82,821	82,821
2	,207	6,910	95,394			
3	,138	4,606	100,000			

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela mostra os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida, antes e depois da rotação Varimax. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 82,821 % explicada por este fator, valor considerado excelente. A Tabela 61 apresenta Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Intensão de Uso

Tabela 61 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Intensão de Uso

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
IU1	,876	,767
IU2	,941	,886

IU3	,912	,831
-----	------	------

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que todas as cargas de cada variável são significativas e são superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016), assim como a média das cargas fatoriais 0,910. As comunalidades são todas superiores ao padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009). Confirmando o poder explicativo da análise. Por fim, com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,932$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,935$) foram considerados excelentes. Desta forma, todas as medidas indicam a adequação do fator para o modelo.

4.3.3.9. Capacidade atual

4.3.3.9.1. Rotação inicial

A Tabela 62 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Capacidade Atual

Tabela 62 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Capacidade Atual

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,683
Qui-quadrado aprox.		276,120
Teste de esfericidade de Bartlett	df	3
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,683) pode ser considerada razoável, conforme Favero *et al.* (2009) e adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). O valor da correlação anti-imagem 0,769 (em módulo), ou seja, está inadequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual variaram de 0,859 (CA1), 0,624 (CA2) e 0,650 (CA3) sendo consideradas, portanto, adequadas. A Tabela 63 apresenta a variância total explicada para o construto Capacidade Atual.

Tabela 63 - Variância total explicada para o construto Atitude em Capacidade Atual

Componente	Autovalores (eigenvalues)			Variância explicada após a rotação		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	2,434	81,119	81,119	2,205	73,487	73,487
2	,432	14,396	95,515			

3	,135	4,485	100,000
---	------	-------	---------

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 73,487% explicada pelo primeiro fator, valor considerado bom. A Tabela 64 apresenta cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Capacidade Atual.

Tabela 64 - Comunalidades e cargas fatoriais para o construto Capacidade Atual

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
CA1	,689	,475
CA2	,971	,943
CA3	,887	,786

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que a carga fatorial de CA1 (0,689) está abaixo do limite 0,7 (Hair *et al.*, 2016), assim como a sua comunalidade 0,475 está no limiar do aceitável 0,50 (Hair *et al.*, 2009). Já com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,882$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,891$) foram bons. Percebe-se, portanto, que os valores de KMO, carga fatorial de CA1 e a sua comunalidade ficaram limítrofes aos desejáveis. Como o intuito é minimizar a quantidade de itens e maximizar a variância explicada, realizou-se nova rodada de EFA, sem a presença da variável CA1.

4.3.3.9.2. 2ª Rotação (Exclusão de CA1)

A Tabela 65 apresenta o Teste de KMO e Bartlett para a 2ª Rotação do construto Capacidade Atual.

Tabela 65 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Capacidade Atual (2ª Rotação)

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,500
	Qui-quadrado aprox.	191,426
Teste de esfericidade de Bartlett	df	1
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,5) pode ser considerada ruim, conforme Favero *et al.* (2009) e pode tornar o fator adequado para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma

matriz identidade – foi rejeitada ($pvalue = 0,000$). A correlação anti-imagem foi 0,861, em módulo, considerada inadequada por estar acima do limite de aceitação para uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para ambas as variáveis foram de 0,500 sendo consideradas, portanto, inadequadas. A Tabela 66 apresenta a variância total explicada para o construto Capacidade Atual (2ª Rotação).

Tabela 66 - Variância total explicada para o construto Capacidade Atual (2ª Rotação)

Componente	Autovalores (eigenvalues)		
	Total	% de variância	% cumulativa
1	1,861	93,055	93,055
2	,139	6,945	100,000

Fonte: dados da pesquisa.

A tabela mostra os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 93,055% explicada por este fator, melhor do que a solução anterior que compreendia CA1. A Tabela 67 apresenta as cargas fatoriais e as comunalidades para o construto Capacidade Atual (2ª rotação).

Tabela 67 -Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Capacidade Atual (2ª rotação)

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
CA2	0,928	,741
CA3	0,928	,741

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando a tabela, nota-se que as cargas fatoriais apresentam valores superiores a 0,7 (Hair *et al.*, 2016). Sobre as comunalidade, o padrão adotado mínimo de 0,50 (Hair *et al.*, 2009) sendo os valores apresentados superiores. Com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,925$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,925$) foram bons. Apesar do valor ruim de KMO, os valores de correlação de anti-imagem acima de 0,7 e o MSA de 0,5, considerando os altos valores de cargas fatoriais, comunalidade e o aumento na variância explicada, optou-se por manter esses fatores, para serem analisadas novamente em conjunto com os outros construtos.

4.3.3.10. Uso Atual

A Tabela 68 apresenta o teste de KMO e Bartlett para o construto Uso Atual.

Tabela 68 - Teste de KMO e Bartlett para o construto Uso Atual

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,500
	Qui-quadrado aprox.	108,512
Teste de esfericidade de Bartlett	df	1
	Sig.	,000

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da estatística KMO (0,500) pode ser considerada ruim, conforme Favero *et al.* (2009) e pode tornar inadequado o fator para consecução da AFE. A hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). O valor da correlação anti-imagem 0,732 (em módulo), ou seja, está inadequada a uma análise fatorial (Hair *et al.*, 2009). As medidas de adequação da amostra (MSA) para cada variável individual foram 0,500, também indicando inadequação. A Tabela 69 apresenta a variância total explicada para o construto Uso Atual.

Tabela 69 - Variância total explicada para o construto Uso Atual

Componente	Autovalores (eigenvalues)		
	Total	% de variância	% cumulativa
1	1,732	86,590	86,590
2	,268	13,410	100,000

Fonte: dados da pesquisa.

Apesar das medidas iniciais de adequação baixas, pode-se observar os fatores gerados pela AFE, com seus respectivos percentuais da variância total absorvida. A solução fatorial aponta uma variância total extraída de 86,590% explicada pelo primeiro fator, valor considerado excelente. A Tabela 70 apresenta as cargas fatoriais e comunalidades para o construto Uso Atual.

Tabela 70 - Cargas fatoriais e comunalidades para o construto Uso Atual

Item	Carga Fatorial	Comunalidade
UA1	0,855	,536
UA2	0,855	,536

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se verificar bons valores para carga fatorial e comunalidades no limite. Já com relação à confiabilidade, os valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,845$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,845$) foram considerados bons. Desta forma, apesar das medidas de adequação da amostra

se mostrarem baixas, as variáveis foram mantidas no modelo para manutenção da consistência teórica, afinal, trata-se da variável dependente.

Após a conclusão das análises fatoriais exploratórias para cada construto e a definição dos itens finais que as compõem, é pertinente realizar uma Análise Fatorial Confirmatória (AFC), utilizando modelagem de equações estruturais. Nesse ponto, temos oito construtos latentes, (quatro independentes e três intermediárias) explicando o construto latente endógeno (variável dependente). O resumo dos resultados das análises exploratórias é apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 - Resumo AFE

Modelo Teórico Inicial		Modelo Teórico após AFE	
Construto	Itens	Fatores latentes	Itens
Facilidade de Uso	2	Facilidade de Uso	0
Utilidade Percebida	7	Utilidade Percebida	7
Atitude em Relação ao Uso	4	Atitude em Relação ao Uso	4
Ambiente de Negócios	3	Ambiente de Negócios	0
Aspectos Organizacionais	4	Aspectos Organizacionais	4
Construção Enxuta	4	Construção Enxuta	4
Recursos Necessários	4	Recursos Necessários	4
Intenção de Uso	3	Intenção de Uso	3
Uso Atual	2	Uso Atual	2
Capacidade Atual	3	Capacidade Atual	2
Total de Itens	36	Total de Itens	30

Fonte: dados da pesquisa.

A partir dos dados apresentados no quadro acima, é possível perceber que os construtos Facilidade de Uso e Ambiente de Negócios foram retirados do modelo, assim como um dos itens do construto Capacidade Atual, resultando em 30 itens nessa etapa.

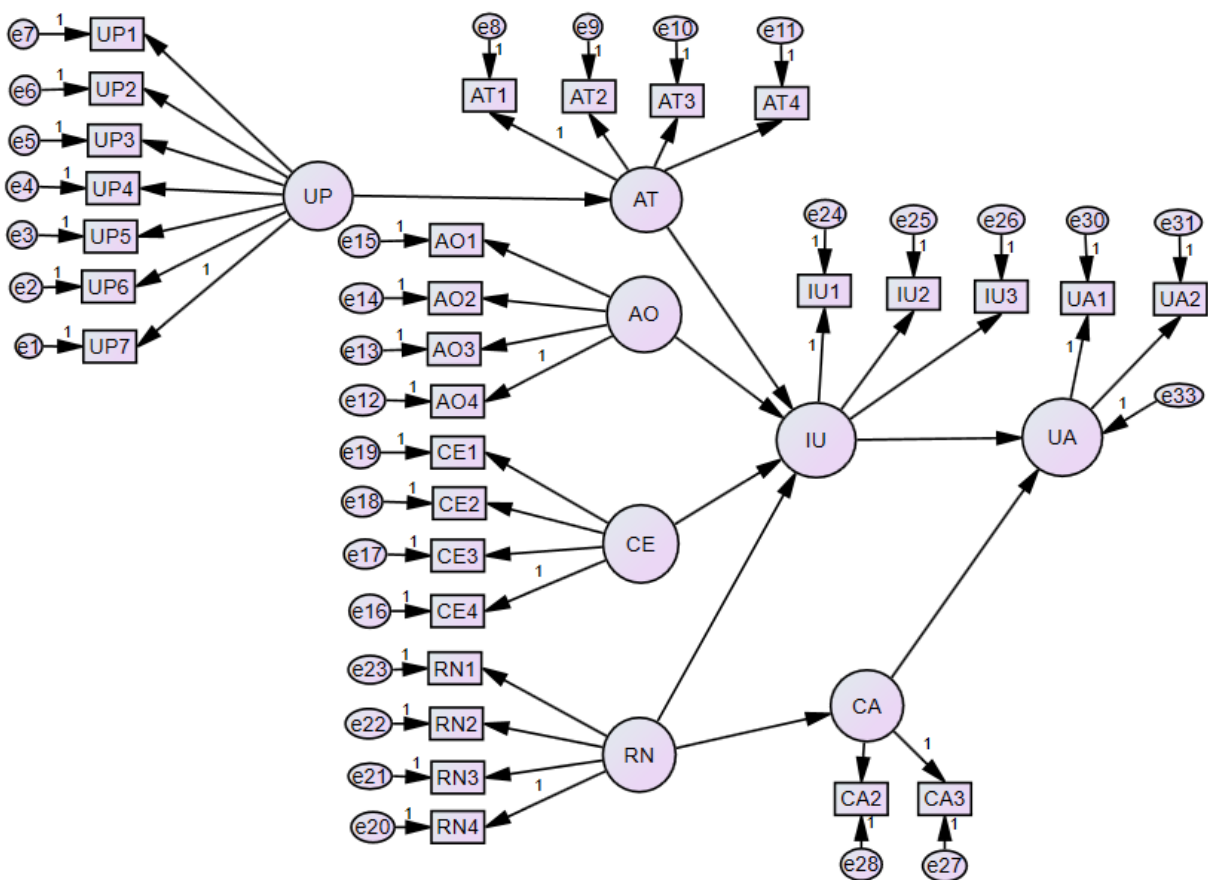
É importante considerar a existência de construtos exatamente identificado ($GL = 0$) e subidentificados ($GL < 0$), que acontecem quando o número de parâmetros a serem estimados é igual ou maior que a quantidade de variâncias e covariâncias entre os itens de mensuração, que acontece em matrizes de tamanho menor, a partir da 3x3, nesse caso, o construto Intenção de Uso ($GL = 0$), e os construtos Uso Atual ($GL = -1$) e Capacidade Atual ($GL = -1$). Nesses casos, a Análise Fatorial Confirmatória (AFC) usando o método de extração da máxima verossimilhança não resultará os índices de ajuste de qualidade. Entretanto, construtos exatamente identificados e subidentificados podem ser testados quando incorporados em um modelo de mensuração geral superidentificado ($GL > 0$), como é o caso do modelo

teórico reespecificado após a AFE. Por isso, os construtos subidentificados não serão avaliados pela AFC, mas serão avaliados em conjunto com todos os outros fatores.

4.3.4. Análise Fatorial Confirmatória

A Figura 8 abaixo apresenta o modelo após AFE, relações de dependência, variáveis manifestas e fatores latentes.

Figura 8 - Modelo após AFE



Legenda: a codificação dos itens foi adotada para facilitar a visualização do modelo, a identificação de cada código, está apresentada no Quadro 6.

Fonte: Autora (2024).

Primeiramente, os procedimentos confirmatórios foram realizados individualmente para os construtos superidentificados ($GL > 0$). Ao final foi considerado o modelo estrutural completo, verificando as estatísticas básicas (variância, cargas fatoriais e comunalidades) e os valores de qualidade de ajustamento (qui-quadrado, graus de liberdade, *p-value*, GFI, CFI, RMSEA, SRMR), bem como testes das hipóteses sugeridas pelas relações de dependência.

4.3.4.1. Utilidade Percebida

A primeira rotação realizada no *software* AMOS indicou $p\text{-value} = 0,00$, ou seja, o nível de significância rejeita a hipótese nula, de que a matriz de covariância estimada é igual àquela observada para o conjunto de dados da amostra, e um valor de X^2 alto, de 62,779. Os valores de *Critical Ratio* (CR, razão entre o valor estimado não padronizado da carga fatorial e o desvio-padrão) retornaram acima de 8,00, e foram todos significativos ao nível $p < 0,001$, indicando que as cargas fatoriais são estatisticamente diferentes de zero. A estatística X^2/GL ficou em 4,484, dentro do esperado (<5). A estimativa GFI foi de 0,897, abaixo do mínimo recomendável ($>0,90$). Já o CFI foi de 0,963, no limiar do mínimo recomendável ($>0,90$). A estimativa RMSEA, por ser uma estimativa de erro, deve ser o mais baixo possível ($<0,09$) e retornou valor inadequado 0,156.

Esses valores indicam a necessidade de ajustes, como as cargas fatoriais e comunalidades já foram verificadas em etapas anteriores e estão dentro dos limites adotados, não foi necessária a exclusão de algum item, então implementou-se uma covariância sugerida pela ferramenta AMOS (*modification indices*), entre duas variâncias de erro associadas aos itens UP5 e UP6. Entretanto, esse primeiro ajuste ainda não se atingiu os limites requeridos, sendo necessária um segundo ajuste. Implementou-se outra covariância entre duas variâncias de erro, dessa vez associada aos itens UP3 e UP5, mas os limites permaneceram abaixo do esperado. Adicionou-se mais uma covariância entre variâncias de erros, dessa vez entre UP4 e UP6, com isso os valores de GFI, CFI atingiram os limites determinados. Entretanto, $p\text{-value}$ ainda não havia sido atendido, então foi implementada outra covariância entre duas variâncias de erro, associada aos itens UP2 e UP7. Com essas alterações todas as medidas de ajustamento foram alcançadas, conforme pode-se observar na Tabela 71.

Tabela 71 - Rotações realizadas para o construto Utilidade Percebida

Índices de ajustamento	1ª Rotação	2ª Rotação	3ª Rotação	4ª Rotação	5ª Rotação
$p\text{-value}$	0,000	0,000	0,001	0,007	0,067
X^2	62,779	44,457	33,288	25,805	17,373
X^2/GL	4,484	3,42	2,774	2,346	1,737
GFI	0,897	0,923	0,946	0,953	0,966
CFI	0,963	0,976	0,984	0,989	0,994
RMSEA	0,156	0,130	0,111	0,097	0,072

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que a 5ª rotação retornou valores adequados, $p\text{-value} > 0,05$, indicando que a matriz de covariância observada na amostra é estatisticamente igual a matriz

estimada pela redução de dimensões, X^2/GL abaixo de 5,00, $GFI > 0,9$, $CFI < 0,9$ e $RMSEA < 0,09$. Após esses ajustes novos valores de cargas fatoriais e comunalidades foram calculados, e estão apresentados na Tabela 72.

Tabela 72 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Utilidade Percebida após a 5ª rotação no AMOS

Item	Cargas fatoriais	Comunalidade	CR ^{a,b}
UP1	0,939	0,882	<i>23,914</i>
UP2	0,903	0,816	<i>17,958</i>
UP3	0,954	0,911	<i>25,885</i>
UP4	0,935	0,874	<i>23,428</i>
UP5	0,768	0,590	<i>13,124</i>
UP6	0,849	0,720	<i>16,717</i>
UP7	0,950	0,903	*

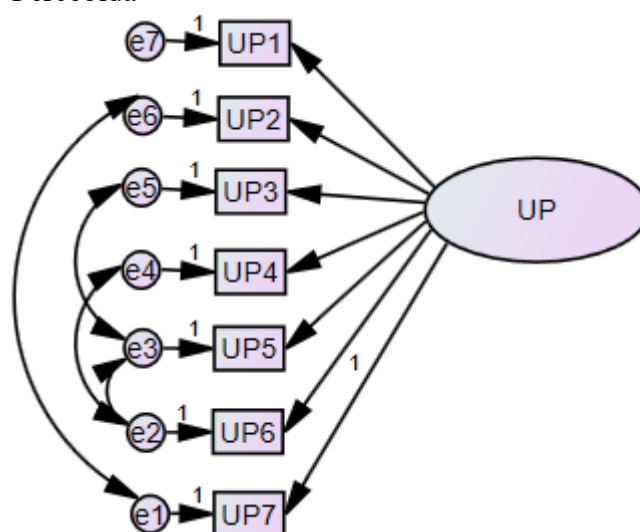
^a.: Item marcado com “*” refere-se ao item fixado em 1,0 para realização do teste do modelo.

^b.: Valores em *itálico* são significativos a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da média das cargas fatoriais teve um aumento (0,900) e todas acima do mínimo (0,700). Todos os valores de comunalidades atenderam ao limite ($>0,500$). Todos os valores de CR estão acima do mínimo ($>8,00$) e significativos ao nível $p < 0,001$, indicando que as cargas fatoriais são estatisticamente diferentes de zero. A Figura 9 apresenta o modelo para esse construto.

Figura 9 - Modelo para o construto Utilidade Percebida



Fonte: Autora (2024).

Como não houve a exclusão de nenhum item, os valores da variância explicada e alfa de Cronbach e ômega de McDonald's permanecem os mesmos (80,735%, 0,966 e 0,968 respectivamente), atendendo às recomendações.

4.3.4.2. Atitude em relação ao uso

A primeira rotação realizada no *software* AMOS indicou $p\text{-value} = 0,00$. Um valor de X^2 alto, de 129,473. Os valores de CR retornaram acima de 8,00, e foram todos significativos ao nível $p < 0,001$. A estatística X^2/GL ficou em 64,736, estando inadequado, já que o esperado é abaixo de 5,00. A estimativa GFI em 0,761, abaixo do limite, pois são considerados valores superiores a 0,90 para este indicador. O CFI em 0,807 estando abaixo, sendo considerado o nível ideal de 0,90. A estimativa RMSEA, idealmente inferior a 0,09, retornou valor inadequado 0,668.

Esses valores indicam a necessidade de ajustes, como as cargas fatoriais e comunalidades já foram verificadas em etapas anteriores e estão dentro dos limites adotados, não foi necessária a exclusão de algum item, então implementou-se uma covariância sugerida pela ferramenta AMOS (*modification indices*), entre duas variâncias de erro associadas aos itens AT3 e AT4. Com essa alteração todos os valores foram atingidos, conforme pode-se observar na Tabela 73. Também é possível perceber as melhoras nos índices após o ajuste implementado.

Tabela 73 - Rotações realizadas para o construto Atitude em relação ao uso

Índices de ajustamento	1^a Rotação	2^a Rotação
<i>p-value</i>	0,000	0,267
X^2	129,473	1,230
X^2/GL	64,736	1,230
GFI	0,761	0,996
CFI	0,807	1,000
RMSEA	0,668	0,040

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que a 2^a rotação retornou valores adequados, $p\text{-value} > 0,05$, indicando que a matriz de covariância observada na amostra é estatisticamente igual a matriz estimada pela redução de dimensões, X^2/GL abaixo de 5,00, $GFI > 0,9$, $CFI < 0,9$ e $RMSEA <$

0,09. Após esses ajustes novos valores de cargas fatoriais e comunalidades foram calculados, e estão apresentados na Tabela 74

Tabela 74 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Atitude em relação ao uso após a 2ª rotação

Item	Cargas fatoriais	Comunalidade	CR^{a,b}
AT1	0,955	0,912	<i>11,299</i>
AT2	0,991	0,982	<i>11,386</i>
AT3	0,743	0,552	<i>18,445</i>
AT4	0,706	0,499	*

^a: Item marcado com “*” refere-se ao item fixado em 1,0 para realização do teste do modelo.

^b: Valores em *itálico* são significativos a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da média das cargas fatoriais teve uma queda (0,849), estando AT4 no limiar do aceitável de 0,7. Sobre as comunalidades, o valor de AT4 está abaixo do limite adotado, 0,5. Dessa forma, recomenda-se a exclusão de AT4 do modelo. A exclusão de AT4 torna o modelo exatamente identificado ($GL = 0$), e por isso seus índices de ajustamento absoluto são indeterminados (X^2 , X^2/GL , e p -value). A verificação foi feita a partir das cargas fatoriais, comunalidade e CR, como é possível observar na Tabela 75.

Tabela 75 - Cargas fatoriais e comunalidades do construto Atitude em relação ao uso após exclusão de AT4

Item	Carga Fatorial	Comunalidades	CR^{a,b}
AT1	,953	,908	12,388
AT2	,994	,987	12,498
AT3	,742	,550	*

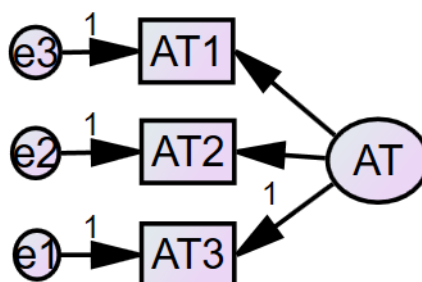
^a: Item marcado com “*” refere-se ao item fixado em 1,0 para realização do teste do modelo.

^b: Valores em *itálico* são significativos a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da média das cargas fatoriais melhorou (0,896) estando todas acima do aceitável de 0,7. Sobre as comunalidades todas atendem ao limite ($> 0,5$). Os valores de CR todos acima de 8,00 e significativos ao nível $p < 0,001$, indicando que as cargas fatoriais são estatisticamente diferentes de zero. A Figura 10 apresenta o modelo para esse construto.

Figura 10 - Modelo para o construto Atitude em relação ao uso



Fonte: Autora (2024).

Com a exclusão de AT4, o valor da variância explicada aumentou para 81,503 % e o valor de alfa de Cronbach ficou 0,915, atendendo aos limites, assim como ômega de McDonald's ($\omega=0,929$). Por ter atingido o mínimo de três itens de medida ($GL = 0$), não foi possível realizar as verificações dos índices de ajuste, após a exclusão de AT4. Neste caso, esse construto deve ser avaliado com cautela quando for testado em conjunto com os outros no modelo integrado.

4.3.4.3. Aspectos Organizacionais

A primeira rotação realizada no *software* AMOS indicou $p\text{-value} = 0,019$ e um baixo valor de X^2 , de 7,877. Os valores de CR retornaram acima de 8,00, e foram todos significativos ao nível $p < 0,001$. A estatística X^2/GL ficou em 3,938 já dentro do esperado ($< 5,00$). A estimativa GFI em 0,971, acima do limite ($> 0,90$), CFI em 0,990 (ideal $> 0,90$). A estimativa RMSEA, idealmente inferior a 0,09, retornou valor inadequado 0,143.

Esses valores indicam a necessidade de ajustes. Como as cargas fatoriais e comunalidades já foram verificadas em etapas anteriores e estão dentro dos limites adotados, não foi necessária a exclusão de algum item. Implementou-se, então, uma covariância sugerida pela ferramenta AMOS (*modification indices*) entre duas variâncias de erro associadas aos itens AO2 e AO4. Com essa alteração todos os valores foram atingidos, conforme pode-se observar na Tabela 76. Também é possível perceber as melhoras nos índices após o ajuste implementado.

Tabela 76 - Rotações realizadas para o construto Aspectos Organizacionais

Índices de ajustamento	1ª Rotação	2ª Rotação
<i>p-value</i>	0,019	0,776

X ²	7,877	0,081
X ² /GL	3,938	0,081
GFI	0,971	1,000
CFI	0,990	1,000
RMSEA	0,143	0,000

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que a 2ª rotação retornou valores adequados, $p\text{-value} > 0,05$, indicando que a matriz de covariância observada na amostra é estatisticamente igual a matriz estimada pela redução de dimensões, X^2/GL abaixo de 5,00, $\text{GFI} > 0,9$, $\text{CFI} < 0,9$ e $\text{RMSEA} < 0,09$. Após esses ajustes novos valores de cargas fatoriais e comunalidades foram calculados, e estão apresentados na Tabela 77.

Tabela 77 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Aspectos Organizacionais após a 2ª rotação no AMOS

Item	Cargas fatoriais	Comunalidade	CR ^{a,b}
AO1	0,911	0,830	<i>13,200</i>
AO2	0,928	0,861	<i>16,034</i>
AO3	0,944	0,890	<i>13,799</i>
AO4	0,806	0,649	*

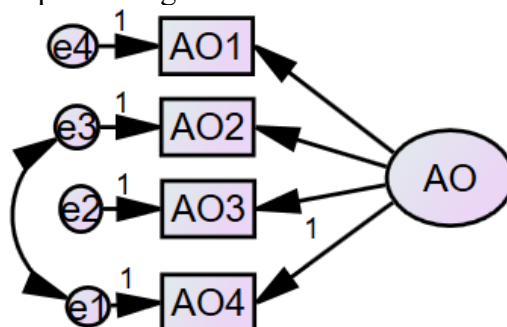
^a.: Item marcado com “*” refere-se ao item fixado em 1,0 para realização do teste do modelo.

^b.: Valores em itálico são significativos a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da média das cargas fatoriais teve uma pequena queda para (0,897) estando todas acima do aceitável de 0,7. Sobre as comunalidades todas atendem ao limite adotado, 0,5. Os valores de CR todos acima de 8,00 e significativos ao nível $p < 0,001$, indicando que as cargas fatoriais são estatisticamente diferentes de zero. A Figura 11 apresenta o modelo para esse construto.

Figura 11 - Modelo para o construto Aspectos Organizacionais



Fonte: Autora (2024).

Como não houve a exclusão de nenhum item os valores da variância explicada e alfa de Cronbach e ômega de McDonald's permanecem os mesmos (81,865%, 0,946 e 0,947 respectivamente), atendendo aos limites.

4.3.4.4. Construção Enxuta

A primeira rotação realizada no *software* AMOS indicou $p\text{-value} = 0,019$ ou seja, o nível de significância aceita a hipótese nula, de que a matriz de covariância estimada é igual àquela observada para o conjunto de dados da amostra. Apresentou um baixo valor de X^2 , de 4,694. Os valores de CR retornaram acima de 8,00 e foram todos significativos ao nível $p < 0,001$. A estatística X^2/GL ficou em 2,347, dentro do esperado ($<5,00$). A estimativa GFI em 0,983, acima do limite ($>0,90$) e o CFI em 0,996 ($>0,90$). A estimativa RMSEA, idealmente inferior a 0,09, retornou valor um pouco acima do limite 0,097.

Apesar de índices já bem próximos aos aceitáveis pelos limites, o valor de RMSEA pode ser melhorado. Como as cargas fatoriais e comunalidades já foram verificadas em etapas anteriores e estão dentro dos limites adotados, não foi necessária a exclusão de algum item, então implementou-se uma covariância sugerida pela ferramenta AMOS (*modification indices*), entre duas variâncias de erro associadas aos itens CE1 e CE2. Com essa alteração todos os valores foram atingidos, conforme pode-se observar na Tabela 78.

Tabela 78 - Rotações realizadas para o construto Construção Enxuta

Índices de ajustamento	1ª Rotação	2ª Rotação
<i>p-value</i>	0,096	0,585
X^2	4,694	0,298
X^2/GL	2,347	0,298
GFI	0,983	0,999
CFI	0,996	1,000
RMSEA	0,097	0,000

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que a 2ª rotação retornou valores adequados, $p\text{-value} > 0,05$, indicando que a matriz de covariância observada na amostra é estatisticamente igual a matriz estimada pela redução de dimensões, X^2/GL está de 5,00, $GFI > 0,9$, $CFI < 0,9$ e $RMSEA <$

0,09. Após esses ajustes novos valores de cargas fatoriais e comunalidades foram calculados, e estão apresentados na Tabela 79.

Tabela 79 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Construção Enxuta após a 2ª rotação no AMOS

Item	Cargas fatoriais	Comunalidade	CR ^{a,b}
CE1	0,919	0,844	<i>17,097</i>
CE2	0,942	0,887	<i>18,263</i>
CE3	0,961	0,924	<i>19,249</i>
CE4	0,888	0,788	*

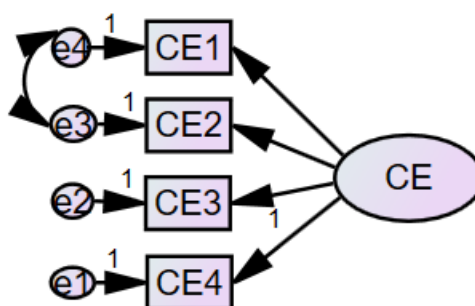
^a: Item marcado com “*” refere-se ao item fixado em 1,0 para realização do teste do modelo.

^b: Valores em itálico são significativos a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da média das cargas fatoriais teve um aumento para (0,928) estando todas acima do aceitável de 0,7. Sobre as comunalidades todas atendem ao limite adotado, 0,5. Os valores de CR todos acima de 8,00 e significativos ao nível $p < 0,001$, indicando que as cargas fatoriais são estatisticamente diferentes de zero. A Figura 12 apresenta o modelo para esse construto.

Figura 12 - Modelo para o construto Construção Enxuta



Fonte: Autora (2024).

Como não houve a exclusão de nenhum item os valores da variância explicada e alfa de Cronbach e ômega de McDonald's permanecem os mesmos (86,765%, 0,962 e 0,963 respectivamente), atendendo aos limites.

4.3.4.5. Recursos Necessários

A primeira rotação realizada no *software* AMOS indicou $p\text{-value} = 0,431$ ou seja, o nível de significância aceita a hipótese nula, de que a matriz de covariância estimada é igual àquela observada para o conjunto de dados da amostra. Também apresentou um baixo valor de X^2 , de 1,681. Os valores de CR retornaram acima de 8,00, e foram todos significativos ao nível $p < 0,001$. A estatística X^2/GL ficou em 0,840 já dentro do esperado que é abaixo de 5,00. A estimativa GFI em 0,994, acima do limite, pois são considerados valores superiores a 0,90 para este indicador. O CFI em 1,000, sendo considerado o nível ideal de 0,90. A estimativa RMSEA, idealmente inferior a 0,09, retornou valor um ótimo de 0,000.

Como todos os itens estão dentro dos limites aceitáveis e como as cargas fatoriais e comunalidades já foram verificadas em etapas anteriores e estão dentro dos limites adotados, não foi necessária nenhuma modificação nesse construto. Os valores foram atingidos, conforme pode-se observar na Tabela 80.

Tabela 80 - Rotações realizadas para o construto Construção Enxuta

Índices de ajustamento	1 ^a Rotação
$p\text{-value}$	0,431
X^2	1,681
X^2/GL	0,840
GFI	0,994
CFI	1,000
RMSEA	0,000

Fonte: dados da pesquisa.

A Tabela 81 apresenta os valores de cargas fatoriais, comunalidades e CR .

Tabela 81 - Cargas fatoriais e comunalidade do construto Recursos Necessários após a 1^a rotação no AMOS

Item	Cargas fatoriais	Comunalidade	$CR^{a,b}$
RN1	0,868	0,754	12,291
RN2	0,929	0,862	13,413
RN3	0,844	0,712	11,791
RN4	0,810	0,656	*

^a.: Item marcado com “*” refere-se ao item fixado em 1,0 para realização do teste do modelo.

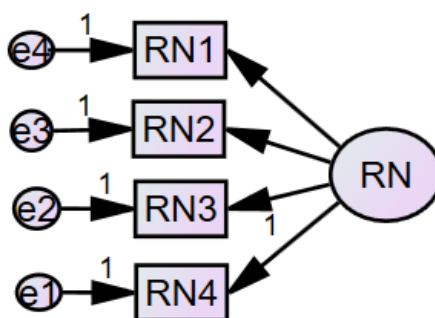
^b.: Valores em itálico são significativos a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

O valor da média das cargas fatoriais manteve o valor (0,863), já que não foi necessária nenhuma alteração, estando todas acima do aceitável de 0,7. Sobre as comunalidades

todas atendem ao limite adotado, 0,5. Os valores de CR todos acima de 8,00 e significativos ao nível $p < 0,001$, indicando que as cargas fatoriais são estatisticamente diferentes de zero. A Figura 13 apresenta o modelo para esse construto.

Figura 13 - Modelo para o construto Recursos Necessários



Fonte: Autora (2024).

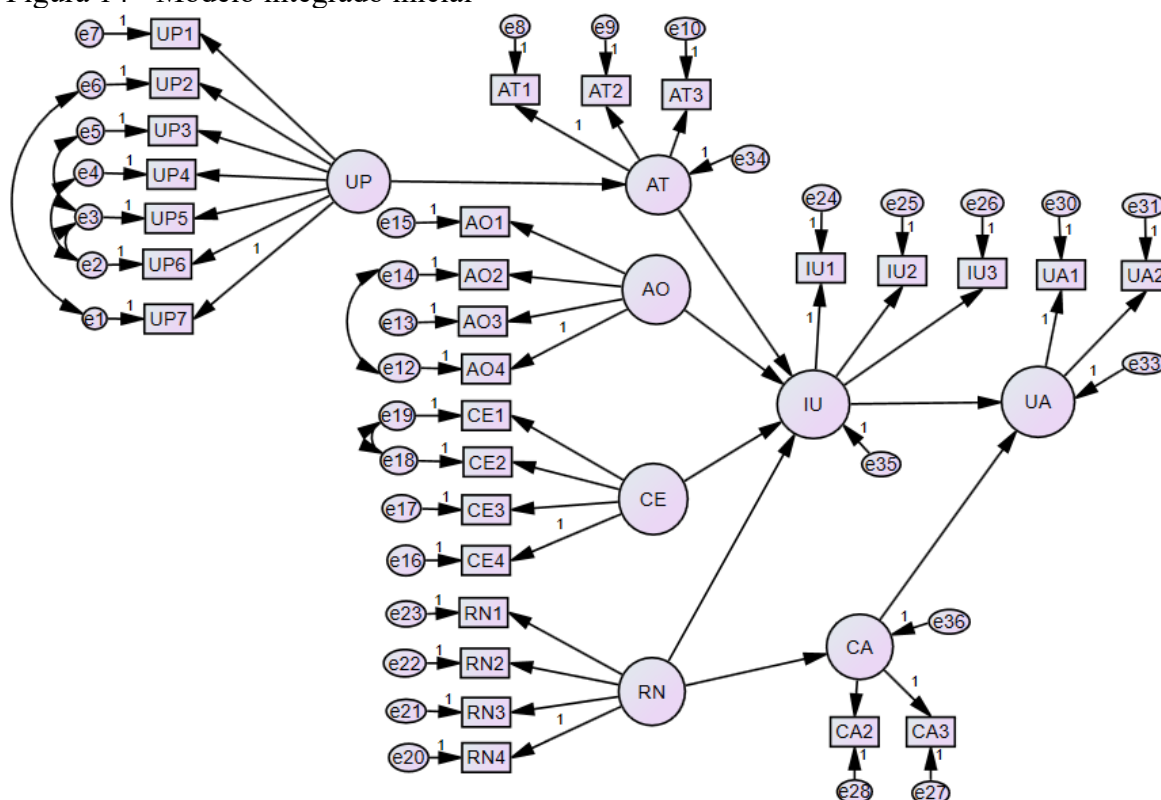
Como não houve nenhuma alteração os valores da variância explicada e alfa de Cronbach e ômega de McDonald's permanecem os mesmos (74,606%, 0,920 e 0,921 respectivamente), atendendo aos limites.

Após concluir as análises e as reespecificações de cada um dos construtos superidentificados, deu-se continuidade ao teste do modelo geral, o qual engloba também os construtos não testados individualmente até o momento (por serem subidentificados ou exatamente identificados).

4.3.5. Avaliação do modelo integrado

O modelo integrado para medir a propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro é representado na Figura 14, levando em consideração os ajustes realizados nas etapas anteriores de AFE e AFC.

Figura 14 - Modelo integrado inicial



Fonte: Autora (2024).

O modelo é composto por 29 itens de medida (observadas) e oito variáveis latentes. Dentre elas quatro são independentes (UP, AO, CE e RN), três são intermediárias (AT, IU e CA) e uma independente (UA). É possível perceber a relação entre construtos latentes e exógenos, e suas variáveis de mensuração, e as relações entre estes construtos exógenos e entre eles e o construto endógeno, propensão ao Uso Atual. Assim são apresentadas as covariâncias entre os erros de algumas variáveis de medida, incorporadas ao modelo durante as análises confirmatórias de cada construto individualmente.

Para iniciar a verificação do modelo integrado, inicialmente foi realizada uma verificação no SPSS, para avaliar a variância explicada do modelo, assim ao serem inseridos os itens constantes no modelo integrado, apresentado na Figura 14 o valor da variância pelo método de extração da máxima verossimilhança, com rotação Varimax foi de 76,016 %, com bons valores de alfa de Cronbach ($\alpha=0,962$) e ômega de McDonald's ($\omega=0,965$).

Ao realizar a primeira rotação no *software* AMOS do modelo integrado, foi dada atenção especial aos construtos exatamente identificado ($GL = 0$) e subidentificados ($GL < 0$), já que eles não passaram pela AFC, devido a impossibilidade de gerarem os resultados dos índices de ajuste. Nesse caso, o construto Intenção de Uso ($GL = 0$), os construtos Uso Atual ($GL = -1$) e Capacidade Atual ($GL = -1$) e o construto Atitude em relação ao Uso ($GL = 0$). Para

isso, foram verificados que os valores de cargas fatoriais padronizadas e comunalidades desses construtos, os valores são apresentados na Tabela 82.

Tabela 82 - Cargas fatoriais padronizadas e comunalidades dos construtos Intenção de Uso, Uso Atual, Capacidade Atual e Atitude em relação ao uso após 1ª rotação do modelo integrado

Item	Cargas fatoriais	Comunalidade
IU1	0,859	0,738
IU2	0,913	0,834
IU3	0,881	0,776
UA1	1,007	1,014
UA2	0,713	0,508
CA2	0,942	0,888
CA3	0,914	0,836
AT1	0,957	0,915
AT2	0,989	0,979
AT3	0,745	0,555

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando os valores das cargas fatoriais padronizadas e das comunalidades apresentados, é possível perceber que todos os valores atendem aos limites aplicados. Com isso, foi dada continuidade a análise.

A primeira rotação realizada no *software* AMOS indicou $p\text{-value} = 0,00$, invalidando a priori a solução. Entretanto, é interessante que esta estatística seja avaliada com os outros índices, tendo em vistas que se obteve 144 respondentes, isto porque Hair *et al.* (2009) ressaltam que para um número de variáveis maior que 12 e amostras menores que 250 é comum o teste qui-quadrado significativo, atrelado a um valor de X^2 alto, de 744,610. A estatística X^2/GL ficou em 2,051, adequado ($< 5,00$). A estimativa GFI em 0,742 abaixo do limite ($> 0,90$) e CFI em 0,921 estando abaixo ($> 0,95$). A estimativa RMSEA, idealmente inferior a 0,09, retornou valor adequado 0,086.

Esses valores indicam a necessidade de ajustes, como as cargas fatoriais e comunalidades já foram verificadas em etapas anteriores, então implementaram-se covariâncias sugerida pela ferramenta AMOS (*modification indices*), entre duas variâncias de erro associadas, com o intuito de se obter um modelo mais ajustado, preservando os construtos mantidos no modelo até aqui.

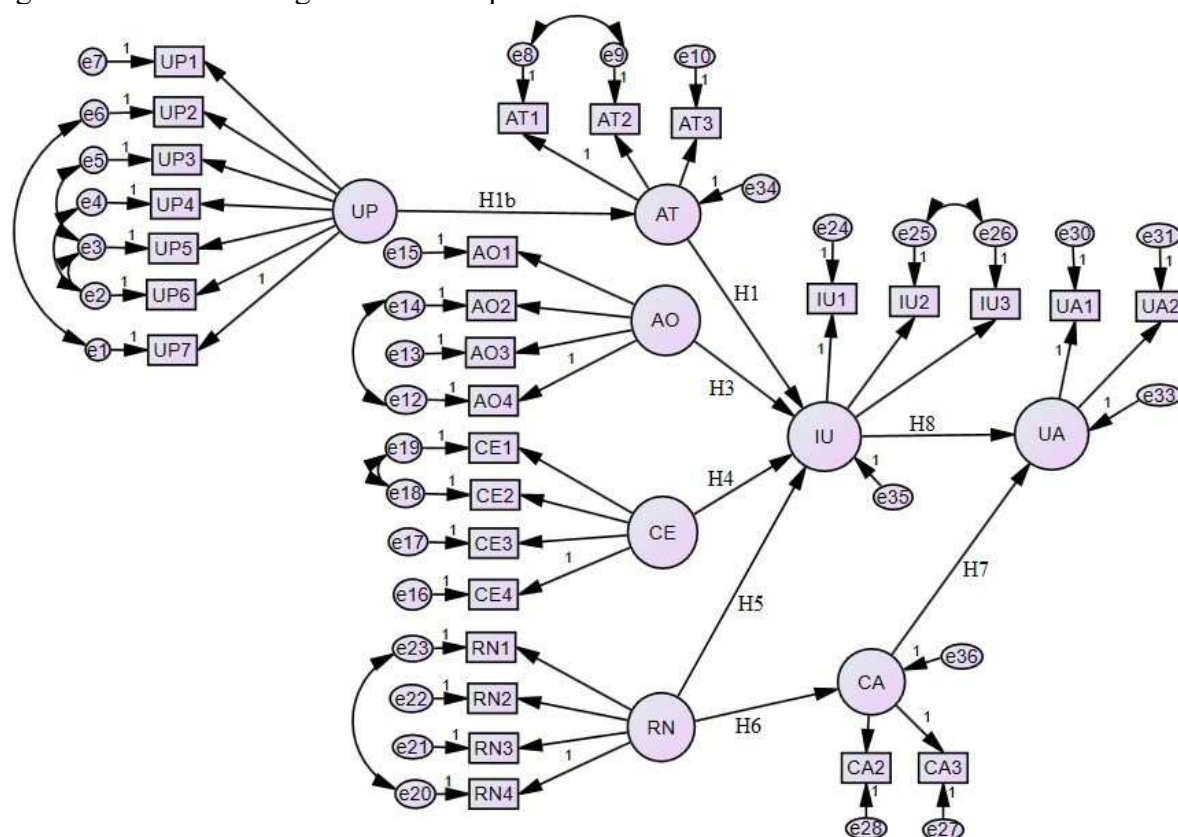
A partir dessas implementações realizadas $p\text{-value} = 0,00$ continuou. A estatística X^2/GL diminuiu para 2,032, considerado adequado ($<5,00$). A estimativa GFI ficou 0,746 ainda abaixo do limite ($>0,90$) e CFI em 0,923, considerado o nível ideal ($>0,9$). A estimativa RMSEA, idealmente inferior a 0,09, retornou valor adequado 0,085. Devido aos valores de GFI e CFI, foram avaliados também valores de AGFI, NFI e TLI, que devem ser superiores a 0,9. O modelo retornou valores de 0,693, 0,860 e 0,913 respectivamente, indicando apenas TLI como aceitável e NFI no limiar do aceitável.

Outra verificação realizada foi o SRMR que indica que a correlação dos dados da matriz amostral será elevada ao quadrado para verificar as diferenças entre a proposição feita e a relação real que há nos dados. O limite adotado é que $SRMR < 0,08$ para que o modelo seja considerado aceitável (Hair *et al.*, 2005), o SRMR do modelo em questão é 0,3282. Vale ressaltar que o não atendimento ao $p\text{-value}$, indica a não validação do modelo.

Lima (2015) ressalta que, nesses casos dois aspectos podem ter contribuído para inadequação do modelo: (i) questões relacionadas ao tamanho da amostra, e (ii) a presença de construto sub e/ou exatamente identificados, que combinados podem levar a invalidação do modelo proposto. Considerando que o objetivo primordial do processo de modelagem de equações estruturais não é apenas buscar ajustes ideais para um determinado modelo, mas sim testar uma teoria e avaliar sua adequação em representá-la, as interações realizadas estiveram restritas ao escopo definido pela teoria que fundamenta a pesquisa.

A Figura 15 apresenta o modelo integrado final e as hipóteses.

Figura 15 - Modelo integrado final e hipóteses



Fonte: Autora (2024).

É possível perceber que duas hipóteses foram excluídas, devido à exclusão dos seus respectivos construtos (H1a que relacionava o construto Facilidade de Uso a Atitude em relação ao uso e H2 que relacionava Ambiente de Negócios e Intenção de Uso).

O teste das hipóteses para o modelo integrado, bem como os parâmetros estimados são apresentados na Tabela 83. Note-se que o modelo está classificado em duas categorias: (i) modelo estrutural, que trata sobre as relações entre os construtos exógenos e o construto endógeno, e (ii) modelo de medida, que trata sobre as relações entre construtos latentes exógenos, e suas variáveis de mensuração.

Tabela 83 - Parâmetros estimados padronizados e teste das hipóteses

Modelo	Relação	Coef. Reg.	p-value	Hipótese	Resultado
Modelo Estrutural	Atitude em Relação ao Uso ← Utilidade Percebida	0,797	***	H1b	Aceita
	Intenção de Uso ← Atitude em Relação ao Uso	0,378	***	H1	Aceita
	Intenção de Uso ← Aspectos Organizacionais	0,183	0,016	H3	Aceita
	Intenção de Uso ← Construção Enxuta	0,141	0,059	H4	Rejeitada

Modelo	Relação	Coef. Reg.	p-value	Hipótese	Resultado
	Intenção de Uso ← Recursos Necessários	0,399	***	H5	Aceita
	Capacidade Atual ← Recursos Necessários	0,436	***	H6	Aceita
	Uso Atual ← Capacidade Atual	0,579	***	H7	Aceita
	Uso Atual ← Intenção de Uso	0,177	0,011	H8	Aceita
Modelos de Medida	UP7 ← UP	0,955	n/a		
	UP6 ← UP	0,852	***		
	UP5 ← UP	0,765	***		
	UP4 ← UP	0,938	***		
	UP3 ← UP	0,946	***		
	UP2 ← UP	0,907	***		
	UP1 ← UP	0,929	***		
	AT1 ← Atitude em relação ao Uso	0,931	n/a		
	AT2 ← Atitude em relação ao Uso	0,967	***		
	AT3 ← Atitude em relação ao Uso	0,762	***		
	AO4 ← Aspectos Organizacionais	0,804	n/a		
	AO3 ← Aspectos Organizacionais	0,944	***		
	AO2 ← Aspectos Organizacionais	0,928	***		
	AO1 ← Aspectos Organizacionais	0,910	***		
	CE4 ← Construção Enxuta	0,887	n/a		
	CE3 ← Construção Enxuta	0,962	***		
	CE2 ← Construção Enxuta	0,941	***		
	CE1 ← Construção Enxuta	0,918	***		
	RN4 ← Recursos Necessários	0,829	n/a		
	RN3 ← Recursos Necessários	0,843	***		
	RN2 ← Recursos Necessários	0,916	***		
	RN1 ← Recursos Necessários	0,883	***		
	IU1 ← Intenção de Uso	0,935	n/a		
	IU2 ← Intenção de Uso	0,826	***		
	IU3 ← Intenção de Uso	0,793	***		
	CA3 ← Capacidade Atual	0,919	n/a		
CA2 ← Capacidade Atual	0,938	***			
UA1 ← Uso Atual	1,019	n/a			
UA2 ← Uso Atual	0,706	***			

a.: "n/a" indica que a relação foi fixada em "1" para o teste do modelo.

***: Significativo a $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa.

A hipótese H1b foi aceita ao nível 0,1 % ($p < 0,001$). Sua afirmação de que “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a Utilidade Percebida advinda do uso das Tecnologias Digitais influencia positivamente Atitude com Relação ao Uso das TDs no setor de construção brasileiro*” foi confirmada para a amostra observada. Este resultado corrobora Dolla, Jain e Delhi (2023) a não percepção dos benefícios advindos do uso das Tecnologias Digitais é um desafio à digitalização. Os autores realçam a necessidade de sensibilizar os trabalhadores a respeito dos benefícios de aplicar as tecnologias da indústria 4.0, e indicam a importância de apresentá-los, para que as pessoas aprendam a utilidade e com isso apreciem o valor da adoção dessas tecnologias. O que também está alinhado com Bajpai e Misra (2023) que indicam que o benefício percebido tem um papel substancial tanto na implementação como na continuidade do uso das TDs.

Para a amostra da pesquisa, os dados evidenciam que estatisticamente a Utilidade Percebida aumenta a Atitude em relação ao Uso com uma forte (0,707) relação – o maior coeficiente de regressão padronizado entre as hipóteses do modelo. Os valores dos coeficientes de regressão padronizados de todos os seus itens foram altos (acima de 0,765), com destaque para UP7 (0,955), que aborda que o uso das Tecnologias Digitais promove melhoria, UP3 (0,943), que trata que esse uso melhora a tomada de decisão, e UP4 (0,938), que o uso aumenta a eficiência, contribuindo para aceitação de H1b.

A hipótese H1 de que “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a Atitude com Relação ao Uso das Tecnologias Digitais influencia positivamente a Intenção de Usar as TDs no setor de construção brasileiro*” foi aceita ao nível 0,1 % ($p < 0,001$). Tal resultado corrobora Altan e Işık (2023) que também identificaram esse aspecto e reconhecem que o aumento da conscientização sobre os benefícios da adoção dessas tecnologias entre os funcionários melhora a vontade de adotá-las.

Embora a força de relação não seja elevada, com coeficiente de regressão padronizado de 0,378, ao avaliar os coeficientes de regressão padronizados das medidas desse construto observa-se bons valores (acima de 0,762). AT2 (0,967), que aborda a atitude do profissional em relação ao uso das TDs, indicam que o indivíduo entende que esse uso gera benefícios diversos e AT1 (0,931), de que o indivíduo vê o uso como uma boa ideia, foram os maiores coeficientes, contribuindo para a significância da influência sobre a Intenção de Uso.

Já H3 “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção os Aspectos Organizacionais influenciam positivamente a Intenção de Usar as TDs no setor de construção brasileiro*” foi rejeitada ao nível de 0,1% ($p > 0,001$), entretanto foi aceita ao nível de 5% ($p < 0,05$), o que apresenta um bom resultado, já que são considerados significativos

resultados ao nível de confiança de 5%. O que reforça esse indício é que todos os coeficientes de regressão padronizados das variáveis de mensuração são significativos a 0,1% ($p < 0,001$) e com valores altos (todos acima de 0,804), sendo mais representativos de AO3 (0,944), que aborda o engajamento da alta direção na implementação do uso das TDs, e AO2 (0,928), que trata sobre o apoio ao alcance da estratégia empresarial da empresa, contribuíram para a significância da influência sobre a Intenção de Uso.

Embora a força de relação não seja elevada, coeficiente de regressão padronizado de 0,183, o modelo confirmou a importância dos Aspectos Organizacionais investigados para a Intenção de Uso. Esse resultado está em linha com Dolla, Jain e Delhi (2023) que entendem que há a necessidade de uma abordagem de cima para baixo (*top-down*) para que as tecnologias da indústria 4.0 penetrem no setor da construção.

A hipótese H4 “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção os princípios de Construção Enxuta influenciam positivamente a Intenção de Usar as TDs no setor de construção brasileiro*” foi rejeitada tanto ao nível de 0,1% ($p > 0,001$) quanto 5% ($p > 0,05$). Entre as hipóteses testadas, essa possui o menor coeficiente de regressão padronizado com 0,141. Apesar de todos os coeficientes de regressão padronizados das variáveis de mensuração serem significativos a 0,1% ($p < 0,001$) e com valores representativos (acima de 0,887) a hipótese foi rejeitada.

Entretanto, é importante mencionar que ao nível de significância de 10% ($p > 0,1$), H4 seria aceita, sendo esperado que a aplicação dos princípios de Construção Enxuta aumente a Intenção ao Uso das Tecnologias Digitais. Um ponto a ser observado é que 22 % dos respondentes indicaram que sua familiaridade com a temática *Lean* é “apenas marginalmente familiar”, o que pode ter influenciado para a rejeição dessa hipótese. Uvarova, Orlov e Kankhva (2023) indicam que alguns profissionais tendem a separar a produção enxuta da digitalização. Ainda, os autores argumentam que a digitalização por si só não reduzirá as perdas nem otimizará os processos, de acordo com os princípios da construção enxuta, e que a digitalização dos processos é uma das últimas etapas do ciclo de mudanças no contexto da construção enxuta. Esses elementos podem ter influenciado a rejeição de H4.

Dando continuidade, H5 e H6 foram aceitas ao nível de 0,1% ($p < 0,001$). H5 aborda que “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção os Recursos Necessários influenciam negativamente a Intenção de Usar as TDs no setor de construção brasileiro*” e H6 de que “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção os Recursos Necessários influenciam negativamente o Comportamento de Uso Atual das TDs no setor de construção brasileiro*”. Apesar da aceitação das hipóteses, é

importante salientar que se obtiveram relações contrárias a teorizada, ou seja, esperavam-se influências negativas, mas obtiveram-se relações positivas. Isso sinaliza que, apesar de haver as barreiras para a implementação das TDs, tratadas nos Recursos Necessários, os profissionais estão cientes e dispostos a usarem mesmo assim. Isso está alinhado com Oke *et al.* (2024) que identificaram um aumento considerável na conscientização sobre as Tecnologias Digitais.

As forças de relação padronizadas foram razoáveis com 0,399 para H5 e 0,436 H6. Assim, o modelo confirmou que, para a amostra da pesquisa, os Recursos Necessários aumentam a Intenção de Uso e a Capacidade de Uso Atual. Ao avaliar os coeficientes de regressão padronizados, observa-se bons valores (acima de 0,829) com destaque para RN2 (0,916), que trata sobre a necessidade de infraestrutura (*hardware, software* e rede) para o uso das TDs e RN1 (0,883), que trata do custo associado a implementação e operação para o uso das TDs, o que contribuiu para a significância das hipóteses H5 e H6. Tais resultados também corroboram Oke *et al.* (2022) para quem a conscientização sobre as tecnologias deve ser melhorada para integrar adequadamente as TDs na indústria da construção.

A hipótese H7 “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a Capacidade Atual influencia positivamente a propensão ao Uso das TDs no setor de construção brasileiro*” foi aceita ao nível 0,1 % ($p < 0,001$). Entre as hipóteses testadas essa representa o segundo maior coeficiente de regressão padronizado (0,579). Oke, Aliu e Onajite (2023) também concluíram que a falta de capacidade e experiência foram as principais barreiras enfrentadas para a adoção das TDs, indicando a influência da capacidade atual sobre a propensão ao uso das TDs.

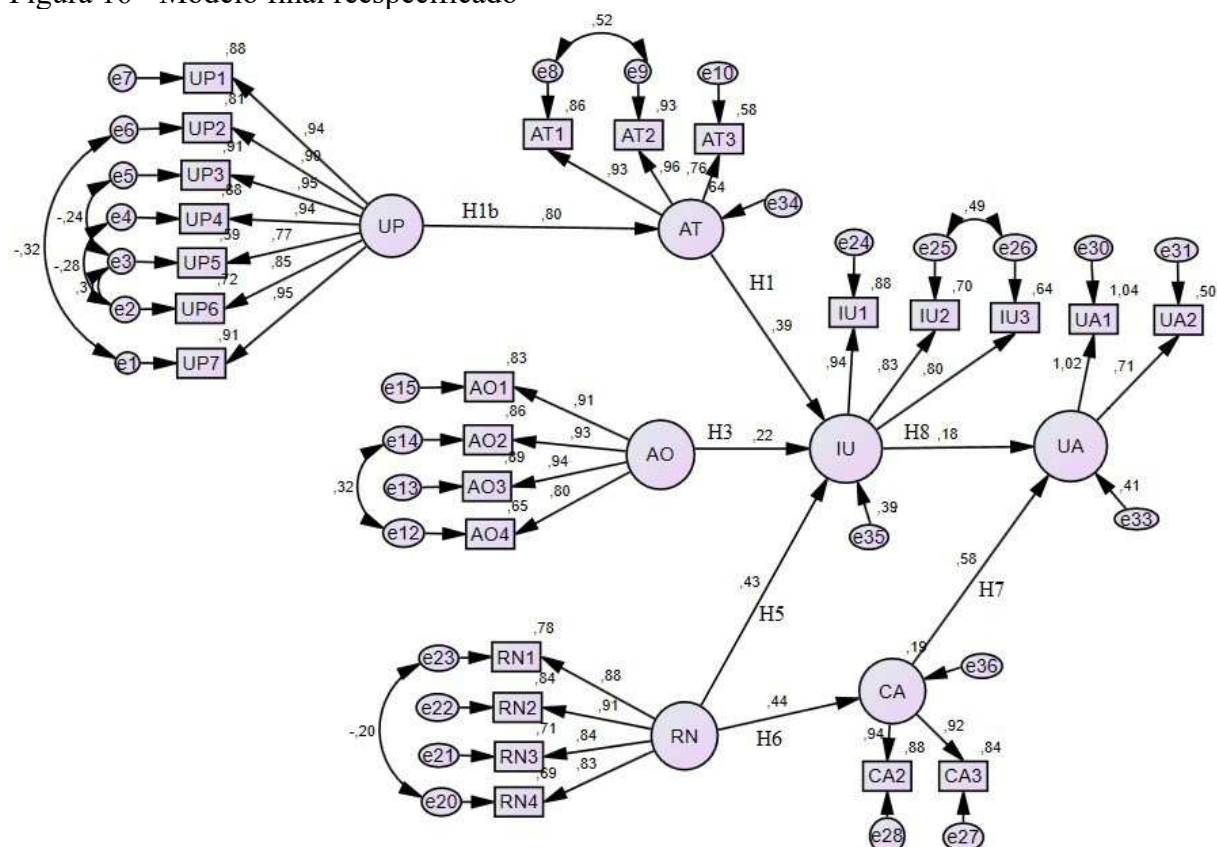
Ao avaliar os coeficientes de regressão padronizados das medidas desse construto observa-se bom valor com CA2 0,938, correspondendo ao participante vê vários outros profissionais utilizando TDs, o que contribuiu para a significância da influência da Capacidade de Uso Atual para a Propensão ao Uso.

Por último, H8, que trata de “*Na percepção de profissionais de arquitetura, engenharia, e construção a intenção de usar as Tecnologias Digitais influencia positivamente a propensão ao uso das TDs no setor de construção brasileiro*”, foi rejeitada ao nível de 0,1% ($p > 0,001$), mas aceita ao nível de 5% ($p < 0,05$). Todos os coeficientes de regressão padronizados das variáveis de mensuração são significativos a 0,1% ($p < 0,001$) e com valores altos (acima de 0,793) sendo IU1 (0,935) mais representativo, que trata que o indivíduo estar disposto a usar, seguido de IU2 (0,826), que aponta a intenção de expandir o uso de TD para outras fases do empreendimento, que contribuíram para a significância da influência sobre a Intenção de Uso.

Com uma força de relação baixa, 0,177, o modelo confirmou que, para amostra da pesquisa, a Intenção de Uso, relacionada a outras hipóteses que buscam explicar esse construto, como H1, H3, H4 e H5, aumenta a propensão ao Uso Atual das Tecnologias Digitais, o que sustenta o conceito fundamental por trás da elaboração do modelo.

Concluídos os testes das hipóteses, com exceção de H4, que foi rejeitada, as outras hipóteses contidas no modelo integrado final foram aceitas a um nível máximo de 5%, que representa um valor significativo. Com isso, a Figura 16 apresenta o modelo final reespecificado para a propensão ao uso de Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro, com as respectivas hipóteses e valores dos coeficientes de regressão padronizados.

Figura 16 - Modelo final reespecificado



Fonte: Autora (2024).

Com a validação das hipóteses, o modelo final reespecificado foi testado. Com relação à confiabilidade, tanto alfa de Cronbach ($\alpha=0,956$) quanto o Ômega McDonald's ($\omega=0,960$) foram excelentes. Os valores de KMO (0,906), também foi excelente, assim como a hipótese nula do teste de esfericidade de Bartlett – de que a matriz de correlação entre as variáveis analisadas é uma matriz identidade – foi rejeitada (pvalue = 0,000). A matriz de correlações anti-imagem, que apresenta as correlações parciais entre as variáveis, foi quase zero, bem próximo ao limite ($<0,7$) e a diagonal principal da matriz anti-imagem contém as

medidas de adequação da amostra foi de 0,947, como segue os mesmos critérios de adequação da estatística KMO, também podem ser considerados excelente. A variância explicada também foi boa, com valor de 73, 567 %.

Como aconteceu com os modelos anteriores, não houve a validação do modelo, pelas mesmas razões já explicadas acima, o *p-value* da estatística X^2 se mostrou inadequado. Sobre os índices de ajustamento, o modelo final reespecificado apresentou os melhores resultados, com $X^2/GL = 1,998 (<5)$, GFI = 0,795 ($>0,9$), CFI = 0,935 ($>0,90$), RMSEA 0,084 ($<0,08$), além de SRMR bom de 0,2938. Dentre os cinco índices utilizados, apenas GFI não foi atendido, com isso, o modelo foi considerado bem ajustado na análise de equações estruturais, conforme também concluído em outros estudos da área. Aghimien *et al.* (2024) que em seu estudo obteve GFI 0,805 e considerou que as variáveis avaliadas nos seus componentes agrupados estão aptas a serem adotadas como fatores significativos.

Por fim, retomou-se a análise das correlações entre as variáveis de medida de diferentes construtos que compõe o modelo final reespecificado, visando alcançar novas observações. Deu-se ênfase as correlações significativas (acima de 0,3, destacadas em cinza claro), e as com valores altos (acima de 0,5, destacadas em cinza escuro) de diferentes construtos como é possível observar na Tabela 84 e na Tabela 85.

Tabela 84 - Correlações do Modelo Final Reespecificado (Parte 01)

	UP1	UP2	UP3	UP4	UP5	UP6	UP7	AT1	AT2	AT3	AO1	AO2	AO3	AO4
UP1	1,00													
UP2	,846**	1,00												
UP3	,918**	,843**	1,000											
UP4	,870**	,861**	,889**	1,000										
UP5	,696**	,730**	,680**	,719**	1,000									
UP6	,779**	,770**	,805**	,743**	,757**	1,000								
UP7	,889**	,817**	,909**	,886**	,720**	,819**	1,000							
AT1	,712**	,633**	,695**	,678**	,513**	,652**	,736**	1,000						
AT2	,727**	,667**	,722**	,736**	,564**	,662**	,751**	,947**	1,000					
AT3	,562**	,561**	,562**	,592**	,424**	,464**	,548**	,706**	,737**	1,000				
AO1	,376**	,401**	,382**	,328**	,361**	,395**	,332**	,346**	,347**	,419**	1,000			
AO2	,446**	,425**	,457**	,427**	,357**	,416**	,416**	,434**	,433**	,450**	,846**	1,000		
AO3	,393**	,395**	,394**	,349**	,316**	,415**	,360**	,369**	,360**	,414**	,859**	,875**	1,000	
AO4	,485**	,441**	,478**	,487**	,305**	,424**	,450**	,469**	,471**	,459**	,730**	,817**	,762**	1,000
RN1	,501**	,445**	,528**	,518**	,407**	,443**	,485**	,462**	,456**	,317**	,271**	,355**	,288**	,345**
RN2	,496**	,456**	,540**	,506**	,433**	,513**	,492**	,439**	,463**	,312**	,280**	,326**	,277**	,278**
RN3	,525**	,501**	,537**	,502**	,469**	,503**	,474**	,405**	,430**	,314**	,262**	,292**	,277**	,293**
RN4	,545**	,512**	,583**	,513**	,410**	,502**	,533**	,406**	,413**	,240**	,327**	,349**	,317**	,331**
IU1	,533**	,488**	,538**	,561**	,382**	,473**	,540**	,552**	,552**	,465**	,361**	,442**	,392**	,379**
IU2	,473**	,429**	,480**	,478**	,279**	,411**	,473**	,499**	,494**	,465**	,380**	,465**	,446**	,413**
IU3	,456**	,422**	,461**	,453**	,289**	,467**	,472**	,509**	,482**	,464**	,351**	,427**	,384**	,381**
UA1	,453**	,418**	,459**	,405**	,246**	,431**	,388**	,410**	,429**	,516**	,581**	,566**	,592**	,561**
UA2	,274**	,311**	,316**	,258**	,192*	,303**	,261**	,315**	,337**	,379**	,531**	,518**	,573**	,501**
CA2	,401**	,370**	,441**	,404**	,321**	,428**	,382**	,360**	,379**	,454**	,380**	,375**	,385**	,393**
CA3	,379**	,348**	,430**	,391**	,301**	,394**	,375**	,360**	,351**	,418**	,406**	,395**	,429**	,386**

** A correlação é significativa ao nível 0,01 (2extremidades).

* A correlação é significativa ao nível 0,05 (2extremidades).

Tabela 85 - Correlações do Modelo final reespecificado (Parte 02 - Continuação)

	RN1	RN2	RN3	RN4	IU1	IU2	IU3	UA1	UA2	CA2	CA3
RN1	1,000										
RN2	,809**	1,000									
RN3	,743**	,775**	1,000								
RN4	,682**	,759**	,693**	1,000							
IU1	,539**	,529**	,562**	,521**	1,000						
IU2	,406**	,414**	,392**	,454**	,824**	1,000					
IU3	,424**	,424**	,500**	,429**	,799**	,858**	1,000				
UA1	,270**	,248**	,261**	,359**	,392**	,417**	,366**	1,000			
UA2	,168*	,115	,207*	,217**	,275**	,341**	,342**	,732**	1,000		
CA2	,355**	,373**	,321**	,323**	,375**	,325**	,333**	,622**	,444**	1,000	
CA3	,404**	,383**	,301**	,363**	,366**	,359**	,336**	,595**	,399**	,861**	1,00

** A correlação é significativa ao nível 0,01 (2extremidades).

* A correlação é significativa ao nível 0,05 (2extremidades).

Pode-se observar que a grande maioria das correlações entre as variáveis dos construtos diferentes são significativas, o que indica que existe uma natureza comum entre os fatores, o que reforça que esses fatores influenciam a propensão ao uso das TDs.

As variáveis do construto utilidade percebida possuem correlação significativa com praticamente todas as demais variáveis, indicando que conhecer os benefícios proporcionados pelo uso das TDs, influencia na propensão ao uso dessas tecnologias, e altas correlações, acima de 0,5 com os construtos atitude em relação ao uso e recursos necessários, conforme apresentando na Tabela 84. Revela uma relação entre a utilidade percebida e os recursos necessários, indicando que quanto mais os profissionais percebem os benefícios advindos desse uso, mais reconhecem a necessidade dos recursos para implementá-las com sucesso. Isso reforça que os profissionais estão cientes da importância dos recursos necessários para que se possa atingir os benefícios pelo uso das TDs, e demonstra um grau de conhecimento sobre essas tecnologias relacionado aos benefícios, e os recursos necessários para sua adoção.

O construto atitude em relação ao uso também apresenta correlação significativa com praticamente todas as demais variáveis, como pode-se observar na Tabela 84. Destacando-se algumas correlações com valores acima de 0,5 principalmente com o construto intenção de uso, reforçando mais uma vez que quanto mais favorável a atitude de um profissional em relação ao uso das TDs maior será sua intenção em usá-las.

As variáveis do construto aspectos organizacionais possuem correlação significativa com a maioria das demais variáveis, exceto com os recursos necessários, como é possível observar na Tabela 84. Isso sugere que os profissionais percebem os recursos necessários como uma questão mais técnica ou financeira, em separada da cultura organizacional. Em relação aos outros construtos, indica que quanto mais os aspectos organizacionais apoiam o uso das TDs, maior a intenção em usá-las, maior a capacidade de uso atual e com altos valores de correlação, maior o uso, indicando a importância que os aspectos organizacionais possuem sobre a propensão ao uso das tecnologias digitais.

As variáveis do construto recursos necessários, apresentaram valores significativos correlacionados praticamente a quase todos os outros construtos, indicando suas correlações com eles, exceto com aspectos organizacionais, como já comentando anteriormente, assim como para utilidade percebida e atitude em relação ao uso. Destacando-se bons valores em relação ao construto intenção de uso, especialmente a IU1 (Está disposto a utilizar), e valores significativos para o construto capacidade atual, indicando que quanto maior o conhecimento sobre o que é necessário para o uso das tecnologias digitais maior a motivação em aplicá-las e mais capazes de aplicá-las se sentem esses profissionais. Entretanto, é importante ressaltar a

não significância relacionada ao construto uso atual, o que sugere que apenas o conhecimento sobre o que é necessário para a aplicação das tecnologias não faz com que elas sejam efetivamente utilizadas. Isso corrobora Oke *et al.* (2024) para quem estar ciente e conhecer as tecnologias digitais não resulta na utilização delas. Isso indica que embora haja reconhecimento da importância dos recursos necessários e uma disposição para utilizá-las, ainda existem desafios a serem superados para uma adoção eficaz no setor de construção brasileiro, que podem inclusive estarem relacionados com os recursos necessários aqui avaliados, já que a escrita da escala não permitiu esse tipo de análise.

As variáveis do construto intenção de uso possuem correlação significativa com praticamente todas as demais variáveis. Faltando analisar sua correlação com capacidade de uso atual e uso atual, ambos os construtos também apresentam correlação acima de 0,3 indicando que para a propensão ao uso das TDs, essa motivação é importante.

O construto capacidade atual é o único construto entre os analisados que possui todos os valores de correlação acima de 0,3, indicando a influência dos outros construtos já analisados sobre ele, e com destaque para os altos valores de correlação entre ele e o construto uso atual. Isso indica que quanto mais capacitados se sentem os profissionais, maior o uso das TDs, demonstrando sua importância para a propensão ao uso das TDs, reforçando mais uma vez, a necessidade de uma mão de obra qualificada, que se sinta capaz de aplicar essas tecnologias.

A seguir, os resultados são discutidos, trazendo reflexões acerca da visão dos profissionais dos profissionais de arquitetura, engenharia e construção quanto à propensão ao uso das Tecnologias Digitais

4.4. Discussão dos resultados

A avaliação das variáveis de medida do construto Utilidade Percebida (UP), indicam que os profissionais que participaram da pesquisa consideram principalmente UP7 (Promove a melhoria), UP4 (Aumentam a eficiência) e UP3 (Melhoram a tomada de decisão), todas com média de pontuação acima de 8,5, como as principais utilidades advinda do uso das Tecnologias Digitais no setor da construção. Isso evidencia que a percepção de Utilidade Percebida do uso das TDs está associada aos benefícios mais amplos que elas oferecem, em vez de benefícios específicos, como exemplificado pela UP5 (Aumenta a segurança do trabalho) com média 7,854. Esse resultado está em acordo com Aliu e Oke, (2023) que identificaram a estrutura aprimorada para operações como o principal benefícios das TDs.

Os principais benefícios indicados pela amostra estão em acordo com as conclusões de outras pesquisas. Aumentar a eficiência foi o benefício mais bem classificado na pesquisa realizada por Aliu e Oke (2023), assim como a melhoria na análise e no apoio à tomada de decisões (Altan; Işık, 2023). Esses benefícios estão diretamente relacionados à capacidade de atender às expectativas dos clientes, promover a melhoria, aumentar a eficiência e melhorar a tomada de decisão. Podem resultar em entregas mais satisfatórias para os clientes, aspecto fundamentais para o sucesso e a reputação das empresas. Tais benefícios não apenas otimizam o desempenho operacional, mas também têm um impacto estratégico significativo.

Essa percepção dos benefícios advindos do uso das TDs exerce uma influência significativa na Atitude em relação ao uso, conforme apresentado no modelo final reespecificado. Portanto, reconhecer que compreender os benefícios potenciais das TDs é uma etapa crucial ao avaliar a propensão ao seu uso.

Entretanto, a facilidade de uso não figurou como determinante ao uso de TDs. Isso pode sinalizar dois aspectos importantes. O primeiro deles relacionado à complexidade de uso das tecnologias digitais. Argumenta-se que essa complexidade está atrelada não apenas à uma complexidade inerente da tecnologia, mas ao fato de essas tecnologias não terem sido desenvolvidas para o setor, requerendo adaptação de seu uso. Segundo, pode estar relacionado ao próprio perfil dos profissionais do setor, considerado conservador em relação à adoção em larga escala de tecnologias inovadoras (Hofman; Vries; Kaa, 2022), mesmo que a amostra da pesquisa tenha sido composta majoritariamente por jovens adultos (68% até 34 anos). Ainda, sinaliza uma oportunidade de desenvolvimento tecnológico no setor, com a aplicação dessas tecnologias adaptadas ao setor. Um exemplo disso foi a incorporação da Modelagem de Sólidos aos softwares BIM. Tal tecnologia foi desenvolvida no âmbito da indústria aeroespacial e mecânica, antes de tornar popular no setor da construção (Eastman, 2011).

Do construto Atitude em Relação ao Uso, a média das avaliações dos profissionais para os três itens restantes no modelo final reespecificado foi acima de 8,5, indicando que esses são considerados importantes para os respondentes, sendo eles: AT1 (Eu acho que é uma boa ideia), AT2 (Gera benefícios diversos) e AT3 (É útil para o meu trabalho). Como esse construto refere-se a uma avaliação pessoal, favorável ou desfavorável em relação a propensão ao uso das TDs, foi possível avaliar como está o posicionamento dos profissionais, que indicam que os profissionais estão conscientes da importância e dos benefícios das TDs.

Ao indicarem que consideram uma boa ideia, que percebem uma variedade de benefícios e que é útil para seus trabalhos, os profissionais estão expressando uma atitude positiva em relação à adoção das TDs. Isso sugere que estão abertos e receptivos a incorporar

inovações em suas práticas profissionais. Essa atitude favorável é fundamental para impulsionar a implementação dessas tecnologias no setor. Esse aspecto também foi observado pelas pesquisas realizadas pelo BIM Fórum Brasil (2022a e 2022b), que perceberam um progresso no entendimento e na utilização de soluções tecnológicas digitais entre os profissionais do setor.

Nesse contexto, é possível afirmar que os profissionais enxergam nas TDs meios para enfrentar desafios específicos da indústria da construção, como prazos apertados, controle de custos e complexidade de projetos. Percebem as TDs como ferramentas capazes de melhorar a qualidade e precisão dos resultados, otimizando os processos e proporcionando vantagens estratégicas. Esses profissionais também reconhecem a necessidade de acompanhar as tendências tecnológicas para se manterem competitivos no mercado. Isso é corroborado pela formação dos respondentes, cuja maioria possui formação posterior à graduação.

Essa postura favorável em relação ao uso das TDs exerce uma influência positiva na intenção em usá-las, conforme evidenciado no modelo final reespecificado. Nesse sentido, é fundamental destacar que, antes de um profissional ser incumbido de utilizar uma determinada TD, é essencial que ele compreenda os benefícios que ela pode trazer, mantenha uma atitude favorável em relação ao seu uso e, conseqüentemente, desenvolva a intenção de utilizá-la, contribuindo para o sucesso da implementação da tecnologia.

O construto Aspectos Organizacionais foi considerado determinante, tendo sido excluídos o Ambiente de Negócios e a Construção Enxuta. Em relação ao construto Aspectos Organizacionais, vê-se que em sua maioria as notas se distanciando dos extremos da escala, com médias no intervalo de 4,799 a 6,556, indicando desde uma razoável discordância a uma razoável concordância dos participantes com os itens. AO1 (A nossa empresa possui um planejamento estratégico para sua implementação) obteve a menor média de 4,799. Já AO2 (Elas apoiam o alcance da nossa estratégia empresarial) obteve média 5,674, enquanto AO3 (Nossa alta direção está engajada na implementação) 5,458 e AO4 (Nossa empresa tem uma cultura de aprendizado) com a maior média entre os itens desse construto 6,556.

A média de AO2 indica uma leve concordância dos respondentes, entretanto o valor baixo indica que os profissionais percebem que a empresa não reconhece totalmente o potencial das TDs para impulsionar o sucesso empresarial e, como resultado, pode haver uma falta de engajamento e apoio em relação a essas tecnologias dentro da organização. A falta de compreensão por parte das lideranças empresariais sobre os benefícios das TDs pode ter um impacto direto na postura da empresa em relação a sua implementação.

Atrelado a isso, a média de AO3 indica uma leve concordância dos respondentes, entretanto, o valor baixo indica que os profissionais podem perceber que a alta direção não está

totalmente engajada na implementação das TDs. Com base nisso, argumenta-se que a ausência de uma liderança forte e comprometida pode dificultar o desenvolvimento e a implementação de um planejamento estratégico para as TDs e, conseqüentemente, o seu uso, o que corrobora Aghimien *et al.* (2024). Esses autores pontam o suporte da alta administração como a principal variável para a transformação digital do setor.

Reforçando essa ideia, a média de AO1 indica que há uma razoável discordância dos respondentes, ou seja, que as empresas não possuem um planejamento estratégico para a implementação das TDs. Dolla, Jain e Delhi (2023) argumentam que o quarto fator significativo para a inovação da indústria da construção é ter um plano estratégico de longo prazo, do qual depende o sucesso da indústria 4.0. A falta desse planejamento estratégico pode então resultar em uma adoção malsucedida, caso uma tecnologia seja implementada.

Por último AO4 obteve a maior média entre os itens desse construto, o que indica que há uma razoável concordância com a existência de uma cultura organizacional por parte das empresas promovendo algum aprendizado e alguma atualização em relação as TDs, embora não seja tão evidente, devido ao valor mediano (6,556) da média dessa variável, essa cultura de aprendizado pode contribuir para a eficácia da implementação e utilização das TDs na organização. Isso sugere um esforço inicial para a adoção das tecnologias nas atividades da empresa.

De maneira geral, ao avaliar esse construto, sugere-se que há margem para aprimoramentos na abordagem das empresas quanto a implementação das TDs. Os profissionais podem perceber uma falta de apoio integral por parte das empresas para adotar o uso dessas tecnologias, o que pode impactar negativamente sua eficiência no trabalho. Esse posicionamento organizacional pode sugerir o estágio inicial de digitalização presente no setor de construção brasileiro, indicando uma certa resistência por parte das organizações em relação a investimentos significativos nas TDs. Esse resultado corrobora Bosch-Sijtsema *et al.* (2021) que identificaram a falta de estratégias digitais e de apoio da liderança à implementação e utilização das tecnologias como a quarta barreira de seu estudo. Também corrobora Oke *et al.* (2022). Por fim, Oke, Aliu e Onajite (2023) concluíram que a relutância das organizações em implementar tecnologias continua a ser uma das principais razões pelas quais o setor da construção tem lutado para alcançar elevados níveis de eficiência.

Os aspectos organizacionais influenciam positivamente a Intensão de Uso das TDs, como apresentado no modelo final reespecificado. Assim, é importante que as organizações ofereçam aos seus colaboradores as condições necessárias para que eles possam aplicar essas tecnologias e, com isso, colher os benefícios que elas proporcionam. Colaboradores que

trabalham um ambiente favorável para o desenvolvimento de suas habilidades digitais, sentindo-se apoiados e encorajados, contribuem significativamente para a eficácia da implementação e uso das TDs.

Com relação aos construtos excluídos, verificou-se que o ambiente de negócios, investigado sob a forma de incentivo governamental, normatização e segurança de dados, não foi determinante. Ou seja, de que esses aspectos não são suficientes para estimular o uso de TD no setor. Já com relação à exclusão do construto Construção enxuta, ressalta-se que o resultado vai de encontro ao pressuposto idealizado na pesquisa de que seria importante promover a estabilidade da produção, investigada, por meio dos princípios da construção enxuta de melhorar dos fluxos de trabalho, minimização das atividades que não agregam valor, variabilidade do processo e desperdícios, não foi visto como determinante. Em outras palavras, independente desses aspectos de organização da produção, os respondentes têm usado TD. Isso pode estar por trás, inclusive, de uma limitação de aproveitamento dos potenciais benefícios dessas tecnologias. Assim, os resultados divergem de Sacks *et al.* (2020) para quem a combinação simultânea dos princípios da CE com as TDs pode ser uma estratégia eficaz de potencializar os resultados dessas implementações.

Com relação ao construto Recursos Necessários, as médias das variáveis de medida das avaliações dos profissionais foram todas acima de 8,0, indicando uma forte concordância e que esses são considerados importantes para os respondentes. RN1 (O custo associado a implementação e operação) com média 8,007, RN2 (A necessidade de infraestrutura (*hardware*, *software* e rede) com média 8,417, RN3 (A segurança dos dados) com 8,368 e RN4 (A necessidade de mão de obra qualificada) 8,688. O menor valor em RN1 indica que entre os recursos necessários avaliados nesse estudo, os custos associados são o recurso que os respondentes dão menor importância, tendo destaque a necessidade de mão de obra qualificada.

A média de RN1 indica uma boa compreensão por parte dos profissionais sobre a importância de avaliar cuidadosamente os custos associados às TDs antes de sua implementação, refletindo uma abordagem cautelosa e estratégica em relação ao investimento em inovação tecnológica. Demonstra que os profissionais possuem consciência sobre os custos financeiros envolvidos na aquisição e manutenção das TDs, podendo sugerir também uma preocupação com o retorno do investimento associado à implementação dessas tecnologias. Isso está em acordo com Chen *et al.* (2023a) que argumentam que a implementação de TDs envolvem riscos e incertezas, como perdas financeiras e incertezas quanto à extensão do retorno do investimento.

A média de RN2 indica uma boa compreensão por parte dos profissionais sobre a importância de possuir uma infraestrutura tecnológica para o sucesso da implementação e utilização das TDs em suas atividades profissionais. Demonstra que esses profissionais conhecem a necessidade de uma infraestrutura adequada para suportar as tecnologias digitais, incluindo *hardware* robusto, *softwares* atualizados, e uma rede de comunicação estável, para que seja possível executar aplicativos e processos relacionados às TDs de forma eficaz e eficiente, o que corroborou Zhang *et al.* (2023), para quem a fraca infraestrutura é um obstáculo à transformação digital.

A média de RN3 reflete a preocupação dos profissionais com a proteção adequada dos dados em um ambiente digital, reconhecendo a importância da segurança da informação para o sucesso e a integridade de seus projetos e negócios. Esses profissionais reconhecem a natureza sensível das informações relacionadas a projetos de arquitetura, engenharia e construção, incluindo dados de clientes, especificações técnicas e propriedade intelectual, exigindo medidas robustas de segurança. Reconhecem importância da segurança dos dados para manter a confiança dos clientes e parceiros de negócios, garantindo que suas informações estejam protegidas contra acesso não autorizado e uso indevido. Tal discussão está alinhada a Chen *et al.* (2023a), que tiveram a categoria de segurança de dados em quarto lugar entre as barreiras significantes de seu estudo.

A média de RN4 indica a importância atribuída pelos profissionais à mão de obra qualificada como um fator significativo para o sucesso na implementação e uso de TD no setor, sendo a média mais alta entre os itens avaliados. Indica uma certa complexidade relacionada ao uso das TDs, por requererem conhecimentos técnicos específicos para serem utilizadas de forma eficaz, para garantir a qualidade e precisão dos resultados obtidos. Esse resultado está alinhado com Bosch-Sijtsema *et al.* (2021), para quem falta de competência e a necessidade de formação nas TDs é uma barreira importante. Também corrobora Oke *et al.* (2022), que colocaram a educação e formação como o fator de sucesso mais importante para adoção das TDs. Ainda, Oke, Aliu e Onajite (2023) ressaltaram a falta de profissionais qualificados e de conhecimentos especializados como uma barreira importante. Por fim, Aghimien *et al.* (2024) apontaram a requalificação da força de trabalho como uma variável influenciadora da transformação digital e que um dos maiores problemas enfrentados pela digitalização é a falta de conhecimento técnicos.

Esses altos valores em RN refletem uma compreensão dos profissionais a respeito dos investimentos necessários para adotar e utilizar efetivamente as tecnologias digitais, reconhecendo a importância de uma gestão eficaz desses recursos para a viabilidade de adoção

das TDS. A forma como esses itens foram formulados na escala não possibilitou uma avaliação do grau de dificuldade percebido pelos profissionais em relação a cada um desses recursos. Resultados também percebidos nas pesquisas realizadas pelo BIM Fórum Brasil (2022a e 2022b), de que os profissionais nacionais demonstram interesse no tema e reconhecem necessidades específicas de orientação, capacitação e treinamento.

Esse reconhecimento da devida importância desses recursos necessário para o uso das TDs exerce uma influência positiva, mesmo que razoavelmente, tanto na intenção em usá-las, como na capacidade atual do seu uso, conforme evidenciado no modelo final reespecificado. Assim, quanto mais os profissionais reconhecerem a necessidade desses recursos e derem importância a eles, maior a intenção e a capacidade atual do uso das tecnologias digitais. Com base nisso esse é um construto importante ao avaliar a propensão ao uso das TDs.

Sobre o construto Intenção de Uso, as médias das variáveis de medida das avaliações dos profissionais foram todas acima de 8,4, indicando uma forte concordância e que esses são considerados importantes para os respondentes. IU1 (Está disposto a utilizar), com média 8,854, a maior entre os itens avaliados, IU2 (Tem a intenção de expandir para outras fases do empreendimento) com média 8,465 e IU3 (Pretende adotar novas tecnologias) 8,514. Dessa forma, após considerar a influência da atitude em relação ao uso, dos aspectos organizacionais e dos recursos necessário, esses altos valores nas medidas de IU indicam que, ponderando sobre esses três construtos, a amostra reflete influência favorável a propensão ao uso das Tecnologias Digitais. Isso reforça a ideia de que além da atitude em relação ao uso, uma questão individual, existem outros motivos para essa propensão que estão relacionados à empresa e a disposição de assumir os riscos (recursos necessários).

A média mais alta em IU1 pode indicar que existe a intenção em iniciar o uso dessas tecnologias, pois caso já houvesse esse uso, as maiores médias seriam para expandir para outras fases, ou adotar novas tecnologias. Isso também reforça a ideia de que setor de construção brasileiro encontra-se em estágio inicial de digitalização. A média de IU1, bem como os demais construtos analisados, permite inferir que as TDs podem contribuir significativamente para a eficiência e inovação no setor da construção. Ainda, que esses profissionais estão dispostos a utilizar as TDs e demonstram uma predisposição para se adaptarem a novas ferramentas e tecnologias, buscando aprimorar suas habilidades e conhecimentos, o que pode ser visto por eles também como uma oportunidade e desenvolvimento profissional e pessoal, possibilitando o acesso a novas oportunidades de trabalho e crescimento da carreira.

A média de IU2 indica que os profissionais estão interessados e motivados a ampliar o uso das TDs em diferentes fases do empreendimento, o que pode contribuir para uma melhoria contínua dos processos e resultados no setor. Eles reconhecem que existem outras fases do empreendimento que podem se beneficiar com esse uso. Esse alto valor também pode indicar que esses profissionais aplicaram TDs em determinadas fases do empreendimento que retornou resultados positivos e que os motivou a expandir sua utilização para outras etapas.

A média de IU3 indica que os profissionais estão abertos e receptivos à adoção de novas TDs, eles reconhecem a importância de se manterem atualizados com as últimas tecnologias disponíveis no mercado, visando melhorar a eficiência e a qualidade do trabalho realizado. A adoção de novas TDs pode ser vista, também, como uma oportunidade para aprimorar os processos de trabalho e alcançar resultados ainda melhores, o que confere uma vantagem competitiva às suas empresas.

Assim, a intenção de uso influencia positivamente, mesmo que de forma fraca a propensão ao uso das TDs, como apresentado no modelo final reespecificado. Entretanto, essa não é a realidade encontrada em todos os países em desenvolvimento já Oke, Aliu e Onajite (2023) identificaram que a mentalidade conservadora dos profissionais da indústria da construção nigeriana está a dificultar a implementação das TDs.

Sobre o construto Capacidade de Uso Atual, a média das avaliações dos profissionais para os dois itens restantes no modelo final reespecificado foram CA2 (Vê vários outros profissionais usando) com média 5,972, e CA3 (Vê outros profissionais especializados) 6,208, indicando uma leve concordância dos respondentes com os itens apresentados. Esses valores indicam que os profissionais reconhecem que há espaço para melhorias em sua capacidade atual de uso.

A média de CA2, pode indicar que a amostra da pesquisa percebe que há poucos profissionais utilizando ativamente as TDs em seu campo de trabalho. O que está de acordo com o conhecimento que vem sendo construído ao longo desse estudo, de que a adoção das TDs é lenta no Brasil. Alguns profissionais podem não estar cientes das últimas tendências e desenvolvimento em TDs ou dos benefícios que essas tecnologias podem oferecer em seu trabalho. Ou talvez, mesmo que individualmente o profissional saiba e tenha interesse, em algumas organizações, como discutido anteriormente, pode haver uma cultura que não valoriza ou incentiva a adoção de TDs, o que pode limitar a exposição dos profissionais a exemplos de outros utilizando essas tecnologias.

A média de CA3, também confirma esse pensamento, pois como o setor está passando por uma fase de transição para a adoção das TDs, isso resulta em uma presença

visivelmente limitada de profissionais especializados nessas tecnologias, ou seja, uma área emergente. Indica que pode haver barreiras significativas para se tornar um profissional especializado, como a necessidade de habilidades técnicas avançadas e conhecimento especializado, o que está de acordo com o alto valor e a discussão sobre RN4.

Essa leve concordância pode inclusive influenciar a disposição dos profissionais em se especializar nessa área, pois eles podem se sentir menos incentivados ou menos pressionados pelo mercado a fazer parte desse grupo. Dentro desse contexto, a capacidade de uso atual influencia positivamente e razoavelmente a propensão ao uso das TDs, como apresentado no modelo final reespecificado. Ou seja, quanto maior a capacidade de uso entre os profissionais maior a propensão ao seu uso.

Sobre o construto Uso Atual, a média das avaliações dos profissionais para os dois itens, foram UA1 (Usa em seu dia a dia.) com média 6,521 indicando uma razoável concordância e UA2 (Outros setores da empresa que você trabalha usa) com 5,806, indicando uma leve concordância. Esses valores indicam que esses profissionais já estão utilizando as TDs em algum grau em seu trabalho, conforme foi possível observar nos resultados descritivos, pois dentre os respondentes que aplicam alguma TD, a maioria (57,14%) aplicam até quatro das tecnologias abordadas nesse estudo. No entanto, também indica que eles reconhecem que ainda há espaço para melhorias e expansão no uso dessas tecnologias, o que pode ser justificado pelo tempo de uso dessas tecnologias, já que a maioria dos respondentes (92,06%) tem tempo de uso de até 10 anos.

A média de UA1 indica que embora esses profissionais já estejam integrando essas ferramentas em suas práticas diárias, a pontuação não é tão alta quanto poderia ser, o que sugere que há potencial para maior adoção e aplicação dessas tecnologias em suas rotinas profissionais, confirmando mais uma vez a indicação de que o setor de construção no Brasil está em uma fase inicial da transformação digital. Esse cenário está relacionado às várias questões como já abordadas anteriormente.

A média de UA2, menor do que a de UA1, reforça a ideia de que as TDs estão sendo utilizadas, porém com capacidade de melhorias desse uso e da integração dessas ferramentas em toda a organização. É interessante ressaltar que a maioria dos respondentes atuam na área de Projetos, Gestão/Execução e Projetos e Gestão/Execução de obras e que as fases em que há uma maior aplicação das TDs são as fases de Projeto/Viabilidade, Gerenciamento de Obras e Execução. Esses resultados reforçam que a utilização das TDs tem sido centralizada nessas fases, e que pouca utilização pode ser observada nas outras fases do empreendimento, indicando uma oportunidade de expansão de uso das TDs. De forma geral, esses valores sugerem que os

profissionais estão em um estágio inicial em termos de adoção e utilização das TDs em suas práticas profissionais indicando que eles podem estar familiarizados com algumas dessas ferramentas digitais, mas ainda não estão utilizando-as de forma extensiva ou avançada nem em toda a organização.

Essas análises indicam que os profissionais demonstraram uma disposição positiva em relação ao uso das TDs, mostrando-se receptivos à mudança devido aos benefícios que elas oferecem. Além disso, estão conscientes das necessidades para a adoção dessas tecnologias e reconhecem a importância da capacitação e do apoio das organizações para uma implementação eficaz.

Por fim, ressalta-se que o processo de análises realizado por meio de análise fatorial exploratórias e confirmatórias, permitiu a reorganização das diversas dimensões em construtos mais facilmente gerenciáveis, os que compõem o modelo final reespecificado. Os construtos resultantes dos dados dos participantes são de grande importância, pois representam a estrutura formal dos fatores determinantes para a propensão ao uso de Tecnologias Digitais no setor de construção.

Assim, a propensão ao uso das Tecnologias Digitais é diretamente influenciada pela capacidade atual de uso e a intenção de uso, esses construtos por sua vez são influenciados, o primeiro pelos recursos necessários, e o segundo pela atitude em relação ao uso, os aspectos organizacionais e os recursos necessários, a atitude por sua vez sofre influência da utilidade percebida. Todas essas influências foram positivas.

A seguir, a conclusão do trabalho é apresentada, bem como as limitações e os estudos futuros.

5. CONCLUSÃO

Esse estudo investigou os determinantes da propensão ao uso de Tecnologias Digitais na construção civil brasileira. Para tanto, por meio de uma survey com 144 profissionais de 14 estados do Brasil, foi possível testar um modelo teórico composto por 36 variáveis, organizadas em dez construtos.

No decurso da pesquisa, foi possível levantar as tecnologias utilizadas e em quais fases elas são utilizadas, traçar o perfil dos profissionais que as usam, de suas empresas e de suas obras, primeiro objetivo específico. Desta forma, pode-se concluir que, embora amplo, o uso é recente. As tecnologias mais utilizadas são o BIM, a Computação em Nuvem, Veículos Aéreos Não Tripulados e a Realidade Virtual. A maioria dos profissionais usam até quatro tecnologias em suas atividades e as fases principais do empreendimento que recebem esse uso são Projeto/Viabilidade, Gerenciamento de Obras e Execução.

O segundo objetivo abordou a proposição de um modelo teórico utilizando as dimensões que influenciam a adoção das Tecnologias Digitais no setor da construção, a partir da revisão da literatura. Após a análise dos trabalhos encontrados na revisão da literatura foi possível identificar vários fatores que influenciam o uso das TDs, no setor de construção. Esses fatores foram organizados, compondo o modelo teórico proposto no trabalho. Nesse modelo foram estabelecidas as hipóteses da pesquisa e foram propostas as medidas de avaliação da escala. Seguiu-se com o teste do modelo mediante as seguintes etapas: estatísticas descritivas, análise de correlações, Análise Fatorial Exploratória e Análise Fatorial Confirmatória com modelagem de Equações Estruturais. Essas avaliações levaram à redução do modelo proposto para sete construtos e 25 variáveis.

O terceiro objetivo tratou de investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos fatores relacionados às tecnologias digitais na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção. Os respondentes não confirmaram facilidade de uso como um construto determinante, sinalizando que há um grau de dificuldade envolvido no manuseio dessas tecnologias. Entretanto, confirmaram a influência da utilidade percebida, indicando que compreender os potenciais benefícios das TDs é uma etapa crucial ao avaliar a propensão ao seu uso.

O quarto objetivo que abordou a investigação da percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos determinantes contextuais, externos às empresas, na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção. Os respondentes indicaram que o ambiente de negócios, investigado sob a forma de incentivo

governamental, normatização e segurança de dados, não foi determinante. Ou seja, de que esses aspectos não são suficientes para estimular o uso de TD no setor.

O quinto objetivo foi investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência dos aspectos organizacionais na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção. Confirmou-se que os aspectos organizacionais são determinantes para a propensão ou uso das TDs, demonstrando que é importante que as organizações ofereçam aos seus colaboradores as condições necessárias para que eles possam aplicar essas tecnologias e, com isso, colher os benefícios que elas proporcionam.

O sexto objetivo que tratou de investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência da construção enxuta na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção. Verificou-se que essa influência não foi tida determinante. Ou seja, a estabilidade da produção, investigada, por meio dos princípios da construção enxuta de melhorar dos fluxos de trabalho, minimização das atividades que não agregam valor, variabilidade do processo e desperdícios, não foi visto como determinante. Em outras palavras, independente desses aspectos de organização da produção, os respondentes têm usado TD.

O sétimo objetivo que abordou investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência de recursos necessários para adoção na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção, o que foi confirmado. Isso reflete uma compreensão dos profissionais a respeito dos investimentos necessários para adotar e utilizar efetivamente as tecnologias digitais.

O oitavo objetivo sobre investigar a percepção de profissionais de arquitetura, engenharia e construção sobre a influência da capacidade de uso, na propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção, tendo sido confirmado como determinante. Isso indica que quanto mais capacitados se sentem esses profissionais maior a propensão deles em utilizar as TDs em suas atividades.

Identificar quais são os fatores determinantes da propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro foi o objetivo geral da pesquisa, e foi atendido pelas etapas de avaliação ao qual o modelo teórico proposto foi submetido resultando no modelo final reespecificado. Foram confirmadas as hipóteses de que a utilidade percebida influencia positivamente a atitude com relação ao seu uso das TD, que juntamente com os Aspectos Organizacionais e os Recursos Necessários influenciam positivamente a Intenção de Usar TDs. Os Recursos Necessários também influenciam positivamente a Capacidade Atual que, em conjunto com a Intenção de Uso, influenciam positivamente o Uso Atual de TDs. Sendo esses

os fatores determinantes para a propensão ao uso das Tecnologias Digitais no setor de construção brasileiro.

Desta forma, pode-se concluir que o modelo estrutural permite uma maior compreensão sobre a propensão ao uso de tecnologias digitais no setor de construção brasileiro, sendo essa a principal contribuição do estudo. As diversas variáveis, associadas aos seus construtos e relações, revelam possibilidades de se investir em aspectos determinantes para o aumento do uso de Tecnologias Digitais no setor. Como implicação, pode auxiliar gestores de empresas e pelos formuladores de políticas públicas interessados em promover a digitalização da construção, considerando como elemento precursor dessa digitalização, a aplicação das Tecnologias Digitais. Além disso, forneceu um diagnóstico da situação atual da adoção no setor de construção brasileiro.

Apesar das contribuições, o estudo apresenta limitações. Primeiro, o estudo adotou uma abordagem de pesquisa quantitativa através das Análise Fatorial Exploratória e Confirmatória com Modelagem de Equações Estruturais, que resultou em um modelo não significativo. Buscando melhorar esse aspecto, outras pesquisas quantitativas podem utilizar outros métodos de modelagem, como por exemplo Modelagem de Equações Estruturais com Estimção por Mínimos Quadrados Parciais, do inglês *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* -PLS-SEM.

Segundo, os dados foram levantados por meio de questionários autoaplicáveis, que são mais propensos a vieses pela ocultação dos verdadeiros sentimentos dos participantes, limitando a qualidade e a validade dos dados. Estudos futuros podem adotar uma abordagem de pesquisa de métodos mistos para melhorar a natureza empírica do estudo, e concentrar-se em dados objetivos para explorar essa limitação, aprofundando-se nas empresas que possuem alto nível de uso de tecnologias. Isso pode proporcionar uma compreensão mais abrangente das percepções dos profissionais da construção em relação as TDs na indústria da construção, e avaliando o grau de maturidade do uso dessas tecnologias. Além disso, mesmo.

Por fim, os dados coletados estão geograficamente restritos ao Brasil, com concentração do Ceará, limitando a generalização dos resultados que precisam ser interpretados com parcimônia já que podem ser influenciados por contexto locais de: economia e mercado, características da indústria e características organizacionais. Estudos futuros podem objetivar amostras mais representativas no país, considerados também os estados não participantes desse estudo.

REFERÊNCIAS

ABRAMAT, Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção, **Perfil da Cadeia 2022**, 2022. Disponível em: <https://abramat.org.br/wp-content/uploads/2023/10/Perfil-da-Cadeia-Produtiva-da-Ind-da-Construcao-2023-Membros-1.pdf>. Acesso em 14 de abril de 2024.

ABDEL-HAMID, M.; MOHAMED ABDELHALEEM, H. Impact of poor labor productivity on construction project cost. **International Journal of Construction Management**, Vol. 22, N° 12, pp. 2356-2363, 2020.

ADEKUNLE, S. A.; AIGBAVBOA, C.; EJOHWOMU, O.; THWALA, W. D.; EFIANNAYI, N. Key constraints to optimal BIM penetration among Nigerian Quantity surveyors. **Construction Management 50th Anniversary Conference**, 2021.

ADEKUNLE, S.A.; AIGBAVBOA, C.O.; EJOHWOMU, O.A. Understanding the BIM actor role: a study of employer and employee preference and availability in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 31, N° 13, pp. 160-180, 2022.

AGHIMIEN, D.; AIGBAVBOA, C.O.; CHAN, D.W.M.; AGHIMIEN, E.I. Determinants of cloud computing deployment in South African construction organisations using structural equation modelling and machine learning technique. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2022a.

AGHIMIEN, D.; AIGBAVBOA, C.; MATABANE, K. Dynamic capabilities for construction organizations in the fourth industrial revolution era. **International Journal of Construction Management**, Vol. 23, N° 5, pp. 855–864, 2023b.

AGHIMIEN, D.; AIGBAVBOA, C.; OKE, A.E.; ALIU, J. Delineating the people-related features required for construction digitalization. **Construction Innovation**, Vol. 24 N° 7, pp. 1-20, 2024.

AGHIMIEN, D.; IKUABE, M.; ALIU, J.; AIGBAVBOA, C.; OKE, A.E.; EDWARDS, D.J. Empirical scrutiny of the behavioral intention of construction organizations to use unmanned aerial vehicles. **Construction Innovation**, Vol. 23, N° 5, pp. 1075 - 1094, 2023a.

AGHIMIEN, D.; NGCOBO, N.; AIGBAVBOA, C.; DIXIT, S.; VATIN, N. I.; KAMPANI, S.; KHERA, G. S. Barriers to digital technology deployment in value management practice. **Buildings**, Vol. 12, N° 6, pp. 731, 2022b.

AKINTOYE, A. Análise de fatores que influenciam a prática de estimativa de custos de projetos. **Gestão e Economia da Construção**, Vol. 18, N° 1, pp. 77–89, 2000.

ALIU, J.; AIGBAVBOA, C.; THWALA, W. A 21st century employability skills improvement framework for the construction industry. **Routledge**, 2021.

ALIU, J.; OKE, A. Construction in the digital age: exploring the benefits of digital technologies. **Built Environment Project and Asset Management**, Vol. 13, N° 3, pp. 412 – 429, 2023.

ALTAN, E.; IŞIK, Z. Digital twins in lean construction: a neutrosophic AHP – BOCR analysis approach. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2023.

BOSCH-SIJTSEMA, P.; CLAESON-JONSSON, C.; JOHANSSON, M.; ROUPE, M. The hype factor of digital technologies in AEC. **Construction Innovation**, Vol. 21, N°.. 4, pp. 899-916, 2021.

BURTON, E.; EDWARDS, D. J.; ROBERTS, C.; CHILESHE, N.; LAI, J. H. Delineating the implications of dispersing teams and teleworking in an Agile UK construction sector. **Sustainability**, Vol. 13, N°. 17, pp. 9981, 2021.

CAMACHO, D. D.; CLAYTON, P.; O'BRIEN, WJ.; SEEPERSAD, C.; JUENGER, M.; FERRON, R.; SALAMORE, S. Applications of additive manufacturing in the construction industry – A forward-looking review. **Automation in Construction**, Vol. 89, 2017.

CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O.; HO, A. M. L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. **Journal of Building Engineering**, Vol. 25, pp. 100764, 2019.

CHEN, X.; CHANG-RICHARDS, A.Y.; PELOSI, A.; JIA, Y.; SHEN, X.; SIDDIQUI, M.K.; YANG, N. Implementation of technologies in the construction industry: a systematic review. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 29, N°. 8, pp. 3181-3209, 2022.

CHEN, X.; CHANG-RICHARDS, A.; LING, F.Y.Y.; YIU, T.W.; PELOSI, A.; YANG, N. Developing a readiness model and a self-assessment tool for adopting digital technologies in construction organizations. **Building Research and Information**, Vol. 51, N°. 3, pp.: 241-256, 2023b.

CHEN, X.; CHANG-RICHARDS, A.Y.; YIU, T.W.; LING, F.Y.Y.; PELOSI, A.; YANG, N. A multivariate regression analysis of barriers to digital technologies adoption in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2023a.

CHOWDHURY, T.; ADAFIN, J.; WILKINSON, S. Review of digital technologies to improve productivity of New Zealand construction industry. **Journal of Information Technology in Construction**, Vol. 24, pp. 569-587, 2019.

CHRISTENSEN, C. M. The ongoing process of building a theory of disruption. **Journal of Product innovation management**, Vol. 23, N°. 1, pp. 39-55, 2006.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2011

COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas: aplicações em Administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

COSTA JÚNIOR, J. F.; CABRAL, E. L. S.; SOUZA, R. C.; BEZERRA, D. D. M. C.; de FREITAS, P. T. Um estudo sobre o uso da escala de Likert na coleta de dados qualitativos e sua correlação com as ferramentas estatísticas, **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, Vol. 17, N°. 1, pp. 360-376, 2024.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRIADO-PEREZ, C.; SHINKLE, G. A.; HÖLLERER, M. A.; SHARMA, A.; COLLINS, C.; GARDNER, N.; HAEUSLER, M. H.; PAN, S. Digital transformation in the Australian AEC industry: prevailing issues and prospective leadership thinking. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 148, Nº. 1, 2022.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297–334, set. 1951.

DOLLA, T.; JAIN, K.; DELHI, V. S. K. Strategies for digital transformation in construction projects: stakeholders' perceptions and actor dynamics for Industry 4.0. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, Vol. 28, pg. 151-175, 2023.

EASTMAN, C. M. C. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd ed. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EBEKOZIEN, A.; AIGBAVBOA, C. COVID-19 recovery for the Nigerian construction sites: The role of the fourth industrial revolution technologies. **Sustainable Cities and Society**, Vol. 69, pp. 102803, 2021.

EBEKOZIEN, A.; SAMSURIJAN, M.S. Incentivisation of digital technology takers in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 31, Nº. 4, pp. 1373-1390, 2024.

ELGHAISH, F.; MATARNEH, S.; TALEBI, S.; KAGIOGLOU, M.; HOSSEINI, M. R.; ABRISHAMI, S. Toward digitalization in the construction industry with immersive and drones technologies: a critical literature review. **Smart and Sustainable Built Environment**, Vol. 10, Nº. 3, pp. 345-363, 2021.

EZEOKOLI, F. O.; OKOLIE, K. C.; OKOYE, P. U.; BELONWU, C. C. Digital transformation in the Nigeria construction industry: The professionals' view. **World Journal of Computer Application and Technology**, Vol. 4, Nº. 3, pp. 23-30, 2016.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de Dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FLORESCU, A.; BARABAS, S. Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0. **Applied Sciences**, Vol. 12, Nº. 10, pp.4885, 2022.

FRANK, A.G.; DALENOGARE, L.S.; AYALA, N.F. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, Vol. 210, pp. 15-26, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAIR, J.F.; SARSTEDT, M.; MATTHEWS, L.M.; RINGLE, C.M. Identifying and treating unobserved heterogeneity with FIMIX-PLS: part I – method. **European Business Review**, Vol. 28 No. 1, pp. 63-76, 2016.

HALLIN, A.; LINDELL, E.; JONSSON, B.; UHLIN, A. Digital transformation and power relations. Interpretative repertoires of digitalization in the Swedish steel industry” **Scandinavian Journal of Management**, Vol. 38, N° 1, pp. 101183, 2022.

HENRIETTE, E.; FEKI, M. BOUGHZALA, I. Digital transformation challenges”, **MCIS 2016 - 33 Tenth Mediterranean Conference on Information Systems**, Paphos, Cyprus, 2016.

HOFMAN, B.; VRIES, G. DE; KAA, G. VAN DE. Keeping Things as They Are: How Status Quo Biases and Traditions along with a Lack of Information Transparency in the Building Industry Slow Down the Adoption of Innovative Sustainable Technologies. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 13, 2022.

IKUABE, M.; AIGBAVBOA, C.; AKINRADEWO, O.; ADEKUNLE, S.; ADENIYI, A. Hindering factors to the utilization of UAVs for construction projects in South Africa. **Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings**, pp.154-160, 2022a.

IKUABE M.; AIGBAVBOA C.; ANUMBA C.; OKE A.; AGHIMIEN L. Confirmatory Factor Analysis of Performance Measurement Indicators Determining the Uptake of CPS for Facilities Management. **Buildings**, Vol. 12, N° 4, pp. 466, 2022b.

IRANZO, S.; PIEDRABUENA, A.; GARCIA-TORRES, F.; MARTINEZ-DE-JUAN, J. L.; PRATS-BOLUDA, G.; SANCHIS, M.; BELDA-LOIS, J.M. Assessment of a passive lumbar exoskeleton in material manual handling tasks under laboratory conditions. **Sensors**, Vol. 22, N° 11, p. 4060, 2022.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6ª Edição. Madison: Prentice Hall International. 2008. 816p

KIRLI, D.; COURAUD, B.; ROBU, V.; SALGADO-BRAVO, M.; NORBU, S.; ANDONI, M.; ANTONOPOULOS, I.; NEGRETE-PINCETIC, M.; FLYNN, D.; KIPRAKIS, A. Smart contracts in energy systems: A systematic review of fundamental approaches and implementations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 158, pp. 112013, 2022.

KLINE, R., B. **Principles and practice of structural equation modeling**, 3rd ed. Guilford Press, 2011.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. [S. l.: s. n.], 1992.

KOSKELA, L. Moving on beyond lean thinking. Lean construction. **Journal Louisville**: v. 1, issue 1, p. 24-37, 2004.

LEECH, N.; BARRETT, K.; MORGAN, G. A. **SPSS for intermediates Statistics: Use and Interpretation**, Fifth Edition, Routledge, 2015.

LEITE, R. M. C.; WINKLER, I.; ALVES, L. R. G. Visual Management and Gamification: An Innovation for Disseminating Information about Production to Construction Professionals. **Applied Sciences**, Vol. 12, N° 11, pp:5682, 2022.

LANDIM, G., L. **Implementação de Lean Construction e BIM como parte de objetivos estratégicos de empresas de construção: um estudo de caso do setor da construção civil.** 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

LIMA, S., H., O. **A cooperação de pesquisa e inovação entre universidade e indústria no Brasil na perspectiva de gestores acadêmicos de pesquisa.** 2015. Dissertação (Mestrado em Administração e Controladoria) Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Programa de Pós-Graduação em Administração e Controladoria, Fortaleza, 2015.

LIMA, T. A. R. M.; MOTA, I. T. S.; MELO JUNIOR, C. M. M. Blockchain e contratos inteligentes na construção civil 4.0. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Vol. 11, 2023.

LIU, S.; SCHIAVON, S.; DAS, H. P.; JIN, M.; SPANOS, C. J. Personal thermal comfort models with wearable sensors” **Building and Environment**, Vol. 162, 2019.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MALHOTRA, N. K.; NUNAN, D.; BIRKS, D. **Marketing research: an applied approach.** 5th ed. New York: Pearson, 2017.

MAN, S. S.; ALABDULKARIM, S.; CHAN, A. H. S.; ZHANG, T. The acceptance of personal protective equipment among Hong Kong construction workers: An integration of technology acceptance model and theory of planned behavior with risk perception and safety climate. **Journal of Safety Research**, Vol. 79, pp. 329-340, 2021.

MARTINS, G. D. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MASKURIY, R.; SELAMAT, A.; ALI K. N.; MARESOVA P.; KREJCAR O. Industry 4.0 for the Construction Industry—How Ready Is the Industry? **Applied Sciences**, Vol. 9, N°. 14, pp:2819, 2019.

MCDONALD, R. P. **Test Theory: A Unified Treatment.** New York: Routledge, 2011.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, S. E. G.; PUREZA, V. “**Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**” 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MULLER, J.M.; BULIGA, O.; VOIGT, K. I. The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models-A comparison between SMEs and large enterprises. **European Management Journal**, Vol. 39, N°. 3, pp. 333-343, 2021.

MUÑOZ-LA RIVERA, F.; MORA-SERRANO, J.; VALERO, I.; OÑATE, E. Methodological-Technological Framework for Construction 4.0. **Arch Computat Methods Eng**, Vol. 28, pp. 689–711, 2021.

NAGITTA, P. O.; MUGURUSI, G.; OBICCI, P. A.; AWUOR, E. Human-centered artificial intelligence for the public sector: The gate keeping role of the public procurement professional. **Procedia Computer Science**, Vol. 200, pp. 1084-1092, 2022.

NGUYEN, T. T. N.; NGUYEN, T. A.; TIEN DO, S.; NGUYEN, V. T. Assessing stakeholder behavioural intentions of BIM uses in Vietnam's construction projects. **International Journal of Construction Management**, Vol. 23, N°. 13, pp. 2279-2287, 2024.

OKE, A. E.; ALIU, J.; FADAMIRO, P.; SINGH, P. S. J.; SAMSURIJAN, M. S.; YAHAYA, M. Robotics and automation for sustainable construction: microscoping the barriers to implementation. **Smart and Sustainable Built Environment**, 2023b.

OKE, A. E.; ALIU, J.; ONAJITE, S. A. Barriers to the adoption of digital technologies for sustainable construction in a developing economy. **Architectural Engineering and Design Management**, pp. 1–17, 2023.

OKE, A. E.; ALIU, J.; ONAJITE, S.; SIMEON, M. Success factors of digital technologies (DT) tools adoption for sustainable construction in a developing economy. **Construction Innovation**, 2022.

OKE, A. E.; ALIU, J.; SINGH, P. S. J.; ONAJITE, S. A.; SAMSURIJAN, M. S.; RAMLI, R. A. Appraisal of awareness and usage of digital technologies for sustainable wellbeing among construction workers in a developing economy. **International Journal of Construction Management**, Vol. 24, N°. 5, pp. 521-529, 2024.

OKE, A. E.; AROWOIYA, V. A. Evaluation of internet of things (IoT) application areas for sustainable construction. **Smart and Sustainable Built Environment**, Vol. 10, N°.3, pp. 387-402, 2021.

OKE, A.E.; AROWOIYA, V.A. Critical barriers to augmented reality technology adoption in developing countries: a case study of Nigeria. **Journal of Engineering, Design and Technology**, Vol. 20, N°. 5, pp. 1320-1333, 2022.

OKE, A. E.; ATOFARATI, J. O.; BELLO, S. F. Awareness of 3D printing for sustainable construction in an emerging economy. **Construction Economics and Building**, Vol. 22, N°. 2, pp. 52-68, 2022.

OKE, A. E.; KINEBER, A. F.; ALSOLAMI, B.; KINGSLEY, C. Adoption of cloud computing tools for sustainable construction: A structural equation modelling approach. **Journal of Facilities Management**, Vol. 21, N°. 3, pp. 334-351, 2023a.

OLANIPEKUN, A. O.; SUTRISNA, M. Facilitating digital transformation in construction—a systematic review of the current state of the art. **Frontiers in built Environment**, Vol. 7, 2021.

OLANREWAJU, O. I.; KINEBER, A. F.; CHILESHE, N.; EDWARDS, D. J. Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers , usage and awareness on building project lifecycle. **Building and Environment**, Vol. 207, 2022.

OLIVEIRA, F. M. M.; SALDANHA, R. C.; CÂNDIDO, L. F.; BARROS NETO, J. P. Desvio de prazo em obras de pequeno porte. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19. **Anais...Canela: ANTAC**, 2022

OLIVEIRA, P. P. Digital twin development for airport management. **Journal of Airport Management**, Vol. 14, N^o. 3, pp. 246-259, 2020.

PALLANT, J. **SPSS Survival Manual**, 4th ed.; Allen and Unwin: Crow's Nest, Australia, 2011.

PEARSON, R. H.; MUNDFORM, D. J. Recommended Sample Size for Conducting Exploratory Factor Analysis on Dichotomous Data. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, Vol. 9, 2010.

PREACHER, K. J.; MACCALLUM, R. C. Exploratory factor analysis in behavior genetics research: Factor recovery with small sample sizes, **Behavior genetics**, Vol. 32, pp. 153-161, 2002.

RICHARDSON, R. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3^o edição. São Paulo: Editora Atlas, 2011

ROGERS, P. Best Practices for Your Exploratory Factor Analysis: A Factor Tutorial. **Journal of Contemporary Administration**, v. 26, n. 6, 2022

SACKS, R.; BRILAKIS, I.; PIKAS, E.; XIE, H.S.; GIROLAMI, M. Construction with digital twin information systems. **Data-Centric Engineering**, Vol. 1, 2020.

SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B. A.; OWEN, R. Interaction of lean and building information modeling in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 136, N^o. 9, pp. 968–980, 2010.

SALDANHA, R. C.; OLIVEIRA, F. M. M.; CÂNDIDO, L. F.; BARROS NETO, J. P. Desvio de custo em obras de pequeno porte. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19. **Anais...**Canela: ANTAC, 2022

SEPASGOZAR, S., M. E. Digital technology utilisation decisions for facilitating the implementation of Industry 4.0 technologies. **Construction Innovation**, Vol. 21, N^o. 3, pp. 476-489, 2021.

SEPASGOZAR, S., M. E.; LOOSEMORE, M.; DAVIS, S. R. Conceptualising information and equipment technology adoption in construction: A critical review of existing research. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 23, N^o. 2, pp. 158-176, 2016.

SHERRATT, F. Editorial: The ethical and social challenges of Construction 4.0. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. **Management, Procurement and Law**, Vol. 173, N^o.4, pp: 139–140, 2020.

SIJTSMAN, K. On the use, the misuse, and the very limited usefulness of cronbach's alpha. **Psychometrika**, v. 74, n. 1, p. 107–120, 2009.

SIJTSMAN, K.; PFADT, J. M. Part II: On the Use, the Misuse, and the Very Limited Usefulness of Cronbach's Alpha: Discussing Lower Bounds and Correlated Errors. **Psychometrika**, v. 86, n. 4, p. 843–860, 2021.

SOUZA, E. M. M. Desafios da indústria 4.0 no contexto brasileiro: uma revisão de literatura. **ÍANDÉ: Ciências e Humanidades**, Vol. 5, N^o. 1, pp. 44-57, 2021.

TABATABAEE, S.; MAHDIYAR, A.; ISMAIL, S. Towards the success of Building Information Modelling implementation: A fuzzy-based MCDM risk assessment tool. **Journal of Building Engineering**, Vol. 43, pp. 103117, 2021.

TAN, T.; CHEN, K.; XUE, F.; LU, W. Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 219, pp. 949-959, 2019.

TEZEL, A.; TAGGART, M.; KOSKELA, L.; TZORTZOPOULOS, P.; HANAHOE, J.; KELLY, M. Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: A systematic literature review. **Canadian Journal of Civil Engineering**, Vol. 47, N^o. 2, pp. 186–201, 2020.

TIMMERMAN, M. E.; LORENZO-SEVA, U. Dimensionality assessment of ordered polytomous items with parallel analysis. **Psychological Methods**, v. 16, n. 2, p. 209–220, 2011.

UVAROVA, S. S.; ORLOV, A. K.; KANKHVA, V. S. Ensuring Efficient Implementation of Lean Construction Projects Using Building Information Modeling. **Buildings**, Vol. 13, N^o. 770, 2023.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

VERINA, N.; TITKO, J. Digital transformation: conceptual framework. Proc. of the **Int. Scientific Conference “Contemporary Issues in Business, Management and Economics Engineering”**, pp. 9-10, 2019.

VIAL, G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. **Managing digital transformation**, Vol. 13, pp.66, 2021.

YADAV, S.; PRAKASH, A.; ARORA, M.; MITTAL, A. Digital transformation: exploring cornerstones for construction industry. **Kybernetes**, 2023.

WANG, K.; GUO, F.; ZHANG, C.; SCHAEFER, D. From Industry 4.0 to Construction 4.0: barriers to the digital transformation of engineering and construction sectors. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. 31, N^o. 1, pp. 136 – 158, 2024.

ZHANG N.; YE J.; ZHONG Y.; CHEN Z. Digital Transformation in the Chinese Construction Industry: Status, Barriers, and Impact. **Buildings**, Vol. 13, N^o. 4, pp.1092, 2023.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Questionário da pesquisa

DETERMINANTES DA PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO

Você está sendo convidado por **Larissa de Moraes Rocha** aluna de Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará (PEC/UFC), sob orientação do Prof. José de Paula Barros Neto como participante da pesquisa intitulada **DETERMINANTES DA PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO**. Esse questionário é voltado para os profissionais da indústria da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção). Sua participação é voluntária e, portanto, você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar pelo e-mail larissarocha@alu.ufc.br, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

- 1. O objetivo geral da pesquisa é investigar os fatores determinantes da propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção civil.**
- 2. A pesquisa será realizada por meio de um questionário online, constituído por 22 perguntas de caracterização e 38 itens de análise, relacionadas ao conteúdo mencionado. Estima-se que você precisará de aproximadamente 10min. A precisão de suas respostas é determinante para a qualidade da pesquisa.**
- 3. Os resultados serão apresentados em forma de dissertação de mestrado, eventos acadêmicos e revistas científicas. Nestas ocasiões, sua identidade será integralmente preservada, de modo que nenhuma informação publicada será suficiente para identificá-lo (a). Desta forma, sua participação não acarretará riscos à sua saúde, imagem, ou outros de qualquer outra natureza.**
- 4. Os pesquisadores garantem e se comprometem com o sigilo e a confidencialidade de todas as informações fornecidas por você para este estudo. Da mesma forma, o tratamento dos dados coletados seguirá as determinações da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei 13.709/18).**
- 5. Nenhum dos questionamentos possui resposta certa, sendo de interesse dos pesquisadores apenas compreender a visão dos respondentes para com a temática tratada.**
- 6. A pesquisa não pretende levantar resultados da atuação dos respondentes e suas empresas.**
- 7. Como benefícios, as lições aprendidas nesse estudo podem ajudar os profissionais e as empresas do setor de construção na adoção de tecnologias digitais que levem à melhoria da qualidade, produtividade e sustentabilidade de seus empreendimentos, projetos ou consultorias.**
- 8. Os pesquisadores se dispõem a fornecer um exemplar (cópia eletrônica) dos resultados da pesquisa e mesmo apresentar, publicamente, para organizações do setor, caso haja manifesto interesse por parte desta.**

Desde já agradecemos sua participação e disponibilidade!

Se você estiver respondendo pelo celular, coloque-o na horizontal e passe a barra para visualizar todas as opções de resposta do questionário.

Gostaríamos de obter seu consentimento, assim, se você concorda, por favor marque a opção abaixo para prosseguirmos com a pesquisa:

() Eu declaro que é de livre e espontânea vontade que estou como participante na pesquisa DETERMINANTES PARA A PROPENSÃO AO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO. Declaro ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações acima neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. Declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo (cópia disponível no link: https://drive.google.com/file/d/1nkun5IX5yPkggHiKka0zTi43Q-WuT6of/view?usp=drive_link).

Parte I - Caracterização do respondente:

A primeira parte do questionário tem por objetivo identificar e descrever as características relevantes sobre o respondente para compor os dados sociodemográficos da pesquisa. Esses dados não serão revelados, individualmente, na pesquisa.

Nome (pode ser fictício se desejar)

Idade?

Gênero?

- () Masculino
- () Feminino
- () Prefiro não dizer
- () Outro: _____

Qual sua formação?

- () Arquitetura
- () Engenharia Civil
- Outros: _____

Titulação máxima?

- Graduação
- MBA
- Especialização (*strictu sensu*)
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-Doutorado

Outros: _____

Tempo de atuação no mercado?

- Até 1 ano
- De 1 a 5 anos
- De 6 a 10 anos
- De 11 a 20 anos
- Mais de 20 anos

Qual seu cargo?

Qual sua área de atuação?

- Projetos
- Gestão/Execução
- Consultoria
- Finanças

Outros: _____

Indique o nível de familiaridade que você possui com o tema Tecnologia Digitais:

- Muito familiar, minha área de expertise;
- Bom conhecimento;
- Mais ou menos familiar;
- Apenas marginalmente familiar;
- Não é realmente familiar;
- Completamente novo para mim.

Indique o nível de familiaridade que você possui com o tema Lean:

- Muito familiar, minha área de expertise;
- Bom conhecimento;
- Mais ou menos familiar;
- Apenas marginalmente familiar;
- Não é realmente familiar;
- Completamente novo para mim.

Parte II – Caracterização Geral da Empresa:

A segunda parte do roteiro tem por objetivo coletar informações básicas e abrangentes sobre a empresa na qual atua o participante. Essas informações ajudam os

pesquisadores a compreenderem melhor o contexto organizacional e para analisar tendências para grupos de organizações com características semelhantes. Informações sobre a empresa (estes dados não serão revelados na pesquisa).

Qual o nome da empresa que você trabalha (pode ser fictício, por exemplo, empresa Alfa)? Se você for profissional autônomo, por favor, inserir Profissional Autônomo.

Há quanto tempo a empresa atua?

- Até 1 ano
- De 1 a 5 anos
- De 6 a 10 anos
- De 11 a 20 anos
- Mais de 20 anos

Qual o faturamento aproximado do último ano?

- Até R\$81 mil (Microempreendedor Individual)
- Maior que R\$81 mil e menor ou igual a R\$360 mil (Micro Empresa)
- Maior que R\$360 mil e menor ou igual a R\$4,8 milhões (Empresa de Pequeno Porte)
- Maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões (Média Empresa)
- Maior que R\$ 300 milhões (Grande Empresa)

Qual cidade sede da sua empresa?

Qual a praça de atuação da sua empresa (cidade (s), estado (s), região (s), nacional, internacional)?

Quais tipos de obra que a sua empresa/você atua?

- Obras residenciais classe A (alto padrão)
- Obras residenciais classe B (médio padrão)
- Obras residenciais classe C (baixo padrão)
- Obras comerciais
- Obras industriais
- Obras públicas (edificações)
- Obras públicas (Infraestrutura)
- Obras públicas (Habitação de Interesse Social)
- Outro: _____

Com relação a **utilidade percebida** das Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção, elas:

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Concordo Totalmente)
1.Minimizam retrabalho.										
2.Diminuem o custo operacional.										
3.Melhoram a tomada de decisão.										
4. Aumentam a eficiência.										
5. Aumenta a segurança do trabalho.										
6.Melhora a comunicação entre os participantes.										
7.Promove a melhoria.										

Com relação a **minha atitude** em relação ao uso das Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção, elas:

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Concordo Totalmente)
1.Eu acho que é uma boa ideia.										
2.Gera benefícios diversos.										
3.É útil para o meu trabalho.										
4.Eu gosto de usar no meu trabalho.										

Com relação a influência do **ambiente de negócios** para o uso das Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção:

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Concordo Totalmente)
1.O governo estimula (legislação exigindo o uso, provendo financiamento, disseminando, etc.).										
2.O uso está normatizado.										
3.Há segurança legal para o seu uso.										

Com relação a **minha empresa/organização** e o uso das Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção:

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Concordo Totalmente)
1.A nossa empresa possui um planejamento estratégico para sua implementação.										
2.Elas apoiam o alcance da nossa estratégia empresarial.										
3.Nossa alta direção está engajada na implementação.										
4.Nossa empresa tem uma cultura de aprendizado.										

Com relação a **filosofia de produção, nossa empresa/eu busca/busco** em diferentes fases do empreendimento de construção:

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Concordo Totalmente)
1.Melhorar os fluxos de trabalho.										
2.Minimizar as atividades que não agregam valor.										
3.Reduzir a variabilidade do processo.										
4.Identificar desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte desnecessário, retrabalho, entre outros).										

Com relação aos **recursos necessários para o uso** de Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção, eu considero importante:

	1 (Discordo Totalmente)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Concordo Totalmente)
1.O custo associado a implementação e operação.										
2.A necessidade de infraestrutura(<i>hardware</i> , <i>software</i> e rede).										
3.A segurança dos dados.										
4.A necessidade de mão de obra qualificada.										
5.A filosofia <i>Lean</i> .										

Com relação aos a **sua intensão de usar** Tecnologias Digitais em diferentes fases do empreendimento de construção, você:

