



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Mestrado Profissional em Engenharia das Construções



Impactos da Implementação de Tecnologias de Apoio ao Controle e Gestão da Qualidade: Uma Análise no Canteiro de Obras da Construção Civil

Igor Vinícius Silva Paiva

Ouro Preto

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Mestrado Profissional em Engenharia das Construções



Igor Vinícius Silva Paiva

Impactos da Implementação de Tecnologias de Apoio ao Controle e Gestão da Qualidade: Uma Análise no Canteiro de Obras da Construção Civil

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Engenharia das Construções do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia das Construções.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães

Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Donizetti de Paula

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P149i Paiva, Igor Vinícius Silva.
Impactos da Implementação de Tecnologias de Apoio ao Controle e Gestão da Qualidade [manuscrito]: uma análise no canteiro de obras da construção civil. / Igor Vinícius Silva Paiva. - 2022.
193 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães.
Coorientador: Prof. Dr. Geraldo Donizetti de Paula.
Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções.
Área de Concentração: Engenharia das Construções.

1. Qualidade. 2. Tecnologia. 3. Construção Civil. 4. Construção civil - Controle da Qualidade. I. Guimarães, Irce Fernandes Gomes. II. de Paula, Geraldo Donizetti. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Igor Vinícius Silva Paiva

Impactos da implementação de tecnologias de apoio ao controle e gestão da qualidade: uma análise no canteiro de obras da construção civil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de mestre

Aprovada em 14 de janeiro de 2022

Membros da banca

Doutora - Irce Fernandes Gomes Guimarães - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - Geraldo Donizetti de Paula - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutora - Cláudia Maria Arcipreste - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutora - Rovadávia Aline de Jesus Ribas - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor - André Monteiro Klen - Instituto Federal de Minas Gerais

Irce Fernandes Gomes Guimarães, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 22/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/06/2022, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0348796** e o código CRC **0E93B381**.

AGRADECIMENTOS

Ao longo desses anos, muitas pessoas contribuíram direta e indiretamente para que este trabalho se concretizasse. Agradeço primeiramente a minha família, por todo o apoio e compreensão. Tive que abdicar alguns momentos com vocês em virtude da minha rotina durante a elaboração dessa dissertação. Agradeço a minha mãe por ouvir as minhas reclamações e me confortar com as suas palavras para eu persistir. Agradeço ao meu pai pelo exemplo de luta diária, através disso também pude continuar minha caminhada. Agradeço aos meus irmãos Lívia e Ian por compreenderem meu dia a dia, mesmo que isso custasse a minha ausência em alguns momentos. Em segundo lugar gostaria de agradecer a minha orientadora, professora Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães pela motivação, confiança e pelas valiosas contribuições ao trabalho. Agradeço à UFOP, aos professores e membros administrativos da Escola de Minas pela estrutura, equipe e por proporcionarem um ensino público gratuito de qualidade. Gostaria de agradecer aos meus colegas de trabalho e amigos pelos momentos de descontração. Sem estes momentos essa dissertação também não seria possível, pois a mente também precisa de ocasiões de relaxamento para revigorar. Agradeço também aos participantes da pesquisa que disponibilizaram o seu tempo, algo cada vez mais escasso no dia a dia dos profissionais, para responderem ao questionário: suas contribuições foram essenciais e mostraram que este tema é pertinente no meio corporativo. Agradeço a Deus por me proporcionar força, perseverança e saúde para continuar.

*“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

RESUMO

O aumento da complexidade dos projetos relacionados à construção civil em canteiros de obra atribui à tarefa de controle de qualidade grande importância para redução de erros, omissões, desperdícios e prevenção de problemas. Para esse fim, a aquisição rápida, automatizada e on-line de dados proporciona uma análise cuidadosa, ágil e de melhor interpretação dessas informações. Por outro lado, o setor de construção civil, em obras de pequena e média escala, ainda não adota tais sistemas devido à dinamicidade da construção, insegurança e inadequação dos locais para aplicação dessas tecnologias, sendo, portanto, propenso a falhas. Dessa forma, essa dissertação tem como objetivo analisar os impactos da implementação de tecnologias de apoio ao controle e análise da qualidade nas atividades do canteiro de obras da construção civil. A metodologia utilizada consiste na pesquisa bibliográfica, bibliometria e pesquisa de campo (aplicação de questionário e estudo de caso). As informações coletadas para este estudo foram analisadas por meio de duas ferramentas apresentadas na revisão bibliográfica: Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA). Os resultados mostram que a análise do QFD foi útil para comparação das diferentes fontes pesquisadas (bibliometria, coleta de dados – questionário e estudo de caso) relacionadas à implementação das tecnologias, o que ajudou a cumprir o objetivo de classificar os principais benefícios advindos da utilização dessas ferramentas. A análise do FMEA permitiu classificar em ordem de importância as tecnologias capazes de eliminar ou diminuir as principais deficiências/dificuldades existentes nos canteiros de obra.

Palavras chaves: Qualidade. Tecnologia. Construção Civil. Controle da Qualidade no Canteiro de Obras.

ABSTRACT

The increasing complexity of projects related to civil construction at on-site construction makes the task of quality control great importance to reduce errors, omissions, waste and prevent problems. To this end, fast, automated, online data acquisition provides careful, agile, and better-interpreting analysis of that information. On the other hand, the civil construction sector, in small and medium scale works, has not been able to adopt such automated monitoring systems, due to the dynamics of construction, insecurity and inadequacy of construction sites for monitoring through capture and data optimization, being therefore prone to failures. Thus, this dissertation aims to analyze the impacts of the implementation of support technologies for quality control and analysis in the activities of the civil construction at on-site construction. The methodology used consist of bibliographic research, bibliometrics and field research (questionnaire and case study). The information collected for this study was analyzed using two tools presented in the literature review: Quality Function Deployment (QFD) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). The results shows that the QFD analysis was useful for comparing the different sources surveyed (library, data collection - questionnaire and case study) related to the implementation of technologies, which helped to fulfill the objective of classifying the main benefits arising from the use of technologies. The FMEA analysis allowed us to classify in order of importance the technologies capable of eliminating or reducing the main deficiencies/difficulties existing at on-site construction.

Keywords: Quality. Technology. Civil Construction. Quality Control at On-Site Construction.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE OBRAS.....	25
FIGURA 2: OS SETE DESPERDÍCIOS DO LEAN	29
FIGURA 3: ETAPAS DA METODOLOGIA <i>LEAN</i> SEIS <i>SIGMA</i> (DMAIC)	31
FIGURA 4: EXEMPLO DE HISTOGRAMA UTILIZADO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES COM MAIORES FREQÜÊNCIAS EM UMA UNIDADE DE ARMAÇÃO	35
FIGURA 5: EXEMPLO DE GRÁFICO DE PARETO	37
FIGURA 6: EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CAUSA-E-EFEITO UTILIZADO NA IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DA BAIXA PRODUTIVIDADE EM UMA CENTRAL DE ARMAÇÃO.....	37
FIGURA 7: EXEMPLO DE GRÁFICO DE TENDÊNCIA UTILIZADO NO ACOMPANHAMENTO DE ESCAVAÇÃO/VALAS.....	39
FIGURA 8: CASA DA QUALIDADE	40
FIGURA 9: FLUXOGRAMA CONTENDO AS ETAPAS DA PESQUISA	52
FIGURA 10: EXEMPLO PARA A CODIFICAÇÃO ADOTADA COMO REFERÊNCIA DAS PUBLICAÇÕES	61
FIGURA 11: TELA DE APRESENTAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> AUTOLAB	106
FIGURA 12: INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS NO CABEÇALHO	107
FIGURA 13: DADOS DO ENSAIO.....	107
FIGURA 14: GRÁFICOS.....	107
FIGURA 15: IDENTIFICAÇÃO DOS APROVADORES E DEMAIS RESPONSÁVEIS NO RODAPÉ	108
FIGURA 16: REQUISITOS/NECESSIDADES DOS CLIENTES (“OS QUÊS”)	110
FIGURA 17: GRAU DE IMPORTÂNCIA DE CADA TECNOLOGIA	110
FIGURA 18: REQUISITOS DE PROJETO / COMOS.....	111
FIGURA 19: RELACIONAMENTO DOS “O QUE” E “COMO”	113
FIGURA 20: RELACIONAMENTO DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS PELA IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS.....	113
FIGURA 21: <i>BENCHMARKING</i> EXTERNO	115
FIGURA 22: ANÁLISE <i>BENCHMARKING</i> INTERNO.....	116
FIGURA 23: ANÁLISE FINAL DOS BENEFÍCIOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	117
FIGURA 24: RELAÇÃO ENTRE A COLETA DE DADOS, IDENTIFICAÇÃO DE DESVIOS E APRIMORAMENTO DA TOMADA DE DECISÃO	119
FIGURA 25: CORRELAÇÃO ENTRE OS BENEFÍCIOS E AS TECNOLOGIAS.....	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE DE MODO GERAL E NA CONSTRUÇÃO CIVIL	41
TABELA 2: REQUISITOS DOS INDICADORES DE DESEMPENHO SEGUNDO AMBROZEWICZ (2003)	44
TABELA 3: CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	52
TABELA 4: RESUMO PATA AS ATIVIDADES E ABORDAGENS DE PESQUISA.....	58
TABELA 5: RESULTADOS OBTIDOS E ARTIGOS SELECIONADOS NAS BASES DE DADOS PESQUISADAS	60
TABELA 6: TECNOLOGIAS ABORDADAS NAS PUBLICAÇÕES SELECIONADAS	61
TABELA 7: PUBLICAÇÕES COM TRÊS OU MAIS TECNOLOGIAS	63
TABELA 8: METODOLOGIA DAS PUBLICAÇÕES SELECIONADAS	65
TABELA 9: MEIOS QUE ORIGINARAM AS PUBLICAÇÕES SELECIONADAS	67
TABELA 10: TECNOLOGIAS ENCONTRADAS NAS PUBLICAÇÕES (ESTUDO DE CASO)	69
TABELA 19: BENEFÍCIOS E TECNOLOGIAS ENCONTRADOS NA BIBLIOMETRIA (TABELA 1/2)	111
TABELA 20: BENEFÍCIOS E TECNOLOGIAS ENCONTRADOS NA BIBLIOMETRIA (TABELA 2/2)	112
TABELA 21: CORRELAÇÃO ENTRE OS BENEFÍCIOS ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E OS BENEFÍCIOS DO QUESTIONÁRIO	116
TABELA 22: DEFICIÊNCIAS / DIFICULDADES ENCONTRADAS NA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E VALORES DE ESCALA ATRIBUÍDOS.....	122
TABELA 23: CORRELAÇÃO ENTRE O GRAU DE IMPORTÂNCIA DOS BENEFÍCIOS ANALISADOS NO QFD E AS DIFICULDADES/DEFICIÊNCIAS PRESENTES NO QUESTIONÁRIO	123
TABELA 17: VALORES DE ESCALA PARA A GRAVIDADE (G), OCORRÊNCIA (O) E PROBABILIDADE DE DETECÇÃO (D) E CLASSIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHA DE ACORDO COM A MATRIZ DE RISCO (RPN).....	124
TABELA 25: TECNOLOGIAS SELECIONADAS PARA SOLUCIONAR AS DEFICIÊNCIAS/DIFICULDADES	125
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR (2022)TABELA 27: RESUMO DAS QUANTIDADES APRESENTADAS NA TABELA 25	127

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: TECNOLOGIAS DE MAIOR OCORRÊNCIA NAS PUBLICAÇÕES POR ANO (2011 - 2016).....	64
GRÁFICO 2: TECNOLOGIAS DE MAIOR OCORRÊNCIA NAS PUBLICAÇÕES POR ANO (2017 - 2021).....	64
GRÁFICO 3: PAÍSES RESPONSÁVEIS PELAS PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS	66
GRÁFICO 4: QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES INTERNACIONAIS POR ANO	67
GRÁFICO 5: PUBLICAÇÕES NACIONAIS POR ANO	68
GRÁFICO 6: PUBLICAÇÕES NACIONAIS POR ESTADO	68
GRÁFICO 7: ESTADO EM QUE TRABALHA	79
GRÁFICO 8: CIDADE EM QUE TRABALHA	80
GRÁFICO 9: CARGO QUE OCUPA NA EMPRESA	81
GRÁFICO 10: FAIXA ETÁRIA	81
GRÁFICO 11: ANOS DE EXPERIÊNCIA NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	82
GRÁFICO 12: TIPO DE CONSTRUÇÃO (PARTE 1/2)	82
GRÁFICO 13: TIPO DE CONSTRUÇÃO (PARTE 2/2)	83
GRÁFICO 14: TAMANHO DA EMPRESA.....	84
GRÁFICO 15: CERTIFICAÇÕES DAS EMPRESAS	84
GRÁFICO 16: COMPOSIÇÃO DA EQUIPE, INCLUINDO O RESPONDENTE	85
GRÁFICO 17: PESSOAS DA EQUIPE QUE SE DEDICAM SOMENTE AO CONTROLE E ANÁLISE DA QUALIDADE ...	85
GRÁFICO 18: COMPOSIÇÃO DA EQUIPE DE QUALIDADE NA EMPRESA.....	86
GRÁFICO 19: TIPOS DE SERVIÇO RELACIONADOS À QUALIDADE	87
GRÁFICO 20: FERRAMENTAS DA QUALIDADE UTILIZADAS	87
GRÁFICO 21: DIFICULDADES / DEFICIÊNCIAS OBSERVADAS DURANTE O ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES	89
GRÁFICO 22: PERCEPÇÃO SOBRE A EFICIÊNCIA (RELAÇÃO ENTRE RENDIMENTO E ERROS) DAS ATIVIDADES (ESCALA 0 “NENHUM” A 10 “MÁXIMO”)	90
GRÁFICO 23: PERCEPÇÃO SOBRE O RETRABALHO DAS ATIVIDADES (ESCALA 0 “NENHUM” A 10 “MÁXIMO”) ..	91
GRÁFICO 24: DIFICULDADES ENCONTRADAS NA GESTÃO DA QUALIDADE NOS LOCAIS DE TRABALHO	92
GRÁFICO 25: INSTRUMENTOS DA QUALIDADE UTILIZADOS NO MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES	93
GRÁFICO 26: PROBLEMAS RELACIONADOS À FALTA DE ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DA QUALIDADE..	94
GRÁFICO 27: INSTRUMENTOS DE ACOMPANHAMENTO E CONTROLE DA QUALIDADE	94
GRÁFICO 28: TECNOLOGIAS QUE TRARIAM MAIOR CONFIABILIDADE E SEGURANÇA NAS ATIVIDADES DE CONTROLE DA QUALIDADE.....	96
GRÁFICO 29: TECNOLOGIAS ADOTADAS NAS EMPRESAS	97
GRÁFICO 30: INSERÇÃO DAS TECNOLOGIAS NAS EMPRESAS	98
GRÁFICO 31: PRETENSÃO PARA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS.....	98
GRÁFICO 32: DIFICULDADES E/OU IMPEDITIVOS NA UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	99
GRÁFICO 33: BENEFÍCIOS OBTIDOS PELA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS	100
GRÁFICO 34: TECNOLOGIAS QUE GOSTARIA DE APLICAR EM SUAS ATIVIDADES.....	101
GRÁFICO 35: MOTIVOS PELOS QUAIS AS TECNOLOGIAS DESEJADAS NÃO SÃO APLICADAS	101

GRÁFICO 36: TIPO DE CONHECIMENTO ESSENCIAL103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR	<i>Augmented reality</i> (Realidade Aumentada)
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i> (Sociedade Americana de Engenheiros Civis)
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelo da Informação da Construção)
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (Projeto Assistido por Computador)
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBR	<i>California Bearing Ratio</i> (Índice de Suporte Califórnia)
CEP	Controle Estatístico de Processo
CEQ	Controle Estatístico da Qualidade
CQ	Controle de Qualidade
CWQC	<i>Company Wide Quality Control</i> (Controle de Qualidade em toda a Empresa)
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i> (Análise da Árvore de Falhas)
FVS	Ficha de Verificação de Serviço
GLONASS	<i>Global Navigation System</i> (Sistema Global de Navegação por Satélite)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
GQ	Garantia da Qualidade
GQT	Gestão da Qualidade Total
GRD	Guia de Remessa de Documentos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOP	<i>Institute of Physics</i> (Instituto de Física)
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
ISC	Instrução de Serviço de Construção

ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
IT	Instruções de Trabalho
LADAR	<i>Laser Detection And Ranging</i> (Detecção e alcance de Laser)
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i> (Luz sistemas de detecção e alcance)
LS	<i>Laser Scanning</i> (Varrimento Laser)
MDO	Mão de Obra
MR	<i>Mixed Reality</i> (Realidade Mista)
NBR	Norma Brasileira
NORIE	Núcleo Orientado para a Inovação da Construção
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PIB	Produto Interno Bruto
PIT	Planos de Inspeção e Testes
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PQO	Plano de Qualidade da Obra
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento de Função Qualidade)
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i> (Identificação por Radiofrequência)
RPN	<i>Risk Priority Number</i> (Matriz de Risco)
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TQC	<i>Total Quality Control</i> (Controle da Qualidade Total)
UBQ	União Brasileira para a Qualidade
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UWB	<i>Ultra-Wideband</i> (Banda ultralarga)
VANTs	Veículos Aéreos Não Tripulados
VR	<i>Virtual Reality</i> (Realidade Virtual)
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i> (Rede de sensores sem fio)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE GRÁFICOS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.1.1 HIPÓTESES:	20
1.2 METODOLOGIA	20
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	21
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 PROCESSOS E CONTROLE EM CANTEIRO DE OBRAS.....	25
2.2 ANÁLISE E CONTROLE DA QUALIDADE EM CANTEIRO DE OBRAS.....	26
2.2.1 EVOLUÇÃO DO CONTROLE DA QUALIDADE.....	26
2.2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO.....	29
2.2.3 FERRAMENTAS BÁSICAS DE CONTROLE DA QUALIDADE.....	35
2.3 GESTÃO DA QUALIDADE NO CANTEIRO DE OBRAS.....	42
2.3.1 USO DE INDICADORES.....	42
2.3.2 MÉTODOS E ANÁLISE DE CONTROLE DA QUALIDADE.....	45
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
3.1 ETAPAS DE ESTUDO DA PESQUISA	52
3.1.1 ETAPA A - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	53
3.1.2 ETAPA B - ELABORAÇÃO DO MÉTODO DE COLETA DE DADOS (QUESTIONÁRIO).....	55
3.1.3 ETAPA C - ESTUDO DE CASO.....	55
3.1.4 ETAPA D – RESULTADOS E COMPARAÇÕES	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
4.1. ETAPA A - ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	59
4.1.1 ANÁLISE QUANTITATIVA.....	59
4.1.2 ANÁLISE QUALITATIVA.....	69
4.2 ETAPA B - COLETA DE DADOS (QUESTIONÁRIO).....	79
4.3 ETAPA C - ESTUDO DE CASO.....	105
4.4 ETAPA D - RESULTADOS E COMPARAÇÕES	109
4.4.1 QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade) ...	109
4.4.2 FMEA (Análise dos modos e efeitos das falhas)	120
4.4.2 COMPARAÇÃO ENTRE O ESTUDO DE CASO E A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	128
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
REFERÊNCIAS (REFERENCIAL TEÓRICO).....	133
REFERÊNCIAS (BIBLIOMETRIA)	141

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE APOIO AO CONTROLE E GESTÃO DA QUALIDADE.....	150
APÊNDICE B – PUBLICAÇÕES UTILIZADAS NA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	162
APÊNDICE C – MATRIZ QFD.....	187
ANEXO - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	188

1. INTRODUÇÃO

A qualidade em projetos pode ser definida, segundo o Guia PMBOK, como o nível de satisfação que um conjunto de características inerentes pode alcançar. Portanto, um projeto considerado de qualidade é aquele desenvolvido de acordo com as especificações, os requisitos e a adequação ao uso (PMI, 2018). O Controle de Qualidade (CQ) inclui todas as tarefas ou atividades realizadas de acordo com as diretrizes e estrutura prescrita nos documentos de garantia de qualidade, tais como Plano de Qualidade da Obra (PQO), Planos de Inspeção e Testes (PITs), Instruções de Trabalho (ITs) e Especificações do Projeto. Estes recursos são usados, a fim de verificar se os requisitos dos projetos e metas de qualidade estabelecidas nos documentos de Garantia da Qualidade (GQ) são alcançados de maneira sistemática, conforme sugerido nesses documentos.

Com o aumento da complexidade nos projetos relacionados à construção civil e às atividades nos canteiros de obra, a tarefa de controle destes serviços se torna essencial para garantir a eficiência no atendimento ao pedido de um cliente. Este monitoramento pode reduzir a possibilidade de mudanças desnecessárias, erros, omissões e desperdícios. Além dos quesitos citados, este tipo de controle desempenha um papel importante na prevenção de problemas, identifica formas para eliminar a causa do desempenho insatisfatório e garante resultados em conformidade com os padrões de qualidade relevantes.

O Controle Estatístico da Qualidade é uma das ferramentas de apoio, análise e avaliação de dados gerados pela execução de um projeto de construção. Este método de prevenção e detecção de defeitos/problemas relaciona a coleta, análise e interpretação de dados para uso em atividades de controle de qualidade e fornecem ferramentas de resolução de problemas para o processo de Gestão da Qualidade Total (GQT). As técnicas para o controle estatístico da qualidade foram desenvolvidas por meio do controle de processo e com isso foi possível melhor visualizar e perceber os pontos críticos e as melhorias que deveriam ser feitas no processo (MARSHALL JUNIOR *et al.*, 2010; DANIEL; MURBACK, 2014). Desse modo, as decisões tomadas são baseadas em dados, e não nas opiniões e preferências dos indivíduos ou grupos. Os métodos estatísticos comumente usados no processo GQT incluem histogramas, fluxogramas, planilhas de verificação, diagramas de Pareto, gráficos, cartas de controle e diagramas de dispersão.

Entretanto, estes métodos tradicionais de Controle da Qualidade (CQ) são demorados, trabalhosos e propensos a erros humanos e, portanto, soluções alternativas são necessárias (KALYAN, 2016). Por meio de uma análise com a utilização de métodos estatísticos, Simpeh (2015) constatou que o custo médio total de retrabalho corresponde em média a 5,12% do valor do contrato em projetos de construção. A implantação da Gestão da Qualidade Total da forma tradicional gera uma burocracia excessiva, uma vez que as principais não-conformidades e observações referem-se à falta de algum tipo de registro ou documento. A burocracia também é gerada pelo grande número de documentação exigida pelo sistema. Além disso, normalmente este controle é realizado manualmente por inspeções dentro do canteiro de obras ao final de cada etapa importante da construção, tornando-se uma tarefa que consome muito tempo e recursos.

Pesquisas recentes, como a de Cardoso e Lepikson (2018), apontam que existe um grande potencial de melhoria da qualidade na indústria da construção relacionado à tecnologia. Desde 2000, Hassan *et al.* (2000) aponta que é crescente o interesse significativo no uso da tecnologia da informação para aumentar a eficácia das ferramentas e técnicas de engenharia da qualidade e que a integração das ferramentas está se tornando mais prevalente. Além disso, em 1998, Watson (1998) já salientava que o profissional de qualidade precisa se tornar astuto tecnologicamente para melhor acompanhar e controlar os processos no século XXI.

O desenvolvimento tecnológico permitiu a coleta de dados automatizada, on-line, de forma acelerada. A aquisição rápida de dados permite uma análise ágil e interpretação de dados para notificação oportuna de deterioração do processo como sistemas automatizados de reconhecimento de padrões relacionados ao Controle Estatístico da Qualidade (CEQ).

A modernização tecnológica e gerencial também é um dos objetivos do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). O PBQP-H é um instrumento do governo federal que tem como meta organizar o setor da construção civil em torno da melhoria da qualidade do habitat e da modernização produtiva, que menciona “criar um ambiente propício à inovação e melhoria tecnológica, por meio do fortalecimento da infraestrutura laboratorial e de pesquisa” (VIEIRA; DE OLIVEIRA NETO, 2019).

Como exemplo da aplicação da tecnologia no monitoramento e controle da qualidade tem-se: o rastreamento em tempo real de materiais, sensores para

obtenção de parâmetros de qualidade de materiais, sistema integrado entre a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) e CAD 4D, uso de técnicas de automação da tecnologia em conjunto do portal digital para transferência e armazenamento de informações e dados entre laboratório responsáveis pelos testes nos materiais da construção. Além disso, estudos recentes mostram que a utilização das tecnologias de controle da qualidade na construção civil, automatizadas e integradas ao BIM, promovem um controle da qualidade integrado (CARDOSO; LEPIKSON, 2018).

Por outro lado, o setor de construção civil, em obras de pequena e média escala, não tem conseguido adotar tais sistemas de monitoramento automatizado, devido à dinamicidade da construção, insegurança e inadequação dos locais de construção para monitoramento através da tecnologia, processo de coleta de dados propensos a falhas e falta de integração entre as equipes. Assim, a maioria das construções ainda mantém seus sistemas de controle de qualidade dependentes de inspeções tradicionais, consideradas atualmente lentas e imprecisas (ASGARI; RAHIMIAN, 2017). Dessa forma, questiona-se: quais são os impactos da implementação de tecnologias de apoio ao controle e análise da qualidade em canteiros de obra na área da construção civil?

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa dissertação é analisar os impactos da implementação de tecnologias de apoio a gestão e controle da qualidade nas atividades de canteiro de obras da construção civil.

Os objetivos específicos são:

- i) Avaliar os principais mecanismos tecnológicos de coleta de dados em tempo real e a geração de informações para auxiliar os gestores de obras da construção civil a identificar desvios e tomar decisão.
- ii) Examinar quais são as tecnologias atuais e como elas têm sido implementadas no controle e análise da Qualidade no setor estudado.
- iii) Investigar a aplicabilidade das tecnologias nas atividades de apoio e controle da qualidade nos canteiros de obras e levantar opiniões acerca da realidade atual, mudanças contemporâneas, percepções, preocupações e vivências.

- iv) Analisar as tecnologias implementadas no canteiro de obras (realidade de campo) e comparar com as informações apresentadas pelos pesquisadores na literatura (bibliometria).

1.1.1 HIPÓTESES:

- A coleta de dados em tempo real é precisa na identificação de desvios e tornou o processo de tomada de decisão mais célere.
- Por meio da tecnologia é possível que os gestores tenham acesso às informações de campo de uma forma ágil e fidedigna.
- A criação de um banco de dados (*Big Data*) e *Machine Learning* podem contribuir no aprimoramento de informações e, conseqüentemente, na antecipação e melhoria da tomada de decisão.
- Muitas tecnologias para controle e análise da Qualidade ainda não estão inseridas nos canteiros de obras.
- A adoção das tecnologias proporcionou uma desburocratização, isto é, eliminação ou redução dos trâmites de sistema, processo relacionados ao controle da Qualidade, simplificando e agilizando os serviços.
- A implementação de algumas tecnologias no canteiro de obras é recente e a construção civil está atrasada nesse quesito se comparada com a indústria.
- Não há interesse dos gestores de obra em implementar tecnologias de apoio e controle da Qualidade.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia é composta pela revisão bibliográfica, que objetiva apresentar um panorama de como o controle e análise da qualidade é feito nos canteiros de obra e um referencial teórico sobre as principais normas utilizadas na construção civil relacionadas ao controle da qualidade e a evolução deste controle. Além disso, há a análise bibliométrica caracterizada pela conceituação teórica que examina quais tecnologias aplicadas ao controle e inspeção da qualidade estão sendo estudadas e como é, para a equipe de trabalho da construção civil, a implantação nos canteiros de obra.

A aplicação do questionário é outra etapa da metodologia, que objetiva estudar a aplicabilidade de tecnologias no controle da qualidade adotadas em canteiro de obras, a fim de levantar opiniões acerca da realidade atual, mudanças contemporâneas, percepções, preocupações e vivências. O estudo de caso é utilizado

para comparar os resultados visualizados em uma situação prática com os descritos pelas literaturas utilizadas e neste trabalho é realizado em uma empresa de grande porte executa obra de infraestrutura cuja implementação de duas tecnologias de apoio ao controle da Qualidade estava prevista: AutoLab e *CheckList* Digital.

Por fim, é realizada a análise comparativa com as informações obtidas nas etapas anteriores por meio de duas ferramentas: QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos), que auxiliam na triangulação das etapas anteriores para consolidação dos dados e análise dos resultados.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

No canteiro de obras civis a execução dos serviços exige constante verificação dos materiais e métodos para garantir o atendimento aos prazos, às especificações de projetos e às normas técnicas. Como grande parte das atividades são executadas no próprio canteiro, a construção civil brasileira é caracterizada como manufatureira com poucos insumos pré-fabricados em indústrias, característica de industrialização, onde o controle de qualidade é mais assegurado. Dessa forma, destaca-se que o efetivo monitoramento e análise da qualidade no canteiro é essencial para a garantia do produto, cumprimento de prazos e diminuição de custos.

Durante o acompanhamento de obras de infraestrutura (terraplenagem, drenagem, contenções, saneamento e pavimentação), por meio da fiscalização de obras, observa-se que os registros gerados pelas empresas executoras (médio e grande porte) no acompanhamento das atividades são feitos de forma manual, transferidos para o meio digital, processados e analisados posteriormente, ocasionando morosidade na análise dos dados e geração de informação originadas no processo. As tecnologias poderiam auxiliar antever os problemas em virtude da otimização, do tempo gasto na análise dos dados e garantir maior qualidade do produto, ocasionando a diminuição nos prejuízos aos prazos e custos envolvidos.

Pesquisas acadêmicas revelam que a utilização de tecnologias aplicada no controle e análise da Qualidade apresenta inestimáveis contribuições, tais como, redução de custos e atendimento aos prazos na execução do projeto, ganho de produtividade, gestão eficiente, dentre outras. Como exemplo do uso da tecnologia relacionadas às inspeções automatizadas de Qualidade, tem-se: sensores para

obtenção de parâmetros de qualidade de materiais, o rastreamento em tempo real de materiais, sistema integrado entre a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) e CAD 4D, uso de técnicas de automação da tecnologia em conjunto do portal digital para transferência, armazenamento de informações e dados entre laboratório responsáveis pelos testes nos materiais da construção e utilização das tecnologias de controle da qualidade na construção civil, automatizadas e integradas ao BIM.

Atualmente, no canteiro de obras, cujo acompanhamento dos serviços é feito por meio da fiscalização das empresas executoras de pequeno e médio porte, é possível observar que a qualidade está sendo gerenciada com o apoio da tecnologia. Em alguns casos, isto é feito por meio de imagens aéreas feitas por drone que fornecem evidências na prevenção de desvios ou monitoramento de problemas previamente identificados, como os relacionados à obras de infraestrutura. Além disso, o Sistema de Gestão da Qualidade tem sido gerenciado neste canteiro de obras com a utilização de indicadores inseridos em diferentes processos tais como: realização de ensaios (Índice de Rejeição de Ensaios); tratamento dos desvios identificados (Índice de Encerramento de Não Conformidades); custo de retrabalho advindo dos desvios tratados (Custo da Não Qualidade); verificação do gerenciamento do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de subcontratadas, através do exame dos requisitos da ISO 9001 (Aplicação de Lista de Verificação) e; geração de registros (Índice Elaboração de *Data Book*). Entretanto, para essa gestão, pouca ou nenhuma tecnologia está envolvida na coleta e análise dos dados.

Dessa forma, a relevância deste estudo consiste em uma análise comparativa entre as tecnologias pesquisadas e apresentadas na literatura e o que vem sendo implementado no controle e monitoramento da Qualidade nos canteiros de obras de obras de médio e grande porte, em virtude do atraso em inovação tecnológica na construção civil. Com isso, espera-se que essa pesquisa auxilie os gestores na tomada de decisão, baseada na coleta de dados e geração de informações durante o processo construtivo, garantindo o cumprimento dos prazos e custos estabelecidos no projeto e contribua no desenvolvimento de pesquisas acadêmicas futuras relacionadas à inovação na construção civil.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Capítulo 1 – Introdução

No Capítulo 1 é apresentada a introdução contendo a contextualização do controle de qualidade aplicado à construção civil e a modernização tecnológica desse setor. Além disso, são apresentados o objetivo geral, específicos, as hipóteses levantadas e a relevância do estudo desenvolvido nessa dissertação.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica

No Capítulo 2 é apresentado um panorama de como o controle e análise da Qualidade é feito nos canteiros de obra por meio dos principais conceitos, processos, métodos, controles estatísticos, ferramentas, registros utilizados, gestão, uso de indicadores, principais dificuldades e deficiências encontradas e quais tecnologias vêm sendo implementadas. Além disso, nessa parte é feito um referencial teórico sobre as principais normas utilizadas na construção civil relacionadas ao controle da Qualidade e a evolução deste controle.

Capítulo 3 – Materiais e Métodos

No Capítulo 3 é apresentada a classificação da pesquisa quanto à finalidade, natureza, objetivos, forma de abordagem do problema, procedimentos técnicos e desenvolvimento no tempo. Além disso, é apresentada a metodologia adotada que consiste em quatro etapas: etapa A (revisão bibliográfica e análise bibliométrica); etapa B (elaboração do método de coleta de dados - questionário); etapa C (estudo de caso) e etapa D (resultados e comparações) por meio da utilização do QFD e FMEA.

Capítulo 4 - Resultados e Discussões

No Capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões para cada uma das etapas (A, B, C e D). Na etapa A é realizada uma análise quantitativa e qualitativa das publicações encontradas nas bases de dados pesquisadas. Na etapa B são apresentados os resultados obtidos na aplicação do questionário por meio de gráficos e comentários dos respondentes. Na etapa C são evidenciados os resultados advindos do estudo de caso realizado em uma obra que adotou uma tecnologia. Na etapa D são apresentados os resultados e comparações das etapas A, B e C com a utilização do QFD e FMEA.

Capítulo 5 - Considerações finais

No Capítulo 5 são mostradas as considerações finais contendo um breve resumo e análise dos resultados obtidos no Capítulo 4 por meio de uma exposição sobre o desenvolvimento das tecnologias no meio acadêmico e aplicação em obras da construção civil. Além disso, é avaliado se a dissertação foi útil em seus objetivos propostos e sugestões a pesquisas futuras.

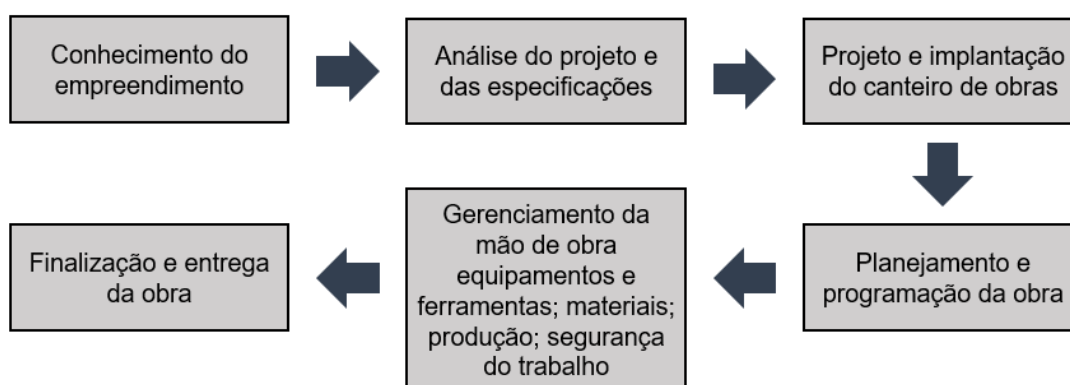
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentado um panorama de como o controle e análise da Qualidade é feito nos canteiros de obra por meio dos principais conceitos, processos, métodos, controles estatísticos, ferramentas, registros utilizados, gestão, uso de indicadores, principais dificuldades e deficiências encontradas e quais tecnologias vêm sendo implementadas. Além disso, nessa parte é feito um referencial teórico sobre as principais normas utilizadas na construção civil relacionadas ao controle da Qualidade e a evolução deste controle.

2.1 PROCESSOS E CONTROLE EM CANTEIRO DE OBRAS

As atividades no canteiro de obras, de acordo com Souza (2000), têm como função apoiar a parte de execução da obra, receber e estocar todos os materiais e insumos que serão utilizados na construção e alojar de maneira organizada as áreas administrativas, operacionais e de vivência. O processo de gerenciamento de obras, parte integrante do canteiro, é composto pelas seguintes atividades: conhecimento do empreendimento; análise do projeto e das especificações; projeto e implantação do canteiro de obras; planejamento e programação da obra; gerenciamento da mão-de obra; equipamentos e ferramentas; materiais; produção; segurança do trabalho; finalização e entrega da obra (SOUZA, *et al.*, 1995).

Figura 1: Etapas do gerenciamento de obras



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

De acordo com Picchi e Agopyan (1993), os serviços de construção realizados no canteiro devem ser controlados através de procedimentos sistematizados para que sejam evitados interrupções, incompatibilidades e atrasos. Para os mesmos autores,

o controle dos serviços precisa ser realizado pelas empresas por meio da padronização de seus procedimentos, conforme as necessidades, procurando sempre clareza de entendimento e praticidade de uso. De acordo com as etapas do gerenciamento de obras, a elaboração dos procedimentos sistematizados visando a padronização dos serviços e atividades deve ser feita na fase de planejamento e programação da obra.

Na indústria da construção civil, existem muitas obras sendo executadas sem um planejamento formal nem controle de seus processos (SAURIN; FORMOSO, 2006). Os mesmos autores salientam que é muito comum que os canteiros de obras sejam locais providos de baixa produtividade, alto índice de perdas, pouca organização e muita sujeira, isso se dá pela própria natureza do processo produtivo, mas que pode ser melhorado com um sistema de gestão. Deste modo, a gestão deve ocorrer na penúltima etapa do gerenciamento de obra, em que a mão de obra, equipamentos e ferramentas, materiais e demais atividades são administradas.

2.2 ANÁLISE E CONTROLE DA QUALIDADE EM CANTEIRO DE OBRAS

Segundo Carvalho e Paladini (2012) e Longo (1996), a história da gestão da Qualidade pode ser dividida em três grandes fases ou eras, que estão associadas à evolução no decorrer do tempo: era da inspeção, era do controle estatístico e era da qualidade total.

2.2.1 EVOLUÇÃO DO CONTROLE DA QUALIDADE

A era da inspeção apresenta como principal característica a observação pela procura de defeitos de fabricação no controle da qualidade do produto (OLIVEIRA, 2003). Segundo Longo (1996), esta era não produziu necessariamente qualidade, uma vez que os defeitos nos produtos eram encontrados em razão da intensidade de verificação. De acordo com Leal e Ribeiro (2017), na construção civil muitos serviços refletem no andamento da atividade subsequente, e a inspeção é realizada a cada serviço executado com o intuito de que a detecção de um erro não seja realizada muito após a sua constatação. Dessa forma, caso seja detectado um desvio (problema), não é necessário que vários processos já concluídos sejam refeitos ou danificados para reparo no serviço. Embora a inspeção tenha como objetivo a procura de defeitos, esta etapa não agrega valor ao produto, uma vez que, independentemente de quantas

forem as inspeções, o produto final deverá garantir a satisfação do cliente (CARELLI; RODRIGUEZ; RÔA, 2016).

A era do controle estatístico surgiu nas indústrias devido à inviabilidade do modelo de controle de qualidade com inspeção individual de cada peça ou produto fabricado, pois os custos indiretos com a inspeção também cresciam na mesma proporção (OLIVEIRA, 2003, CARVALHO; PALADINI, 2012). Nesse período, houve o surgimento das técnicas de amostragem, desenvolvimento do sistema de medidas e da abordagem estatística do processo além do surgimento de normas técnicas voltadas especificamente para esta área (CARVALHO; PALADINI, 2012). A realização de ensaios nos laboratórios do canteiro de obras está relacionada ao controle estatístico. De acordo com Fortes e Merighi (2004), os ensaios têm sido desenvolvidos para que, por meio de situações artificiais, utilizando-se amostras representativas, seja possível avaliar e prever o comportamento do material ou mistura, que devem atender a uma determinada especificação.

A era da gestão pela qualidade total vigora até aos dias de hoje e se caracteriza pelo pensamento de que toda a empresa é responsável pela garantia da qualidade dos produtos e serviços, custos da qualidade, confiabilidade e zero defeito, advindo principalmente do modelo americano, *Total Quality Control* (TQC), e do modelo japonês, *Company Wide Quality Control* (CWQC) (CARVALHO e PALADINI, 2012).

De acordo com Picchi (1993), apesar de saber que os conceitos gerais da qualidade foram desenvolvidos em setores industriais e com realidades diferentes da construção civil, eles podem ser utilizados como conceitos universais, desde que sejam adaptados às particularidades do setor. No Brasil, observa-se que as primeiras iniciativas de programas de implantação de SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade - adaptados ao setor da construção civil, surgiram nos anos 1990. Nessa época era difícil encontrar normas que estabelecessem uma padronização do produto da Construção Civil, e havia dificuldade para estabelecê-las, devido a enorme variação de condicionantes dentro deste setor.

Devido a este fator, o Sistema de Gestão de Qualidade *in loco*, tem sido implementado como ferramenta de grande importância para acompanhamento e a melhoria dos seus processos construtivos e visando a pretensão de melhoria e como reflexo o destaque no mercado atuante. Para isso é necessário desenvolver estratégias, analisando a melhor forma de aplicar o conceito de qualidade dentro de

cada construtora, adaptando as diretrizes ao melhor entendimento e prática (LEAL; RIBEIRO, 2017).

Na rotina do canteiro de obras, buscando atender as diretrizes da norma ABNT NBR ISO 9001:2015, faz-se uso das “ferramentas de qualidade” que, segundo conceito de Nese (2013, p.19) “são técnicas utilizadas para definir, mensurar, analisar e propor soluções para as atividades que interferem no desempenho dos processos de empresas”. A aplicação dessas técnicas tem o intuito de controlar, medir e monitorar o Sistema de Gestão da Qualidade, as quais não são difíceis de serem entendidas e usadas.

Lima (2018) afirma que, para evitar atrasos na obra, aumento de custos e para ter mais credibilidade com o cliente, é fundamental que as empresas façam implantação de métodos e sistemas para planejamento e controle de obras. De acordo com o mesmo autor no setor da construção civil há um elevado índice de retrabalho e desperdício, assim como a falta de organização e controle. Dessa forma, um dos processos aplicados à construção civil, que tem como objetivo anular desperdícios, facilitar processos e agregar valor ao serviço é o *Lean Construction*.

Koskela *et al.* (2002) corroboram com esse assunto, dizendo que o “*Lean*” é uma maneira de construir sistemas de produção para diminuir o desperdício de materiais, tempo e esforço, com intuito de gerar o máximo de valor possível, tendo em vista sempre as necessidades de seus clientes. Com isso, a construção enxuta nada mais é que tentar gerenciar o valor criado por todos os processos de trabalho usados entre a concepção e a entrega do projeto.

Dentre os princípios do *Lean Construction* encontram-se: reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes; reduzir a variabilidade; reduzir o tempo de ciclo; simplificar através da redução do número de passos ou partes; aumentar a flexibilidade na execução do produto; aumentar a transparência do processo; focar o controle no processo global; introduzir melhoria contínua ao processo; manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; fazer *Benchmarking*¹ (KOSKELA, 1992).

¹*Benchmarking*: processo de aprendizado, a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes, num determinado segmento ou aspectos específicos.

O implemento da filosofia *Lean* promove o aumento da qualidade final do produto a partir do mapeamento das atividades e conhecimento de todos os processos envolvidos, pois dessa forma tem-se a formação de uma construção transparente, em que se busca a redução de custos e prazos, bem como a mitigação de desperdício de materiais e tempo de trabalho (RODRIGUES; PICCHI, 2010). Além disso, Sanchez e Pérez (2001) expõem que as evidências empíricas de melhoria nas reduções dos prazos e custos e no aumento da qualidade, fazem com que o interesse das empresas em adotar as práticas *Lean* se tornem uma estratégia de competição. Dessa forma, observa-se que a implementação do *Lean Construction* contribui para a Qualidade. Na Figura 2 são indicados os sete desperdícios do *Lean*.

Figura 2: Os sete desperdícios do Lean



Fonte: União Brasileira para a Qualidade - UBQ (2018).

2.2.2 CONTROLE ESTATÍSTICO

O controle estatístico de processo pode ser conceituado como um “conjunto de métodos utilizados para planejar, monitorar e aprimorar um processo produtivo, por

meio da coleta de amostras e, em seguida, da mensuração de uma série de variáveis que refletem a qualidade do processo produtivo” (LOUZADA, 2013, p. 1). Segundo Queiroz *et al.* (2013), a aplicação e o uso correto de ferramentas, como controles estatísticos de processos (CEP), ajudam na tomada de decisão eficaz, baseada na análise de dados e informações.

Montgomery (2009) destaca o controle estatístico de processo (CEP) como uma coleção de ferramentas de resolução de problemas, útil para a obtenção da estabilidade no processo e melhoria da capacidade pela redução da variabilidade dos produtos. Quando um processo apresenta apenas uma variabilidade natural, diz-se que está no estado de controle estatístico, ou sob controle. A redução da variabilidade é importante para a melhoria do desempenho de um processo em todas as indústrias. É necessário ressaltar que um processo no estado de controle estatístico é o mesmo que considerar este processo como previsível, em que a média e a variabilidade são esperáveis ao longo do tempo. Entretanto, a previsibilidade não garante que este processo seja um processo capaz. Dessa forma, salienta-se a importância da diminuição da variabilidade e aplicação de ferramentas para análise da capacidade.

Na construção civil, Fortes e Merighi (2004) enfatizam que o controle estatístico se apresenta na amostragem dos serviços que estão sendo realizados e execução de ensaios considerando as diversas fases, seleção dos materiais, misturas ou aplicação desses materiais, e fases posteriores. A verificação se os serviços estão sendo realizados atendendo as especificações vigentes e apontadas no projeto, deve ser feita de maneira adequada, para que seja possível corrigir, em tempo hábil, as distorções ou erros que porventura tenham ocorrido em uma determinada obra, garantindo o desempenho desejável. Dessa forma, o controle estatístico é utilizado na definição de amostras e análise dos resultados da resistência à compressão do concreto, compactação de solos, revestimentos asfálticos para pavimentação, aceitação de lotes de matérias, entre outros.

Segundo Centurion (2018), é evidente a aplicabilidade do controle estatístico de processos como ferramenta de análise de dados mesmo considerando o baixo fator de industrialização da construção civil. Dessa forma, a utilização de tais ferramentas é útil na tomada de decisões por parte de um gestor de obras, ou seja, aponta como avaliar o desempenho de determinado processo crítico, ou a forma de analisar o atendimento a parâmetros de planejamento estipulados previamente, ou

ainda como qualificar um determinado fornecedor de material ou serviço a partir de dados observados no canteiro de obras, e como determinar critérios de gratificações por meio de índices de desempenho. Uma das ferramentas do Controle Estatístico do Processo aplicada à construção civil é o *Lean Seis Sigma*.

O *Lean Seis Sigma* é uma metodologia gerencial estruturada com base em dados que visam a melhoria de produtos e processos, proporcionando o aprimoramento dos resultados no desempenho financeiro e garantindo satisfação do cliente. Essa metodologia é a fusão de duas outras distintas o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma* (STAN; MĂRĂSCU, 2012), pois o programa *Seis Sigma* atualmente está diretamente vinculado ao pensamento enxuto (*Lean*). O método focaliza desde as metas estratégicas da empresa até as necessidades do cliente (EL-HOMSI; RAMPERSAD, 2009). De acordo com Carvalho e Paladini (2012), o programa *Lean Seis Sigma* traz elementos de qualidade, como a adoção estruturada do pensamento estatístico e o uso intensivo de ferramentas estatísticas e a sistemática análise de variabilidade. A metodologia é composta por cinco etapas, conforme visto na Figura 3, definidas no ciclo DMAIC, ou seja, DEFINIR, MEDIR, ANALISAR, MELHORAR (*Improve* em inglês) e CONTROLAR).

Figura 3: Etapas da metodologia *Lean Seis Sigma* (DMAIC)



Fonte: Matsumota (2020).

As etapas da metodologia DMAIC são explicitadas no Quadro 1:

Quadro 1: Etapas da metodologia DMAIC

ETAPA	CARACTERÍSTICAS	FERRAMENTAS/MÉTODO
Etapa D: Define (Definir)	Na primeira etapa do DMAIC, é identificado o problema e definida a meta do projeto. Através da avaliação do histórico do problema e apresentação de possíveis restrições e suposições, a equipe de trabalho é formada e é definido o cronograma preliminar do projeto.	- SIPOC (Fornecedor, entradas, processo, saídas e clientes); - Project Charter; - Crono análise.
Etapa M: Measure (Medir)	Na segunda etapa do DMAIC, o problema é refinado ou focalizado. A equipe de projeto deve decidir entre coletar novos dados ou usar dados já existentes na empresa. Realiza-se o Plano de Coleta de Dados e com os dados obtidos, a equipe deverá analisar estatisticamente o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.	- Diagrama causa e efeito; - Mapa do processo;
Etapa A: Analyze (Analisar)	Na terceira etapa, é feita a análise do processo gerador de problema prioritário. São ferramentas úteis para a análise: Fluxograma, Mapa de Processo, Mapa de Produto, Análise do Tempo de Ciclo, FMEA e FTA. A partir dos resultados dessas ferramentas, são identificadas e organizadas as causas potenciais do problema prioritário.	- Brainstorming; - Diagrama de Pareto; - Matriz de priorização.
Etapa I: Improve (Melhorar)	Na quarta etapa, inicialmente são geradas ideias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário. Faz-se a análise das ideias e soluções, priorizando aquelas que são potenciais, avaliando e minimizando seus riscos. A partir de então, as soluções são testadas em pequena escala (teste piloto) e analisadas, caso necessite de ajustes ou melhorias para a implementação das soluções em larga escala.	- Boxplot; - Estratificação.
Etapa C: Control (Controlar)	Na última etapa do DMAIC, inicialmente é feita uma avaliação do alcance da meta em larga escala. Em caso satisfatório, a próxima ação é padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas e transmitir os novos padrões a todos os envolvidos no processo. Na sequência, define e implementa um plano para monitoramento de desempenho do processo e do alcance da meta.	- Cartas de controle.

Fonte: Adaptado, Penedo e Franco (2016) *apud* Werkema (2012), Venanzi e Laporta (2017).

Conforme Rotondaro (2002), os processos construtivos de obras de construção civil apresentam variabilidade média, resultando em serviços com razoável percentual de não conformidades e custos elevados. Este fato, justifica por si só a aplicação do método de melhoria de processos *Lean Six Sigma*, o qual utiliza diversas ferramentas clássicas da Qualidade, como por exemplo, a análise de causa para encontrar a causa raiz do problema.

De acordo com Ruthes, Ceretta e Sonza (2006), a variabilidade é uma medida do grau de dispersão dos resultados dos processos em torno do valor médio. O objetivo das empresas é reduzir continuamente a variabilidade, pois eliminá-la é impossível. As formas mais comuns de expressar a variabilidade são as medidas estatísticas da amplitude, da variância e do desvio-padrão. O Seis *Sigma* recebe esse nome, pois objetiva estreitar ou reduzir a variação até que os seis desvios-padrões (6σ) possam ser comprimidos nos limites de especificações do cliente, isso significa que as operações tenham no máximo 3,4 defeitos por um milhão.

Segundo Harry e Schroder (2006), a ferramenta é um método extremamente disciplinado e sistemático no levantamento de dados e análise estatística para destacar erros e suas fontes, além de eliminá-los futuramente. Dessa forma, o desenvolvimento dos processos por meio da metodologia *Lean Seis Sigma* é feito de forma contínua com o intuito de reduzir a variabilidade, diminuir perdas e desperdícios (MARZAGÃO, CARVALHO, 2016). Uma das definições clássicas referentes ao *Lean Seis Sigma* é ser uma abordagem estratégica que funciona em todos os processos, produtos, funções da empresa e indústrias (SNEE, 2000). A aplicação do *Lean Seis Sigma* deve ser a última etapa de uma cultura do Sistema de Gestão da Qualidade, passando pelo 5S, ISO 9001:2015 entre outras.

Segundo Yamamoto (2021), poucas são as pesquisas sobre *Lean Seis Sigma* que contemplam o estudo da qualidade e aplicação do método na construção civil, principalmente em canteiros de obra. Dentre os estudos realizados sobre o tema com o foco na aplicação do *Lean Seis Sigma* dentro de atividades da construção civil destaca-se a pesquisa de Han *et al.* (2008) baseada na intensa coleta e análise de dados para tomada de decisão e diminuição da variabilidade.

Han *et al.* (2008) realizaram a análise dos tempos de ciclos de atividade em canteiros de obras recorrendo ao estudo da capacidade dos fluxos dos processos, trazendo, portanto, dados aprofundados por meio das variações das medidas de tempo avaliadas, gerando limites inferiores e superiores de especificação, além de uma distribuição normal dos dados. Para tal, foram utilizadas simulações computacionais com o objetivo de prever e identificar as atividades e fluxos que não agregavam valor ao produto. Na conclusão desta pesquisa foi identificado que o *Lean Seis Sigma* contribui para a redução dos tempos de ciclo das tarefas com o enfoque nas atividades de fluxo.

Dentre as dificuldades encontradas para a aplicação do *Lean Seis Sigma* na construção civil, Yamamoto (2021) revela que a cultura tradicional pouco flexível de algumas empresas construtoras faz com que na implementação de modelos e mentalidades de gerenciamento mais modernos e com diferentes aspectos sejam encontradas diversas dificuldades. Desse modo, há necessidade de mudança cultural na organização, assim como a associação à estratégia de negócios.

Segundo Do Couto (2020), em virtude da alta diversificação de técnicas e práticas envolvidas na construção civil em todos os aspectos da indústria, historicamente há obstáculos à aplicação do controle estatístico de processos, apesar de todos os esforços. Devido à diversidade da mão de obra e caráter manufatureiro das atividades, mesmo num contexto intraorganizacional é possível observar em uma mesma atividade procedimentos diferentes sendo aplicados e conseqüentemente medidas distintas. Para este caso, cita-se o exemplo de dois pedreiros que não executarão uma mesma parede em alvenaria num mesmo tempo, com mesmo emprego de materiais, e a um mesmo custo. Portanto, no contexto da construção civil manufatureiro, como é majoritariamente a construção brasileira fora das grandes empreiteiras e centros urbanos, o desafio resta na busca pela definição de um padrão de qualidade ideal e próprio para cada processo, ao qual todos deverão ater-se.

Na construção civil, o controle estatístico do processo possui múltiplas aplicações. Queiroz (2013) utilizou-o no monitoramento dos processos de construção de imóveis em combinação com a análise das falhas (FMEA) a fim de melhorar continuamente os produtos e, dessa forma, possibilitar a redução dos custos e o aumento da produtividade.

O estudo de Pozzobon (2001) demonstrou um exemplo de aplicação do CEP na indústria do concreto dosado em central, de modo a identificar a variável ou conjunto de variáveis que seriam as possíveis causadoras de problemas que porventura existissem no processo produtivo da empresa. Essa aplicação é útil em canteiros de obras, visto que o concreto é dosado nestes locais. As principais ferramentas para a aplicação do CEP utilizadas foram gráficos de controle, criados de acordo com o tipo de variável a ser controlada. Como resultado destes gráficos, foram encontradas falhas nas etapas do processo produtivo.

Desde 1992, Rodriguez (1992) apresentou que o controle estatístico do processo pode ser aplicado em produtos como pré-moldados de concreto, painéis de madeira, esquadrias, os quais muitas vezes são produzidos no canteiro, em itens como resistência do concreto, resistência de peças e estabilidade dimensional, por exemplo.

Para tais situações existem recursos que podem auxiliar no monitoramento. Atualmente, a utilização de *softwares* relacionados ao uso de controle estatístico do processo para esses fins tem se tornado frequente nas pesquisas acadêmicas. Kaczam (2016) utilizou o *software Action Stat® 3.0* para a construção de Gráficos de Controle e obtenção dos valores médios e limites superiores e inferiores relacionados aos parâmetros de fabricação de blocos cerâmicos.

Nas pesquisas também foi destacado o expressivo interesse das empresas no desenvolvimento de softwares próprios para esta atividade em serviços da construção civil. De acordo com Martínez-Rojas, Marin e Amparo Vila (2012) devido às características inerentes ao setor da construção civil, que é conhecido por envolver trabalhos em campo, em

locais temporários e com grande produção de dados em diferentes formatos, há muitas soluções desenvolvidas especificamente para cada caso.

Para tal, é importante avaliar quais ferramentas da qualidade será adequada no monitoramento e controle de cada tipo de atividade da construção civil em canteiro de obras. De acordo com Domingos (2018), as exigências do competitivo mercado da construção civil, levam as empresas de construção a buscar novos processos e ferramentas para a execução de obras. Algumas dessas ferramentas são apresentadas na próxima seção.

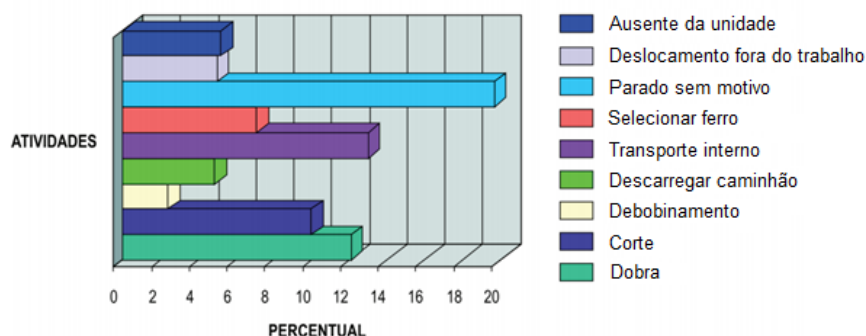
2.2.3 FERRAMENTAS BÁSICAS DE CONTROLE DA QUALIDADE

As ferramentas de controle da Qualidade são dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da Qualidade Total (Ambrozewicz, 2003). Normalmente, cada ferramenta refere-se a uma área específica do projeto ou do funcionamento do Sistema da Qualidade ou, ainda, da avaliação de seu desempenho.

De acordo com Montgomery (2009) existem sete ferramentas fundamentais relacionadas ao controle da Qualidade, sendo: histogramas, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa-e-efeito, diagrama de concentração de defeitos, diagrama de dispersão e gráfico de tendência.

Os histogramas são estruturas utilizadas na Estatística para a representação de dados. Trata-se de um “sumário gráfico da variação de uma massa de dados”. A representação dos dados sob forma de histogramas facilita a visualização de um padrão e comportamento, que identifica a população de onde eles foram extraídos, o que não seria possível em tabelas convencionais (AMBROZEWICZ, 2003). Um exemplo de histograma é visualizado na Figura 4 em que é possível constatar a utilização na identificação das atividades com maiores frequências em uma unidade de armação.

Figura 4: Exemplo de histograma utilizado para identificação das atividades com maiores frequências em uma unidade de armação



Fonte: Adaptado de Ambrozewicz, 2003.

Há quatro tipos de folhas de verificação segundo Coelho, Silva, Maniçoba (2016), cada qual mais bem adaptada para as finalidades a que se destinam: a) Folha de verificação para distribuição de um item de controle de um processo produtivo; b) Folha de verificação para classificação; c) Folha de verificação para localização de defeitos; e d) Folha de verificação para identificação de causas de defeitos.

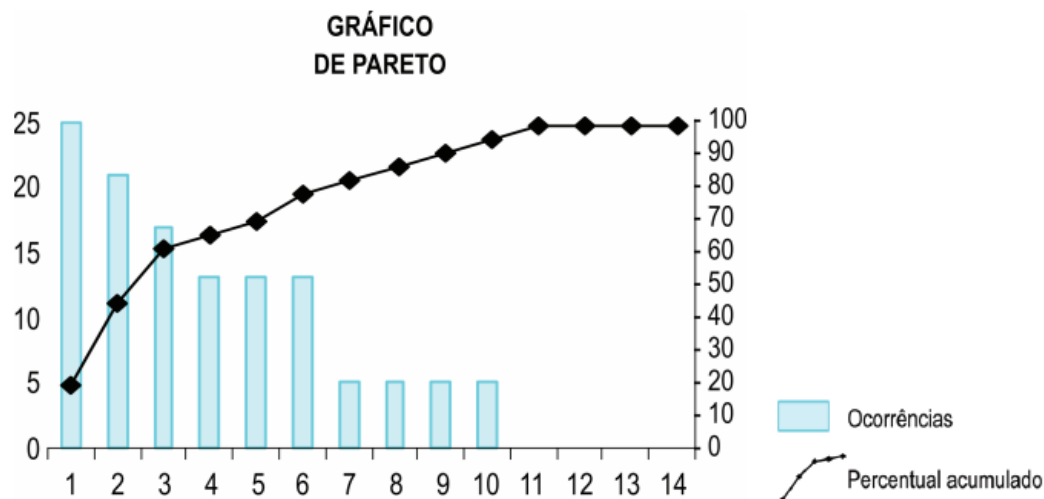
Diversas construtoras adotam as fichas de verificação de serviços (FVS), um tipo de folha de verificação, que auxilia no controle de detalhes da produção, mantendo-se assim um registro que comprovem a conformidade dos serviços. Segundo Leal e Ribeiro (2017), antes da inicialização da inspeção dos serviços executados no canteiro de obras, devem ser elaborados os procedimentos que darão respaldo ao processo de verificação e validação da atividade conforme estabelecido por normas técnicas que visam à padronização destes processos construtivos. A FVS, de modo geral, é uma tabela de *check list* com os principais indicadores que devem ser avaliados seguindo os procedimentos. Ela deve ser clara, de fácil preenchimento, com respostas objetivas, e itens suficientes para garantir o controle de execução. Além de previstos os itens de controle a serem observados nas inspeções, as FVS contêm os métodos de inspeção e limites toleráveis dos serviços inspecionados (critério de aceitação e rejeição), data de início e término do serviço, local onde foi realizado (se necessário anexar a ficha um croqui referente ao ambiente inspecionado) e espaço para identificação do problema encontrado.

De acordo com Leal e Ribeiro (2017), tal documento auxilia no controle diário da produção e do serviço, evidenciando principalmente falhas na realização dos serviços, objetivando por meio de ações preventivas e corretivas uma melhoria contínua do processo construtivo. É imprescindível que haja técnicos treinados para essa finalidade, com os sentidos muito apurados, pois grande parte dos defeitos na fase de construção pode ser identificada mediante simples inspeções visuais (THOMAZ, 2001). Além disso, o mesmo autor reivindica a necessidade de esses dados serem coletados em tempo real para a apuração rápida do desenvolvimento e qualidade das atividades.

O gráfico de Pareto, de acordo com Ambrozewicz (2003), são gráficos utilizados para classificar causas que atuam em um dado processo de acordo com seu grau de importância. O gráfico demonstra que os principais efeitos (problemas) são derivados de um pequeno número de causas. Essa ferramenta permite determinar

as prioridades a serem atacadas. Os gráficos podem ser construídos levando-se em conta a frequência do problema ou o custo causado por ele. Isso porque nem sempre o problema mais frequente é o de maior custo. Na Figura 5 apresenta-se um exemplo de gráfico de Pareto. Neste caso, observa-se que 60% das ocorrências são originadas por três ocorrências no problema avaliado.

Figura 5: Exemplo de gráfico de Pareto

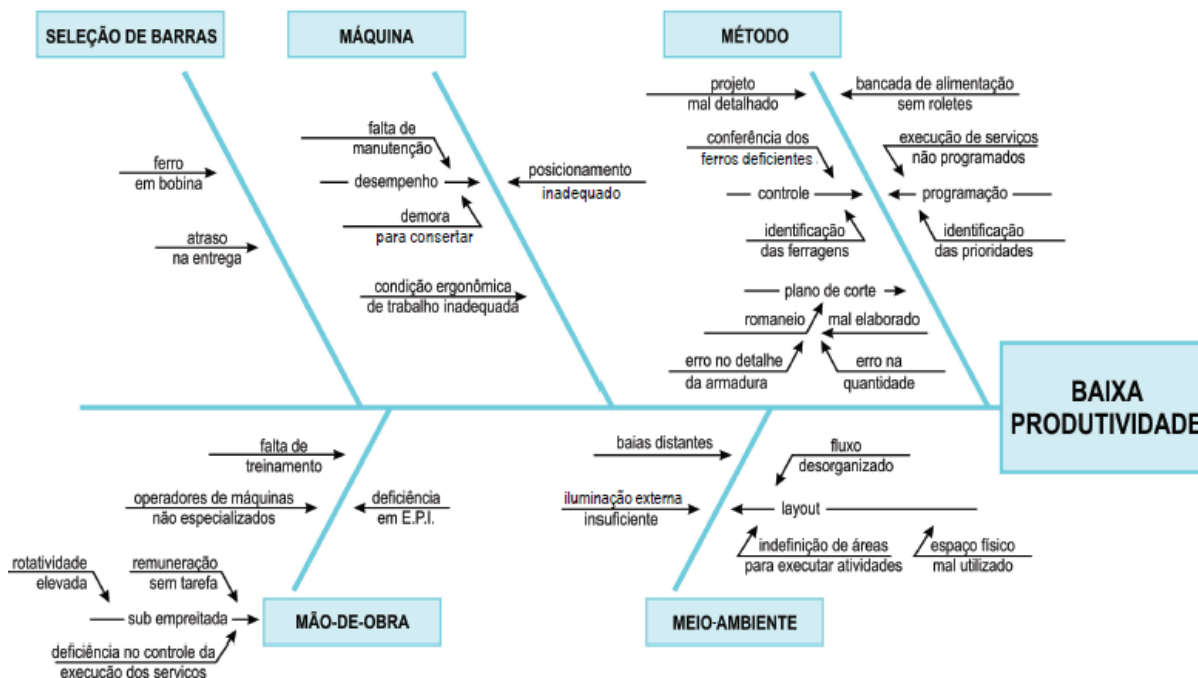


Fonte: Ambrozewicz, 2003.

O diagrama de causa-e-efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, tem a função de identificar e analisar as causas que promovem um efeito indesejado. É um diagrama eficaz para a identificação da raiz do problema (CARPINETTI, 2010; MONTGOMERY, 2009). Essa ferramenta é utilizada em conjunto com as inspeções de serviço realizados, pois após a detecção de não conformidades potenciais e reais, é feito o diagnóstico da raiz do problema com auxílio do diagrama de causa-e-efeito (LEAL; RIBEIRO, 2017). O diagrama de causa-e-efeito é construído com a participação de um grupo de trabalho através dos dados levantados em um *brainstorming*². Na Figura 6 observa-se um exemplo de diagrama de causa-e-efeito utilizado na identificação das causas da baixa produtividade em uma central de armação.

² Técnica de discussão em grupo que se vale da contribuição espontânea de ideias por parte de todos os participantes, no intuito de resolver algum problema ou de conceber um trabalho criativo. Fonte: Oxford Languages, 2022.

Figura 6: Exemplo de diagrama de causa-e-efeito utilizado na identificação das causas da baixa produtividade em uma central de armação



Fonte: Ambrozewicz, 2003

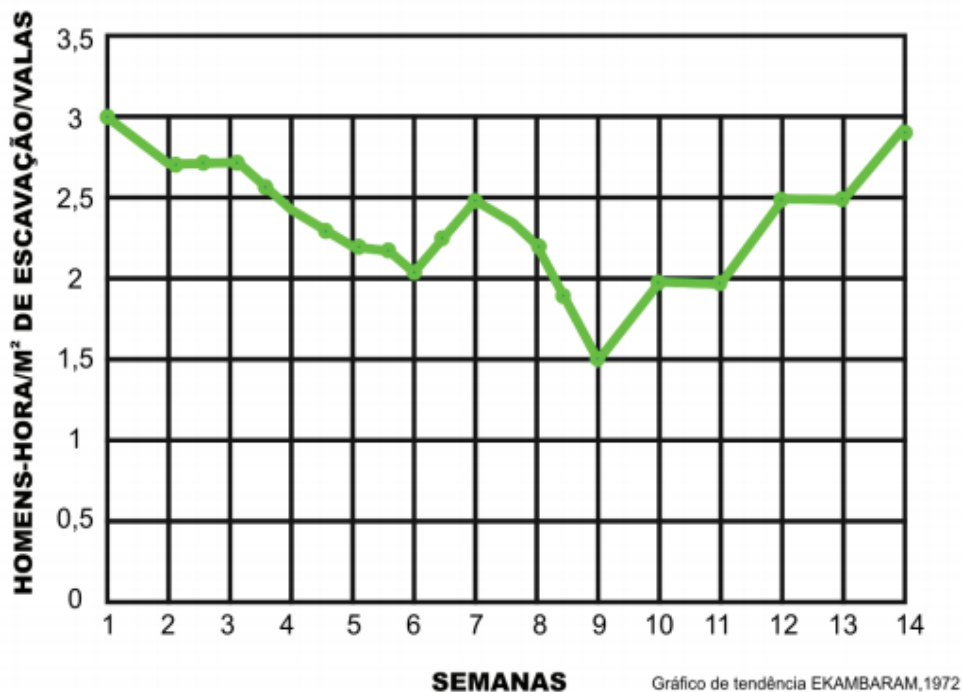
O diagrama de concentração de defeitos, segundo Montgomery (2007), é uma imagem da unidade, mostrando todos os pontos de vista relevantes, em que os vários tipos de defeitos são desenhados na imagem e o diagrama é analisado para determinar se a localização dos defeitos na unidade transmite alguma informação útil sobre suas causas potenciais. Quando os dados de defeitos são retratados em um diagrama de concentração de defeitos em um número suficiente de unidades, os padrões frequentemente surgem, e a localização desses padrões geralmente contém muitas informações sobre as causas dos defeitos.

O diagrama de dispersão é outra ferramenta utilizada no controle da Qualidade e consiste em um gráfico para identificação da relação potencial entre duas variáveis. Os dados são coletados em pares nas duas variáveis - (y_i, x_i) - para $i = 1, 2, \dots, n$. Então y_i é plotado contra o x_i correspondente. A forma do diagrama de dispersão geralmente indica que tipo de relacionamento pode existir entre as duas variáveis. Os diagramas de dispersão são muito úteis na modelagem de regressão.

Os gráficos de tendência, especificam limites superiores e inferiores dentro dos quais medidas estatísticas associadas a uma dada população são localizadas. A tendência da população é mostrada por uma linha central; as curvas determinam a evolução histórica de seu comportamento e a tendência futura (Ambrozewicz, 2003). A Figura 7 apresenta um exemplo de gráfico de tendência utilizado no acompanhamento de escavação/valas.

Figura 7: Exemplo de gráfico de tendência utilizado no acompanhamento de escavação/valas.

ACOMPANHAMENTO DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA MOVIMENTO DE TERRA



Fonte: Ambrozewicz, 2003.

Segundo Yamamoto (2021), a utilização de ferramentas da qualidade associadas ao *Lean Seis Sigma* se torna essencial na análise de produtos ou processos por tornar mais visual o problema e, conseqüentemente, a solução.

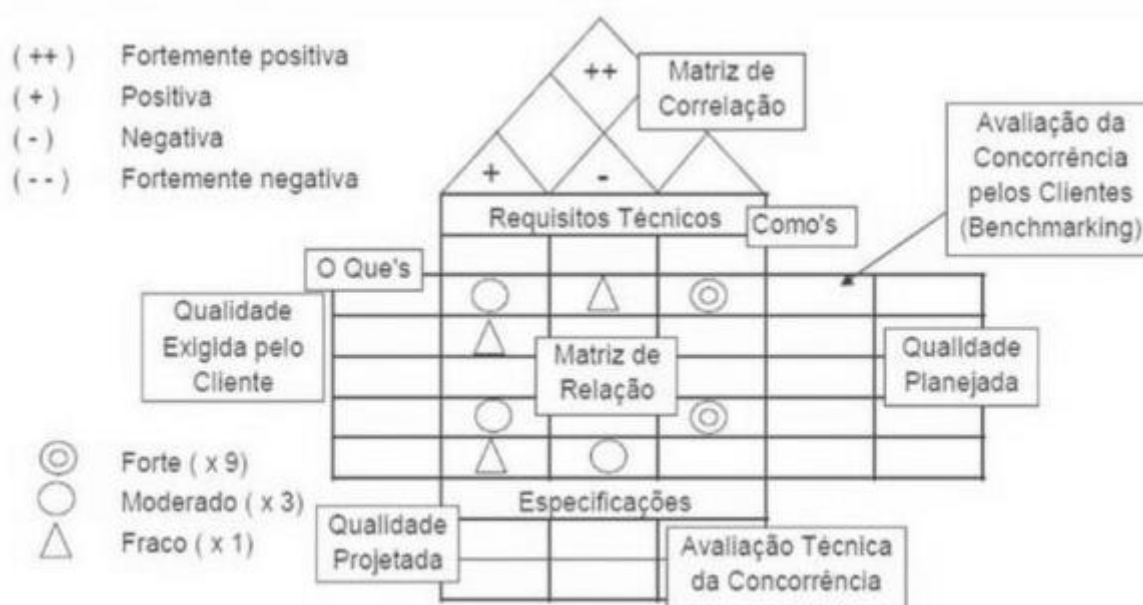
Além das ferramentas básicas apresentadas existem outras que utilizam a qualidade no planejamento (fases do projeto) e durante o processo de criação do produto. Neste estudo serão destacadas duas delas o QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos).

De acordo com VOLPATO (2010), o Desdobramento da Função Qualidade (QFD) é uma metodologia que pode ser definida como um processo estruturado que procura planejar a qualidade baseando-se não somente na satisfação do usuário, contando com o envolvimento dos profissionais e da instituição. Dessa forma, o QFD utiliza ferramentas e matrizes, de modo que a construção da Casa da Qualidade seja um dos aspectos mais importante, pois correlaciona os requisitos desejados pelo usuário com as características do serviço necessárias para satisfazer os profissionais, possibilitando estabelecer de metas,

sanar as barreiras inerentes à organização e auxiliar no processo de planejamento dos serviços.

Dentre as etapas da metodologia QFD e construção da Casa da Qualidade estão: identificação da qualidade exigida pelo usuário; desdobramento da qualidade exigida; ranqueamento da qualidade exigida; estabelecimento das características da qualidade; características da qualidade mais significativas; qualidade projetada; qualidade planejada e correlação das características da qualidade (VOLPATO *et al.*, 2009).

Figura 8: Casa da Qualidade



Fonte: Nagumo (2005)

O FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* - Análise de Modo e Efeitos de Falha), de acordo com Yang (2006), é uma metodologia sistemática que permite identificar potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam. No ponto de vista de Allbien, Grot e Schneidereit (1998), essa ferramenta gerencial consiste em um procedimento para analisar os potenciais modos de falha de um sistema por meio da classificação pela severidade ou determinação do efeito das falhas no sistema. Lazor *et al.* (1995) destacam a sua eficácia na prevenção de problemas e a interface com muitos métodos de engenharia e confiabilidade.

Leal, Pinho e Almeida (2006) asseguram que o FMEA consiste basicamente em dois estágios. No primeiro estágio as falhas são identificadas, englobando atividades de inspeção detalhadas que exigem uma experiência prévia do funcionário da obra designado a tal função. No segundo estágio, engenheiros que trabalharam com o FMEA determinam o nível crítico

destas falhas e as ordenam, estabelecendo um ranking de criticidade, baseado em critérios previamente estabelecidos ou obtidos a partir de experiências com falhas de mesma natureza, registradas em relatórios de inspeções prediais.

A Tabela 1 apresenta um quadro resumo com as ferramentas da Qualidade apresentadas, incluindo a utilização geral e a utilização na construção civil.

Tabela 1: Utilização das ferramentas da Qualidade de modo geral e na construção civil

Ferramenta		Utilização	
		Geral	Construção Civil
1	Histograma	- Organização e distribuição de dados.	- Histograma de mão de obra, equipamentos, produtividade e frequência de causas de desvios.
2	Folha de Verificação	- Distribuição do processo produtivo; - Coletar dados de amostras de produção.	- Verificação das etapas de execução de serviços; - Prevenção de não conformidades no sistema produtivo.
3	Gráfico de Pareto	- Descrição gráfica de dados em ordem decrescente de frequência, para que, com a presente informação, se possam concentrar os esforços de melhoria nos pontos onde os maiores ganhos podem ser obtidos.	- Quantificação e análise dos problemas encontrados relacionados a materiais, equipamentos, falhas em processos e demais controles.
4	Diagrama de Causa-e-Efeito (Ishikawa)	- Organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito.	- Análise de causa de não conformidades.
5	Fluxograma	- Definição de todas as etapas e ordem de um processo.	- Definição das etapas e ordem dos diversos serviços da construção civil como instruções de trabalho e procedimentos operacionais.
6	Diagrama de Dispersão	- Análise da relação entre duas variáveis associadas e da tendência de variação conjunta.	- Análise de custo de um empreendimento, resultado de ensaios e comparação com os valores especificados.
7	Gráfico de Controle (ou Carta de Controle)	- Análise mensurável das variações determinando limites dentro dos quais as medidas amostrais são plotadas, examinando se o processo está ou não sob controle.	- Controlar as características da qualidade do processo através de exemplos de amostras.
8	QFD (<i>Quality Function Deployment</i> - Desdobramento da Função Qualidade)	- Processo estruturado que procura planejar a qualidade baseando-se na satisfação do usuário e envolvimento dos profissionais de uma empresa.	- Analisar os requisitos mais valorizados pelos clientes em empreendimentos e entrega do produto com a qualidade planejada.
9	FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)	- Identificar potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam.	- Análise de falhas nos diversos processos da construção civil: projetos, execução de atividades, aprimoramento de processos, qualidade, entre outros.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

2.2.4 REGISTROS DE ACOMPANHAMENTO DA QUALIDADE

As documentações originadas na aplicação das ferramentas de controle da Qualidade têm como finalidade, segundo a ABNT NBR ISO 9001:2015, atingir a conformidade com os requisitos do cliente; aplicar treinamentos apropriados; garantir a rastreabilidade; prover a evidência objetiva e avaliar a eficácia e a melhoria contínua do sistema de qualidade. Para isso, são utilizados os seguintes documentos: Manuais de Qualidade (nele constam informações sobre o sistema de Gestão da Qualidade da Organização); Planos da Qualidade (descrevem o Sistema de Gestão da Qualidade aplicado a um projeto); Especificações (estabelecem requisitos); Diretrizes (estabelecem recomendações e sugestões); Registro (fornecem evidências das atividades desempenhadas e dos resultados alcançados).

2.3 GESTÃO DA QUALIDADE NO CANTEIRO DE OBRAS

A indústria da construção civil se diferencia das demais por possuir características próprias quanto à elaboração de seus produtos, como por exemplo, a confecção do produto dentro do próprio canteiro de obras, onde ele será utilizado (BORGES, 2013). Dessa forma, ter um sistema de gestão de qualidade dentro do canteiro de obras, especificando os principais programas de qualidade que podem ser aplicados a ele, torna-se essencial para que se obtenha uma maior qualidade ao final da obra.

O sistema de gestão aplicado ao canteiro contribui para melhoria do processo produtivo e reduz questões como baixa produtividade, alto índice de perdas, pouca organização e muita sujeira, que ocorrem pela própria natureza do processo produtivo (SAURIN; FORMOSO, 2006). A aplicação de normas relacionadas ao sistema de gestão da qualidade traz benefícios às atividades do canteiro de obras. Um dos requisitos do sistema de gestão da qualidade e seus processos existente na ISO 9001:2015 (Sistemas de gestão da qualidade: requisitos) é a determinação e aplicação de critérios e métodos relacionados aos indicadores de desempenho que objetiva assegurar a operação e o controle dos processos. Portanto, a utilização dos indicadores para o monitoramento da qualidade em canteiro de obras proporciona a medição e permite comparações, para que um sistema de gestão da qualidade obtenha êxito (MELLO, AMORIM; BANDEIRA, 2008).

2.3.1 USO DE INDICADORES

De acordo com Souza Júnior (2011), os indicadores da qualidade, ou indicadores da satisfação dos clientes, medem como o produto ou serviço é percebido pelo cliente e a capacidade do processo em atender os requisitos dos clientes. A comparação do resultado

obtido na medição de um indicador da qualidade relacionado ao índice padrão de aceitação definido para um determinado processo é chamado de eficácia.

Os indicadores, segundo Souza Júnior (2011), podem ser definidos como:

a) Um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando no contexto analisado;

b) “Marca” ou sinalizador, que busca expressar algum aspecto da realidade sob uma forma de observação e medida; sendo possível observá-lo ou mensurá-lo;

c) São parâmetros qualificados e/ou quantificados que servem para detalhar em que medida os objetivos de um projeto foram ou serão alcançados, dentro de um prazo limitado de tempo e numa localidade específica;

d) Indicam mais não são a própria realidade – baseiam-se em uma variável, ou seja, algum aspecto que varia de estado ou situação, fenômeno que interessa. A realidade e sua totalidade são impossíveis conhecer;

e) São resultantes de múltiplas relações - a escolha do que observar, dos instrumentos que tornam isto possível, a interpretação e o uso das informações estão determinados pela visão da organização e pelas suas relações.

f) Só fazem sentido nas práticas de diálogo e avaliação da prática: processos de acompanhamento, monitoramento e avaliação de práticas e iniciativas.

Em relação aos indicadores de qualidade, Mafra (2013) afirma que é necessário estabelecer os objetivos da qualidade. Segundo o Regimento Geral do SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), a direção da empresa construtora deve definir os objetivos da qualidade mensuráveis que atendam aos requisitos estabelecidos pela empresa e pela própria norma.

Para que o Sistema de Gestão da Qualidade possa funcionar de maneira eficiente é necessário que os Indicadores de Desempenho sejam utilizados. Segundo Ambrozewicz (2003, p. 53), “Indicadores de desempenho são índices desenvolvidos para se medir e avaliar, na prática, a *performance* de um sistema.” Além disso, “os indicadores precisam ter credibilidade, ser bem definidos, adequadamente divulgados e analisados permanentemente para que sejam aceitos e tornem-se subsídios valiosos para a tomada de decisões” (AMBROZEWICZ, 2003, p. 53). Neste sentido, observa-se que os indicadores precisam ser desenhados para medirem as fases do processo de acordo com cada área, e que também possam fornecer informações a respeito do desempenho global. Entretanto, devem ser utilizados principalmente nas áreas de maior agregação de valor para o cliente externo e que demonstrem a real necessidade interna da organização.

No Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP, 1991), os indicadores de desempenho devem atender aos seguintes requisitos básicos, de acordo com Ambrozewicz (2003):

Tabela 2: Requisitos dos indicadores de desempenho segundo Ambrozewicz (2003)

REQUISITO BÁSICO	DESCRIÇÃO
Seletividade	Os indicadores devem estar relacionados a aspectos, etapas e resultados essenciais ou críticos do produto, serviço ou processo. Um número excessivo de indicadores dificulta a coleta e leva à interrupção do acompanhamento.
Estabilidade	Devem perdurar ao longo do tempo, com base em procedimentos rotinizados, incorporados às atividades da empresa ou departamento. Além disso, um histórico da evolução de cada indicador é mais importante, pois permite avaliar a evolução do processo ao longo do tempo.
Simplicidade	Devem ser de fácil compreensão e aplicação, usando relações percentuais simples, médias, medidas de variabilidade e números absolutos. Fórmulas complicadas de cálculo e coletas de dados trabalhosas desestimulam e inviabilizam sob o ponto de vista de custo o acompanhamento dos indicadores.
Baixo custo	O custo para coleta, processamento e avaliação não pode ser superior ao benefício obtido pela medida.
Acessibilidade	Os dados para coleta do indicador devem ser de fácil acesso, caso contrário as pessoas envolvidas na sua obtenção abandonam a coleta, interrompendo o acompanhamento.
Representatividade	O indicador deve ser formulado de forma a representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere. Indicadores pouco representativos, não são úteis para orientar tomada de decisão.
Rastreabilidade	Devem ser, adequadamente, documentados os dados e as informações utilizadas. Bem como, os formulários e memórias de cálculo, incluindo o registro do pessoal envolvido. Este procedimento favorece o recálculo rápido do indicador em caso de dúvida, além de permitir que outra pessoa possa efetuar a coleta e o cálculo.
Abordagem experimental	É recomendável testar, inicialmente, os indicadores. Caso não se mostrem importantes e eficazes ao longo do tempo, devem ser alterados. Esta abordagem é importante, pois protege a persistência no uso de indicadores.

Fonte: Adaptado de Ambrozewicz (2003).

Por meio de pesquisas em outros setores da indústria, na construção civil em outros países e fatores críticos do setor no Brasil, contando também com as empresas de construção,

a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), através do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), desenvolveu o Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil, contendo 28 indicadores. Alguns indicadores relacionados à Qualidade e Produtividade são: índice de erros na entrega de materiais; índice de reclamações do cliente; nível de satisfação do cliente; perdas de aço, concreto e tijolo furado; produtividade por serviço; produtividade global da obra; tempos produtivos, improdutivos e auxiliares; índice de retrabalho; índice de treinamento (AMBROZEWICZ, 2003).

2.3.2 MÉTODOS E ANÁLISE DE CONTROLE DA QUALIDADE

A inspeção é um dos métodos de análise e controle da Qualidade utilizados no canteiro de obras. Na construção, segundo Leal e De Paula Ribeiro (2017) a metodologia que envolve o processo de inspeção de serviço é forte no processo de qualidade, visto que através dela é possível detectar não conformidades potenciais e reais, diagnosticando a raiz do problema. Desde 1992, Koskela (1992) alega que as atividades de inspeção devem ser incluídas como parte do processo de fluxo da produção, sujeito a melhorias.

No canteiro de obras da construção civil a Qualidade é controlada com o auxílio de documentações. De acordo com Dos Santos *et al.* (2020), a ISC (Instrução de Serviço de Construção) é um manual que explica o padrão de execução de serviços da empresa, possui o objetivo de apresentar o processo de execução de cada serviço. Dessa forma, os funcionários são auxiliados quanto a execução dos serviços de forma clara e simples, tornando a execução mais rápida e assertiva. A instrução indica as ferramentas, materiais, equipamentos, mão de obra (MDO) e EPI's necessários para a execução do serviço. Ela também mostra os pré-requisitos, sequência de execução, resultados esperados, ações corretivas caso o resultado esperado não seja alcançado, apresenta um histórico de revisões e indica as NBR's relacionadas a cada serviço. Segundo Koskela (1992), no que diz respeito às atividades no local, os problemas de tarefas únicas podem ser resolvidos com documentos de alta qualidade e instruções claras. Pesquisas como a de Leal e De Paula Ribeiro (2017) mostram que o canteiro de obras, utilizado em um estudo de caso, conseguiu obter benefícios de impactos internos e externos resultantes de seus registros nas Fichas de Verificação de Serviço. Os mesmos autores afirmam que atingiram bons resultados devido a implantação de um Sistema de Qualidade implantado ao conjunto relacionado a todas as atividades no canteiro. Dessa forma, a documentação exigida foi utilizada nas atividades diárias do canteiro e implantada como uma ferramenta de registro e melhoria.

O controle da Qualidade também é feito por meio de análise amostral dos serviços que estão sendo executados, de forma a identificar se os documentos, projetos e serviços estão

conforme as diretrizes estipuladas pela Organização. Segundo Dos Santos *et al.* (2020), entende-se como não conformidade aqueles serviços que estão divergentes de projeto ou procedimento, qualquer outro que não esteja correto na visão do departamento de Qualidade ou até mesmo fora de norma.

Quanto aos ensaios no canteiro de obras, eles são realizados para verificar as diversas fases de execução, desde a seleção dos materiais, misturas ou aplicação, e fases posteriores. O objetivo da realização de ensaio é examinar se os resultados estão condizentes aos parâmetros estabelecidos, verificando sua rastreabilidade desde quando a amostra deu entrada no laboratório até a confecção do relatório de ensaio (FORTES e MERIGHI, 2004).

O recebimento de qualquer etapa de uma obra deve ser embasado em resultados concretos, em documentação que comprove a eficácia do controle tecnológico e da qualidade. É importante que, tanto o empreiteiro como a fiscalização, desvinculem as suas verificações, para que os resultados sejam livres de qualquer pressão e espelhem a realidade da obra. O laboratório deve possuir procedimento que visem a melhoria contínua, além de fornecerem parâmetros para que, por meio de mecanismos utilizados pela qualidade, tais como a auditoria, seja possível detectar quaisquer não conformidades, desenvolver um plano de ação corretiva e preventiva, para evitá-las e preveni-las (FORTES; MERIGHI, 2004).

O controle da qualidade nos canteiros de obra também é feito com o auxílio de normas e diretrizes relacionadas ao setor da construção civil como apoio à gestão. Atualmente, o setor da construção civil brasileira segue duas normas: ABNT NBR ISO 9001: 2015 e SiAC/PBQP-H. As normas da série ISO são utilizadas para fins de certificação, devendo ser aplicadas a qualquer tipo de empresa (serviço ou indústria, grande ou pequena) (GUIMARÃES, 2010). Já o SiAC/PBQP-H, Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), é um instrumento do Governo Federal instituído, originalmente, em 1998, que tem como objetivo organizar o setor da construção civil destacando duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva (DANILEVICZ, 2014).

A norma ABNT NBR ISO 9001:2015 (Sistema de Gestão da Qualidade - Requisitos), especifica requisitos mínimos para o Sistema de Gestão da Qualidade, em que a organização precisa demonstrar sua capacidade para fornecer produtos ou serviços que atendam aos requisitos do cliente e os requisitos regulamentares aplicáveis objetivando aumentar a satisfação do cliente (GUIMARÃES, 2010). De acordo com a norma ABNT NBR ISO 9001:2015, há alguns princípios relacionados à gestão da qualidade: foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas, abordagem de processo, melhoria, tomada de decisão com base em evidência e gestão de relacionamento.

Camfield (2006) realizou um estudo dos impactos da certificação ISO 9000:2005 em empresas da construção civil e observou que a implementação desse sistema trouxe benefícios como utilizações adequadas dos equipamentos, materiais e mão-de-obra, obtendo dessa forma, a uniformização do trabalho. Além disso, houve um aumento no controle de todos os processos em todos os setores, tornando-os mais ágeis, aumento no volume de vendas, consequência da qualidade do produto que gera maior confiabilidade ao cliente.

A certificação SiAC/PBQP-H 2018 tem como finalidade avaliar a conformidade das empresas de serviços e obras no setor da construção civil, sem deixar de considerar cada característica específica dessas empresas, por meio de auditorias e certificação nos níveis A e B. Segundo Mosqueira (2018), no escopo, tem-se uma série de requisitos relacionados ao controle técnico da execução das obras e dos serviços, controle da estocagem dos materiais utilizados nas obras, dos equipamentos, materiais e ferramentas, bem como o alinhamento dos requisitos de desempenho do projeto com os da norma de desempenho ABNT NBR 15575:2021 (Edificações habitacionais - Desempenho).

A implantação e certificação do SiAC/PBQP-H 2005 para as empresas construtoras promovem benefícios relacionados ao aumento da qualidade do produto entregue, consequência direta de um dos principais objetivos destes sistemas de gestão, redução na quantidade de retrabalho e consequente redução dos custos e desperdícios a ele associados, bem como, o aumento da satisfação dos clientes (Fraga, 2011).

2.4 DIFICULDADES E DEFICIÊNCIAS ENCONTRADAS NO CANTEIRO DE OBRAS

De acordo com De Negri e Squeff (2016), as dificuldades para o desenvolvimento da indústria de construção são sinalizadas por diversos autores e persistem ao longo de décadas, demonstrando sua lenta evolução tecnológica. Blumenschein (2004) resgata alguns fatores apontados por Meseguer (1991) ainda perceptíveis recentemente: i) caráter nômade, dificuldade de garantir a constância de materiais, componentes e processos; ii) a presença de produtos únicos e não seriados; iii) produtos fixos e operários móveis, ao contrário da produção em cadeia (produtos móveis e operários fixos), dificultando a organização e o controle; iv) indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações; v) uso de mão de obra pouco qualificada, com possibilidades de promoção escassas; vi) trabalho sujeito a intempéries; vii) longo ciclo de aquisição-uso-reaquisição, com pouca repercussão posterior da experiência do usuário; viii) emprego de especificações complexas, quase sempre contraditórias e muitas vezes confusas; ix) responsabilidades dispersas e pouco definidas; x) grau de precisão quanto a orçamentos, prazos, características etc. muito menor que em outras indústrias; e xi) ferramentas pouco desenvolvidas.

Em relação à mão de obra, segundo Leal e De Paula Ribeiro (2017) um dos principais problemas encontrados nos canteiros de obras para a implantação dos procedimentos é o alto índice de analfabetismo ou baixa escolaridade dos operários, que faz com que a assimilação da política da qualidade e do processo do programa seja dificultada. De acordo com Depexe e Paladini (2007), seria mais fácil para os funcionários compreenderem o programa se tivessem maiores níveis de escolaridade. Neves (2014) aponta que, no Brasil a cadeia produtiva do setor da construção civil inclui funcionários pouco qualificados. Este fato impõe barreiras para a promoção de inovação no canteiro de obras, pois para reverter este quadro são necessárias características como maior discernimento, qualificação, motivação, participação e treinamento da equipe (SCHWARK, 2006).

Além disso, a alta rotatividade existente na construção civil contribui para dificultar a implantação de alguns processos no canteiro de obras. A causa pela grande rotatividade da mão de obra na construção civil é o próprio processo produtivo que, apesar da grande expansão econômica no setor, persiste nas precárias relações de trabalho. Os treinamentos ministrados aos funcionários também são afetados devido à alta rotatividade, pois a cada desligamento a empresa precisa reiniciar o treinamento de um novo trabalhador. A mão de obra, que no início gera baixo rendimento e baixa produtividade, vai se aperfeiçoando com o treinamento, produzindo e não raro, uma demissão voluntária, o que faz, neste período, o ciclo retomar (Neves, 2014).

As perdas de produtividade na construção são apresentadas como outra dificuldade existente no canteiro de obras. Como exemplo, tem-se as perdas por *making-do*, definida como “a redução de desempenho que ocorre quando uma tarefa é iniciada sem que todos os recursos necessários para sua realização estejam disponíveis, ou quando a tarefa continua a ser executada diante da indisponibilidade de algum recurso” (LEÃO; ISATTO; FORMOSO, 2016, p. 110). Para eliminar ou diminuir este problema, estudos como o de Fireman (2012), apontam o emprego da computação móvel como promissor para acelerar a coleta e o processamento de dados, devido ao longo tempo despendido com essas atividades.

A falta de investimentos em todos os processos construtivos, incluindo a relutância em relação à inovação, é outra dificuldade encontrada na construção civil. O setor da construção civil impacta diretamente no PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro, que é o responsável por medir o crescimento da economia de um país. Entretanto, apesar de exercer grande influência financeira e gerar emprego e renda, a construção civil é carente de algo muito importante nos tempos atuais: inovação tecnológica. Esse fator é uma característica essencial para se agregar valor aos variados setores produtivos de qualquer nação que almeja o pleno desenvolvimento (FLORIANI; BEUREN; HEIN, 2008).

O custo elevado de investimento em tecnologias é um dos entraves para a inovação. Como foi apresentado na pesquisa de Dos Santos Félix (2016), em 2013 o desempenho econômico e comercial da MRV foi comprometido pelo aumento das despesas devido a investimentos nas áreas de atendimento ao cliente e tecnologia da informação, sendo que este último influenciou a redução do lucro operacional (NOPLAT) quando comparado a 2012.

Ballard e Howell (1998) apontam que o controle de produção deve ser realizado em tempo real, agindo diretamente na realização dos processos, expandindo-se para além do papel de inspeção ou verificação. Dessa forma, tem-se um papel proativo, auxiliando na identificação e na correção das causas dos problemas. Koskela (1992) também afirmou que uma das formas de melhorar a qualidade é estabelecer meios para detecção e correção rápida de qualquer defeito ou desvio.

O uso da tecnologia tem se tornado promissora dentro da construção civil. A literatura apresenta diversas pesquisas que implementaram o uso de computação móvel na construção civil, apontando a utilidade desse tipo de tecnologia (KIMOTO *et al.*, 2005; KIM *et al.*, 2008; NOURBAKHSI *et al.*, 2012). Como exemplo, há estudos que indicam o uso de dispositivos móveis no canteiro de obras e o forte potencial para melhorar o nível de compartilhamento de dados e as práticas de comunicação na indústria da construção, representando oportunidades para inovar os processos existentes de gestão da construção.

2.5 TECNOLOGIAS E METODOLOGIAS CONTEMPORÂNEAS RELACIONADAS AO CONTROLE DA QUALIDADE

O uso da tecnologia é algo indispensável nas diversas engenharias, arquitetura e na construção civil, pois é um fator que possibilita obter eficiência em qualquer etapa do projeto, gerando assim construções que atendem cada vez mais e melhor às necessidades humanas. A tecnologia no ramo construtivo possui inestimáveis contribuições em matérias como: redução de prazos e custos, ganho de produtividade, gestão eficiente, dentre outras (ROSSO, 2011).

Nos últimos anos evidencia-se uma forte iniciativa, tanto do mercado privado quanto de órgãos governamentais, na busca de novas tecnologias que melhorem a velocidade no processo de tomada de decisão (MOTA, 2020). Com o grande número de informações para ser processado, utilizar tecnologia da informação (TI) se torna indispensável à medida que facilita o processamento de informações gerenciais (NASCIMENTO; SANTOS, 2003).

No canteiro de obras, devido à natureza dinâmica das atividades, há requisitos técnicos exclusivos para aplicações de digitalização. Para uma estratégia proativa de controle de qualidade, é necessária uma avaliação frequente, completa e precisa das condições do

local e uma compreensão das relações entre escopo e cronograma com a atividade no local, sendo esses elementos cruciais no processo (AKINCI *et al.*, 2006).

Durante a construção, as principais aplicações da digitalização a laser são para validar a consistência entre a qualidade da construção e os desenhos do projeto, e monitorar as atividades no local (RANDALL, 2011). Alguns estudos, como o de Böes e Patzlaff (2016), aplicaram a tecnologia, através do emprego de um software, no controle de qualidade, utilizando *tablets* para aplicação das Fichas de Verificação de Serviço (FVS). Como resultado observou-se que a aplicação otimizou o processo de controle de qualidade, a correlação das Não Conformidades com o orçamento e cronograma, possibilitando o monitoramento em tempo real, facilitando a gestão e aumentando a confiabilidade das informações para a tomada de decisão.

Pesquisas acadêmicas recentes apontam o uso da tecnologia relacionadas às inspeções automatizadas de Qualidade, destacando-se: sensores para obtenção de parâmetros de qualidade de materiais, uso de técnicas de automação da tecnologia em conjunto do portal digital para transferência, o rastreamento em tempo real de materiais, sistema integrado entre a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) e CAD 4D, armazenamento de informações e dados entre laboratórios responsáveis pelos testes nos materiais da construção e utilização das tecnologias de controle da qualidade na construção civil, automatizadas e integradas ao BIM.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, a pesquisa tem a finalidade de observar a aplicação de um novo conhecimento e informações que contribuam para o entendimento prático dos impactos da implementação de tecnologias de apoio ao controle e análise da qualidade das atividades em canteiro de obras da Construção Civil.

Em relação à finalidade, a pesquisa se classifica como aplicada ou tecnológica, pois o objetivo é produzir conhecimentos científicos para aplicação prática voltada para a solução de problemas concretos (FONTELLES, 2009). Embora os resultados práticos não sejam imediatos em termos econômicos e na melhoria dos processos, a pesquisa subsidia a aplicação das tecnologias devido ao caráter indutivo.

Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como observacional, pois são feitas coleta e análise de dados. Entretanto, não é realizada qualquer tipo de intervenção que possa alterar o curso natural e/ou no desfecho deles (FONTELLES, 2009). Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada em exploratória-explicativa, pois está associada à análise bibliométrica, estudo de caso e aplicação de questionário. Inicialmente, na análise bibliométrica é feita a aproximação com o tema, por meio de publicações que investigaram a aplicação de tecnologias de análise e controle da Qualidade em canteiro de obras. Na sequência, é feita a aplicação de questionário e estudo de caso e, pelos resultados dessas fontes de consulta, as hipóteses levantadas são verificadas com o intuito de explicar alguns fatores relacionados à implementação das tecnologias.

Em relação à forma de abordagem do problema, a pesquisa se classifica como quali-quantitativa. A classificação qualitativa dá-se devido aos dados obtidos que servirão para elaboração de hipóteses formuladas a *posteriori*, uma vez que o objetivo do estudo é descrever o fato em si (FONTELLES, 2009). A partir das hipóteses formuladas, elas serão comparadas com as definidas inicialmente no estudo. Para isso é utilizado o método indutivo e comparativo. Por meio da aplicação do questionário, as respostas obtidas serão analisadas com o intuito de obter-se conclusões gerais, o que explica o caráter indutivo da pesquisa. As informações obtidas nos procedimentos técnicos utilizados serão analisadas para identificar as similaridades e as diferenças. Portanto, a pesquisa também possui caráter comparativo. A pesquisa também é classificada como quantitativa devido à análise bibliométrica, que consiste em um levantamento quantitativo de dados.

Do ponto de vista prático, ou seja, a partir dos procedimentos técnicos utilizados, este trabalho será composto por: pesquisa bibliográfica e análise bibliométrica, pesquisa de campo (aplicação do questionário e estudo de caso). Em relação ao desenvolvimento no tempo, a pesquisa é classificada como transversal, pois será realizada em um determinado momento, ou seja, em um curto período. Posto isto, esta pesquisa pode ser classificada como visualizado na Tabela 3.

Tabela 3: Classificação da pesquisa

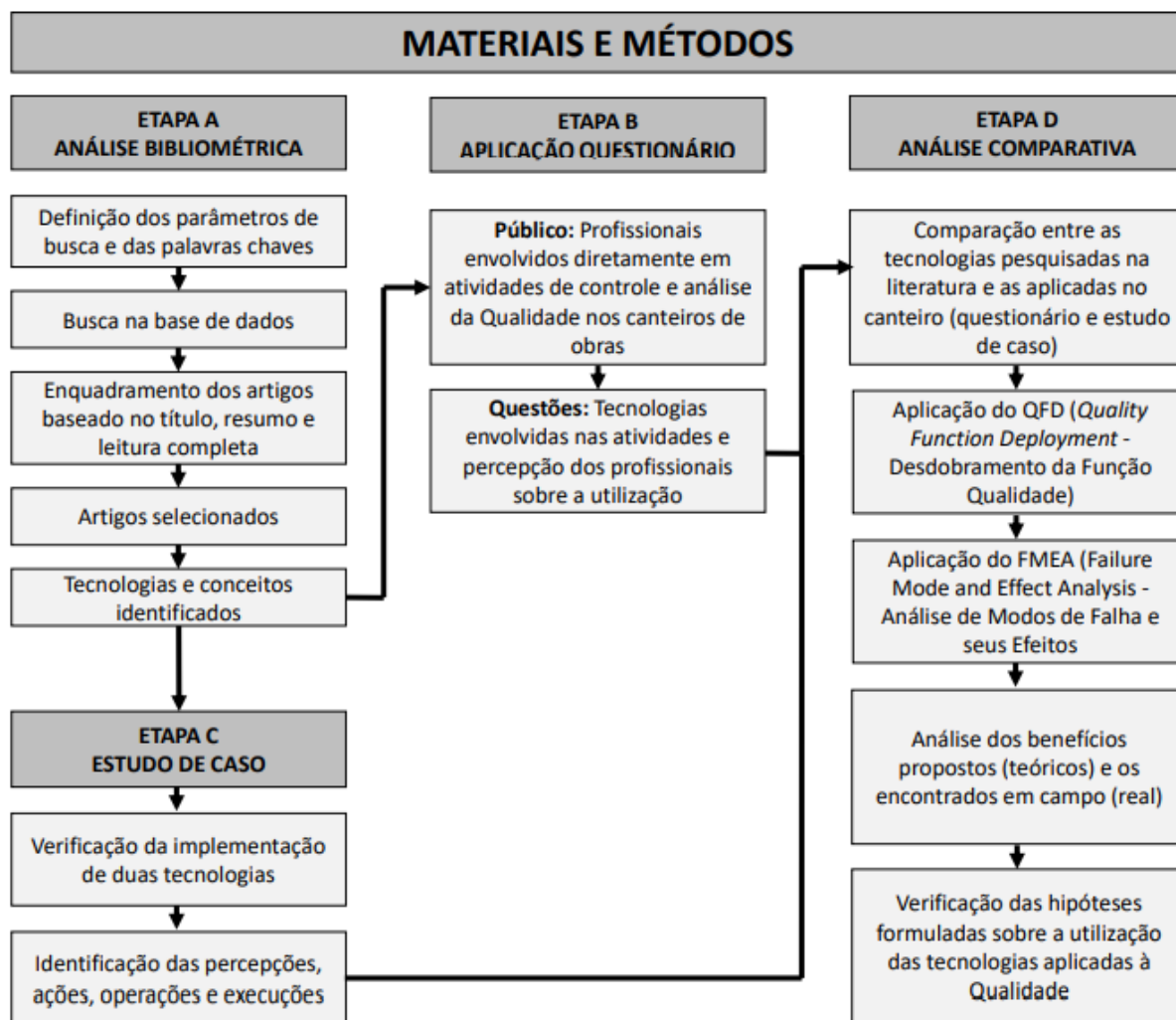
Classificação	Tipos de pesquisa
Quanto à finalidade	• Pesquisa aplicada ou tecnológica
Quanto à natureza	• Pesquisa observacional
Quanto à forma de abordagem	• Pesquisa quali-quantitativa
Quanto aos objetivos	• Pesquisa exploratória • Pesquisa explicativa
Quanto aos procedimentos técnicos	• Pesquisa bibliográfica e análise bibliométrica • Pesquisa de campo (aplicação do questionário e estudo de caso)
Quanto ao desenvolvimento no tempo	• Pesquisa transversal

Fonte: Adaptado de Fontelles (2009)

3.1 ETAPAS DE ESTUDO DA PESQUISA

O fluxograma da Figura 9 apresenta as etapas envolvidas na pesquisa desenvolvida, incluindo as relações de interdependências entre as atividades existentes.

Figura 9: Fluxograma contendo as etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

3.1.1 ETAPA A - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A revisão bibliográfica objetiva apresentar um panorama de como o controle e análise da Qualidade é feito nos canteiros de obra. Dessa forma, essa etapa apresenta os principais conceitos, processos, métodos, controles estatísticos, ferramentas, registros utilizados, gestão, uso de indicadores, principais dificuldades e deficiências encontradas e quais tecnologias vêm sendo implementadas. Além disso, nessa parte é elaborado um referencial teórico sobre as principais normas utilizadas na construção civil relacionadas ao controle da Qualidade e a evolução deste controle. Portanto, essa etapa fornece subsídios para a elaboração do questionário, uma vez que muitas informações relacionadas ao cenário atual e perspectivas futuras são extraídas da pesquisa bibliográfica.

A bibliometria caracteriza-se pela conceituação teórica e tem o intuito de examinar quais tecnologias aplicadas ao controle e inspeção da Qualidade estão sendo estudadas e como foi, para a equipe de trabalho da construção civil, a implantação nos canteiros de obra. Para a análise, são considerados trabalhos publicados após o ano de 2011 nas bases de dados Google Acadêmico e Portal de Periódicos CAPES (*Scopus* e *Web of Science*). O critério utilizado para a seleção dos artigos consiste inicialmente na leitura dos títulos, resumos e análise da relevância dos termos buscados de acordo com o contexto.

Para a definição dos termos de pesquisa é utilizado nos campos de busca as palavras em inglês: (A) *Quality*, (B) *Control*, (C) *Civil*, (D) *Construction*, (E) *On-Site* e (F) *Technology*. Num segundo momento, estes mesmos termos serão pesquisados em português: (A) Qualidade, (B) Controle, (C) Civil, (D) Construção, (E) Canteiro de Obras, (F) Tecnologia. Posteriormente, também serão feitas buscas envolvendo a captação de dados no canteiro de obras relacionada à tecnologia. Para isso serão adicionadas as palavras em inglês: (G) *Data* e (H) *Collection*. Estes mesmos termos serão pesquisados em português: (G) Dados e (H) Coleta em adição ou alternância aos termos pesquisados anteriormente. A busca nas bases de dados não se limita em procurar por palavras apenas em trechos específicos como no título, resumo ou palavras-chaves das publicações, mas sim em todo o artigo, com o intuito de aumentar as chances de encontrar nos materiais obtidos as tecnologias e aplicações.

Inicialmente, será feito um levantamento do número de publicações encontrados em cada base literária relacionada às palavras-chave pesquisadas, que serão apresentados em uma tabela. Para a seleção das publicações, serão realizados filtros com o intuito de obter o total de publicações com temas condizentes. Dessa forma, a seleção das publicações consistirá nas seguintes etapas de separação: i) total de publicações sem duplicatas; ii) total de publicações com títulos pertinentes e; iii) total de publicações com temas condizentes. Essa etapa será feita por meio da leitura dos respectivos títulos e resumos do material encontrado.

Após a etapa de captação, seleção e gerenciamento dos arquivos, o software *MS Excel®* será utilizado para a compilação final dos artigos e geração de quadros e gráficos dos dados elencados. Dessa forma, os artigos serão sistematizados numa tabela, identificando o título, autores, país da instituição a qual os autores apresentam vínculo, tecnologias utilizadas no controle e análise da Qualidade, ano, meio de publicação, base de dados e palavras utilizadas para a busca (A-F ou A-H), em que A-F são buscas compostas pelas palavras: (A) Qualidade, (B) Controle, (C) Civil, (D) Construção, (E) Canteiro de Obras, (F) Tecnologia e; A-H são buscas compostas pelas palavras: (A) Qualidade, (B) Controle, (C) Civil, (D) Construção, (E) Canteiro de Obras, (F) Tecnologia, (G) Dados e (H) Coleta. Serão inseridos, antes das palavras utilizadas para a busca, o código (I), caso os termos pesquisados tenham sido no idioma inglês, e o código (P), caso os termos pesquisados tenham sido no idioma

português. Por fim, será apresentada uma tabela resumo contendo as tecnologias encontradas e a quantidade de publicações em que estas tecnologias ocorreram.

3.1.2 ETAPA B - ELABORAÇÃO DO MÉTODO DE COLETA DE DADOS (QUESTIONÁRIO)

Nesta etapa é feita a aplicação do questionário que objetiva estudar a aplicabilidade de tecnologias no controle da Qualidade adotadas em canteiro de obras, a fim de levantar opiniões acerca da realidade atual, mudanças contemporâneas, percepções, preocupações e vivências. O questionário é elaborado com grande parte das questões fechadas, para melhor sistematização do resultado da avaliação realizada pela tabulação dos dados, e é aplicado de forma *on-line* e remota, via *Google Forms*®, aos profissionais envolvidos nas atividades relacionadas à Qualidade: engenheiro, coordenador, técnico, laboratorista, auxiliar, encarregado, fiscalização, estagiário, entre outros. A escolha dos profissionais e empresas é feita por meio da rede social de negócios LinkedIn® e da rede de contatos do pesquisador.

O questionário foi dividido em três partes de acordo com o objetivo de cada seção. Na primeira parte foram feitas perguntas sobre o perfil do respondente e da empresa para o mapeamento das localidades em que os profissionais atuam com o intuito de verificar se há predominância em determinadas características como região, cargo, faixa etária, tempo de experiência no setor da construção, número de empresas/canteiros de obras que os profissionais atuam, tipo de construção, porte da empresa, certificações e número de profissionais da equipe para o uso das tecnologias. A partir destes dados buscou-se inferir se há respostas que convergem para determinados tipos de características e perfis. Ao mesmo tempo é possível examinar em quais perfis a adoção de tecnologias de apoio ao controle da Qualidade corrente é satisfatório e quais localidades esse processo precisa ser aprimorado.

Na segunda parte foi feito um levantamento sobre as atividades da Qualidade executadas no canteiro de obras incluindo perguntas relacionadas ao tipo de serviço, ferramentas, dificuldades/deficiências, eficiência, retrabalho, instrumentos de monitoramento, problemas e tecnologias envolvidas no processo. Na terceira etapa foram investigadas quais tecnologias de apoio ao controle e análise da qualidade são utilizadas nos canteiros de obras pesquisados com o objetivo de verificar questões como tempo de utilização destas ferramentas, possibilidade de inserção das tecnologias, dificuldades e/ou impeditivos constatados na implementação, benefícios observados e conhecimento. O questionário encontra-se na íntegra no Apêndice A.

3.1.3 ETAPA C - ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é utilizado para comparar os resultados visualizados em uma situação prática com os descritos pelas literaturas utilizadas. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso se caracteriza de fatos a serem observados. Por este meio é permitido o detalhamento de uma realidade e dos eventos pesquisados. Portanto, neste trabalho o estudo de caso será realizado em uma empresa de grande porte (mais de 500 empregados no ponto de máximo desempenho da obra), que executa obra de infraestrutura como atividades de terraplenagem, contenções, drenagem, sistema de abastecimento de água, esgoto e pavimentação de um conjunto habitacional, cuja implementação de duas tecnologias de apoio ao controle da Qualidade estavam previstas: AutoLab (*software* para gerenciamento de resultados de ensaios realizados em laboratório relacionados ao Controle Tecnológico - solos e concreto) e *CheckList* Digital (folha de verificação de dados utilizada no acompanhamento das atividades de construção executadas), ambos com a licença adquirida pela empresa. Este estudo objetivou identificar de forma prática as percepções, ações, operações e execuções das atividades comparando-se com o que era feito anteriormente sem o uso da tecnologia. Foram verificadas neste estudo as principais questões obtidas nas respostas do questionário aplicado em outras localidades como instrumentos de monitoramento, dificuldades e/ou impeditivos constatados na implementação e benefícios observados. Foram verificadas 6 (seis) frentes de serviço da obra com a participação dos seguintes profissionais: engenheiro, técnico, laboratorista, auxiliar, encarregado, fiscalização, estagiário, entre outros.

3.1.4 ETAPA D – RESULTADOS E COMPARAÇÕES

Nesta etapa, para análise comparativa, as informações obtidas nas etapas anteriores A, B e C serão analisadas por meio de duas ferramentas apresentadas na revisão bibliográfica: QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) e FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos). Essas ferramentas vão auxiliar na triangulação das etapas anteriores para consolidação dos dados e análise dos resultados.

O “produto” analisado no QFD foi as tecnologias de apoio e controle da Qualidade. A análise baseada no QFD consistirá nas seguintes etapas:

- i) **Requisitos do cliente:** nessa fase, foram levantadas as tecnologias de apoio e controle da Qualidade encontradas na análise bibliométrica, cuja metodologia adotada foi o estudo de caso. Os graus de importância das tecnologias foram definidos por meio da quantidade de benefícios encontrados na análise qualitativa das publicações, ou seja, quantidade de vezes que foram mencionadas. Dessa forma, a importância refletiu a hierarquização das

tecnologias de acordo com o número de benefícios encontrados em uma escala de 0 (menor) a 10 (maior) número de requisitos existentes.

- ii) **Requisitos do projeto:** de acordo com o exposto na análise bibliométrica, as características que justificam a implementação de tecnologias de controle e apoio da Qualidade, ou seja, os benefícios que agregam valor à utilização, foram discriminados.
- iii) **Relacionamento dos “o que” e “como”:** nessa etapa, foi verificada a relação entre as tecnologias e os benefícios encontrados na análise bibliométrica, pelo grau de intensidade dessa relação (forte, médio e fraco), obtidos por meio da análise qualitativa da bibliometria.
- iv) **Relacionamento dos “como”:** nessa etapa, as características encontradas na análise bibliométrica foram avaliadas e correlacionadas entre si com os seguintes graus de intensidade: fortemente positiva, positiva, negativa e fortemente negativa.
- v) **Benchmarking Externo:** foram feitas três análises: i) as tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade adotadas nas empresas dos respondentes; ii) as tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade que os respondentes gostariam de aplicar em suas atividades e; iii) tecnologias utilizadas no estudo de caso (Etapa C).
- vi) **Benchmarking Interno:** foram analisados os benefícios observados na adoção das tecnologias nas empresas dos respondentes do questionário.
- vii) **Final da análise:** Após as etapas anteriores, a construção da “Casa da Qualidade” se completa e a análise comparativa entre a análise bibliométrica, aplicação do questionário e estudo de caso é concluída. Além disso, também são verificadas hipóteses formuladas sobre a utilização das tecnologias aplicadas para captação e otimização de dados geradas na Qualidade das atividades.

A aplicação do FMEA é utilizada para analisar como a implementação de tecnologias de apoio e controle da Qualidade pode auxiliar na diminuição ou prevenção das principais dificuldades/deficiências, evidenciadas na aplicação do questionário, existentes no acompanhamento das atividades e na Gestão da Qualidade no canteiro de obras. Portanto, neste caso, o FMEA tem o intuito de melhorar o processo a partir da introdução das tecnologias. A análise baseada no FMEA consiste nas seguintes etapas:

- i) **Identificação das possíveis causas de falha em um processo:** essas informações são obtidas por meio da aplicação do questionário aos

profissionais envolvidos na atividade de apoio e controle da Qualidade. Dentro da metodologia FMEA, essas possíveis causas são chamadas de modos de falha.

- ii) **Atribuição dos valores de escala:** Para cada modo de falha potencial identificado são atribuídos um valor em uma escala de 1 a 10 para três etapas: i) gravidade do problema (G) (escala 1 indica menor gravidade e 10 indica maior gravidade); ii) probabilidade de ocorrência (O) (escala 1 indica menor probabilidade e 10 indica maior probabilidade e; iii) probabilidade de detecção da falha (D) (escala 1 muito provável e 10 pouco provável).
- iii) **Utilização da Matriz de Riscos:** Cada falha identificada é avaliada através de uma Matriz de Riscos e é gerado um número de prioridade de risco (RPN – do inglês *Risk Priority Number*). Dessa forma, os modos de falha são classificados, pois quanto maior o número, mais crítica é aquela falha em questão e mais rapidamente uma medida ou ação deverá ser tomada para evitá-la.
- iv) **Classificação dos modos de falha identificados:** Nessa última etapa, após os resultados obtidos na Matriz de Riscos, com base em sua gravidade, frequência e probabilidade de detecção, os modos de falha são classificados.
- v) **Proposta de solução:** Para os modos de falha mais críticos, são apresentadas propostas de solução a partir das tecnologias existentes, evidenciadas na análise bibliométrica e estudo de caso, ou em desenvolvimento, relacionadas ao controle e apoio da qualidade.

Tabela 4: Resumo para as atividades e abordagens de pesquisa

Etapa	Etapa da Pesquisa	Procedimento de Pesquisa	Estratégia Utilizada
A	Conceitual	Teórica-Conceitual	Revisão Bibliográfica e Análise Bibliométrica
B	Conceitual	Conceitual	Elaboração do Método de Coleta de Dados (Questionário)
C	Análise dos Dados	Exploratório-explicativo	Estudo de Caso
D	Resultados e comparações	Exploratório-explicativo	Estudo de Caso

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões para cada uma das etapas (A, B, C e D). Na etapa A é realizada uma análise quantitativa e qualitativa das publicações encontradas nas bases de dados pesquisadas. Na etapa B são apresentados os resultados obtidos na aplicação do questionário por meio de gráficos e comentários dos respondentes. Na etapa C são evidenciados os resultados advindos do estudo de caso realizado em uma obra cuja implementação de uma tecnologia foi realizada. Na etapa D são apresentados os resultados e comparações das etapas A, B e C com a utilização do QFD e FMEA.

4.1. ETAPA A - ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

4.1.1 ANÁLISE QUANTITATIVA

A primeira base de dados utilizada foi o Google Acadêmico. Os dados foram coletados entre agosto e setembro de 2021. Inicialmente foram selecionadas seis palavras-chave com termos em inglês: (A) *Quality*, (B) *Control*, (C) *Civil*, (D) *Construction*, (E) *On-Site* e (F) *Technology*, codificação I (A-F). Estas palavras foram escolhidas com o objetivo de avaliar quais tecnologias estão sendo aplicadas no controle da qualidade dentro da construção civil nos canteiros de obra, ou seja, no local de execução das construções. Na pesquisa foi utilizada a ferramenta “*pesquisa avançada*”, escolhida a opção “*encontrar artigos com todas as palavras*” e, no campo “*onde minhas palavras ocorrem*”, foi selecionado “*em qualquer lugar do artigo*”. Optou-se por buscar as palavras de interesse em todo o artigo para a maximização dos resultados pesquisados, uma vez que posteriormente a seleção dos artigos relevantes ocorreria de forma minuciosa pela leitura daqueles cujos títulos, resumo e conteúdo fossem pertinentes. Além disso, optou-se por filtrar os artigos por período, com a seleção das datas entre 2011 e 2021. O intuito de selecionar o período foi para avaliar como ocorreu a evolução tecnológica relacionado ao acompanhamento e controle da qualidade nas obras durante uma década.

Após a inserção dos dados de entrada, a pesquisa foi iniciada. Os resultados foram filtrados por relevância, o que significa a exibição dos resultados mais citados, populares e/ou com melhor correspondência com as palavras-chave utilizadas, dentro da base de dado pesquisada. Posteriormente, foi realizada uma nova pesquisa com a

inclusão de duas palavras-chave contendo termos em inglês: (G) *Data* e (H) *Collection*. Os mesmos critérios e filtros da pesquisa feita anteriormente foram adotados.

Mais duas pesquisas foram realizadas na base de dados Google Acadêmico, desta vez com as palavras-chave em português com o intuito de verificar as tecnologias que estão sendo pesquisadas no Brasil. A primeira pesquisa foi realizada com as seguintes palavras-chave: (A) Qualidade, (B) Controle, (C) Civil, (D) Construção, (E) Canteiro de Obras, (F) Tecnologia. A segunda pesquisa foi realizada com a inclusão das palavras-chave: (G) Dados e (H) Coleta. Salienta-se que os mesmos critérios e filtros da pesquisa para os termos em inglês foram utilizados para estas duas últimas pesquisas.

Para as demais bases de dados do Portal de Periódicos CAPES (*Scopus* e *Web of Science*), os mesmos critérios e filtros utilizados anteriormente para o Google Acadêmico foram estabelecidos, com exceção da busca no idioma português, que não foi realizada, em virtude das publicações destes meios serem feitas majoritariamente em inglês.

A quantidade de publicações encontradas, artigos pré-selecionados e artigos relevantes (após a leitura dos títulos, resumos e artigos), encontram-se na Tabela 5. A relação completa das publicações com temas condizentes (seleção final) encontra-se no Apêndice B.

Tabela 5: Resultados obtidos e artigos selecionados nas bases de dados pesquisadas

Item	Base de dado	Palavras-chave (critério de busca)	Resultados obtidos	Publicações selecionadas (sem duplicatas)	Publicações com títulos pertinentes	Publicações com temas condizentes (seleção final)
1	Google Acadêmico	I (A-F)	20 000	200	58	53
2	Google Acadêmico	I (A-H)	16 900	200	25	10
3	Google Acadêmico	P (A-F)	15 900	200	47	18
4	Google Acadêmico	P (A-H)	14 200	200	25	2
5	<i>Scopus</i>	I (A-F)	1902	51	21	17
6	<i>Scopus</i>	I (A-H)	326	51	4	4
7	<i>Web Of Science</i>	I (A-F)	40	39	6	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Legenda para as palavras-chave (critério de busca):

I (A-F): Termos em inglês das palavras-chave: (A) *Quality*, (B) *Control*, (C) *Civil*, (D) *Construction*, (E) *On-Site* e (F) *Technology*.

I (A-H): Termos em inglês das palavras-chave: (A) *Quality*, (B) *Control*, (C) *Civil*, (D) *Construction*, (E) *On-Site*, (F) *Technology*, (G) *Data* e (H) *Collection*.

P (A-F): Termos em português das palavras-chave: (A) *Qualidade*, (B) *Controle*, (C) *Civil*, (D) *Construção*, (E) *Canteiro de Obras* e (F) *Tecnologia*.

P (A-H): Termos em português das palavras-chave: (A) *Qualidade*, (B) *Controle*, (C) *Civil*, (D) *Construção*, (E) *Canteiro de Obras*, (F) *Tecnologia*, (G) *Dados* e (H) *Coleta*.

Em relação às tecnologias encontradas nas publicações com temas condizentes (seleção final), pode-se destacar (em ordem decrescente de ocorrência) o que consta na Tabela 6.

Legenda para as publicações (referências):

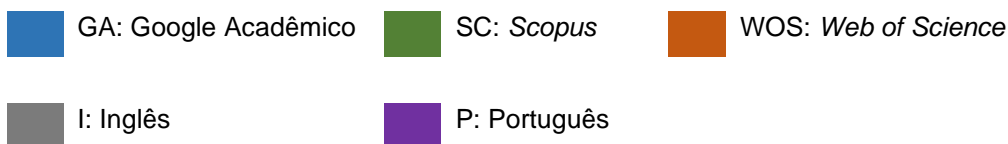
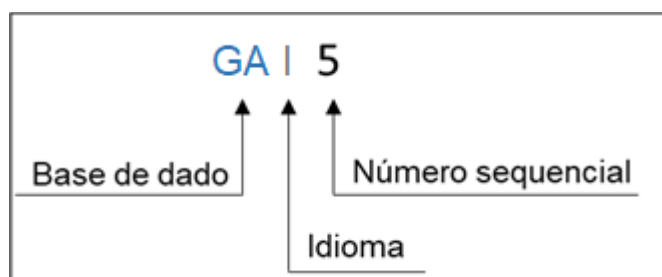


Figura 10: Exemplo para a codificação adotada como referência das publicações



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Das publicações selecionadas, nove apresentaram três ou mais tecnologias. A Tabela 7 apresenta quais foram as tecnologias e as publicações de referência que as citaram. As publicações (referências) foram destacadas conforme modelo Kanban para melhor visualização das informações.

Tabela 6: Tecnologias abordadas nas publicações selecionadas

Tecnologia	Quantidade	Publicação (Referência)
BIM	41	GA 5, GA 8, GA 10, GA 11, GA 13, GA 16, GA 17, GA 19, GA 20, GA 27, GA 31, GA 32, GA 34, GA 38, GA 39, GA 41, GA 42, GA 46, GA 49, GA 52, GA 53, GA 54, GA 55, GA 56, GA 61, GA 62, GA 63, GA P 72, GA P 76, GA P 77, GA P 78, GA P 80, SC 88, SC 89, SC 93, SC 97, SC 98, SC 100, SC 101, SC 104, WOS 106
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)	18	GA 6, GA 7, GA 14, GA 24, GA 29, GA 36, GA 52, GA 56, GA P 65, GA P 66, GA P 68, GA P 71, GA P 74, GA P 77, GA P 79, GA P 82, SC 96, SC 103
Radio Frequency Identification (RFID)	18	GA 1, GA 3, GA 5, GA 12, GA 22, GA 23, GA 30, GA 42, GA 51, GA 53, GA 54, GA 57, GA 58, GA 60, GA 61, GA P 70, SC 84, SC 87
Digitalização a laser e fotogrametria	16	GA 16, GA 21, GA 25, GA 30, GA 37, GA 40, GA 45, GA 47, GA 50, GA 54, GA 59, GA P 64, GA P 78, SC 88, SC 102, SC 104
Realidade Aumentada (AR)	13	GA 4, GA 10, GA 5, GA 19, GA 26, GA 28, GA 47, GA 52, GA 54, GA P 64, GA P 73, SC 88, SC 93
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	10	GA 5, GA 12, GA 30, GA 41, GA 44, GA 52, GA 54, GA 58, SC 84, SC 98
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)	9	GA 9, GA 18, GA 30, GA 33, GA 35, GA P 73, GA P 83, SC 92, SC 101
3D Laser Scanning (LS)	6	GA 5, GA 30, GA 54, GA P 64, SC 84, SC 94
Internet das Coisas (IoT)	4	GA 38, GA P 70, GA P 75, WOS 105
Realidade Virtual (VR)	4	GA P 72, GA P 73, SC 85, SC 88
Ultra-Wideband (UWB)	4	GA 5, GA 30, GA 42, GA 54
Código de barras	3	GA 5, GA 54, SC 84
FVS Digital	3	GA P 67, GA P 69, GA P 81
Tecnologia da Informação (TIC)	3	SC 86, SC 90, SC 95
Luz sistemas de detecção e alcance (LiDAR)	2	GA 2, SC 100
Detecção e alcance de laser (LADAR)	2	GA 2, GA 42
Blockchain	1	SC 91
Formulários via e-mail	1	GA 48
Image-based modelling	1	GA 5
Mineração de texto	1	SC 99
Realidade Mista (MR)	1	SC 85
Sistema Global de Navegação por Satélite (GLONASS)	1	GA 44
Streaming ao vivo de câmeras móveis	1	GA 43
Wireless Sensor Network (WSN)	1	GA 5

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 7: Publicações com três ou mais tecnologias

Publicação (Referência)	Tecnologias
GA 54	<ol style="list-style-type: none"> 1) BIM 2) Radio Frequency Identification (RFID) 3) Digitalização a laser e fotogrametria 4) Realidade Aumentada (AR) 5) Sistema de Posicionamento Global (GPS) 6) 3D Laser Scanning (LS) 7) Ultra-Wideband (UWB) 8) Código de barras
GA 5	<ol style="list-style-type: none"> 1) BIM 2) Radio Frequency Identification (RFID) 3) Sistema de Posicionamento Global (GPS) 4) 3D Laser Scanning (LS) 5) Ultra-Wideband (UWB) 6) Código de barras
GA 30	<ol style="list-style-type: none"> 1) Radio Frequency Identification (RFID) 2) Digitalização a laser e fotogrametria 3) Sistema de Posicionamento Global (GPS) 4) Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs) 5) 3D Laser Scanning (LS) 6) Ultra-Wideband (UWB)
GA 42	<ol style="list-style-type: none"> 1) BIM 2) Radio Frequency Identification (RFID) 3) Ultra-Wideband (UWB) 4) Detecção e alcance de laser (LADAR)
GA 52	<ol style="list-style-type: none"> 1) BIM 2) Dispositivos móveis (<i>smartphone</i> e <i>tablet</i>) 3) Realidade Aumentada (AR) 4) Sistema de Posicionamento Global (GPS)
SC 84	<ol style="list-style-type: none"> 1) Radio Frequency Identification (RFID) 2) Sistema de Posicionamento Global (GPS) 3) 3D Laser Scanning (LS) 4) Código de barras
SC 88	<ol style="list-style-type: none"> 1) BIM 2) Digitalização a laser e fotogrametria 3) Realidade Aumentada (AR) 4) Realidade Virtual (VR)
GA P 64	<ol style="list-style-type: none"> 1) Digitalização a laser e fotogrametria 2) Realidade Aumentada (AR) 3) <i>3D Laser Scanning (LS)</i>
GA P 73	<ol style="list-style-type: none"> 1) Realidade Aumentada (AR) 2) Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs) 3) Realidade Virtual (VR)

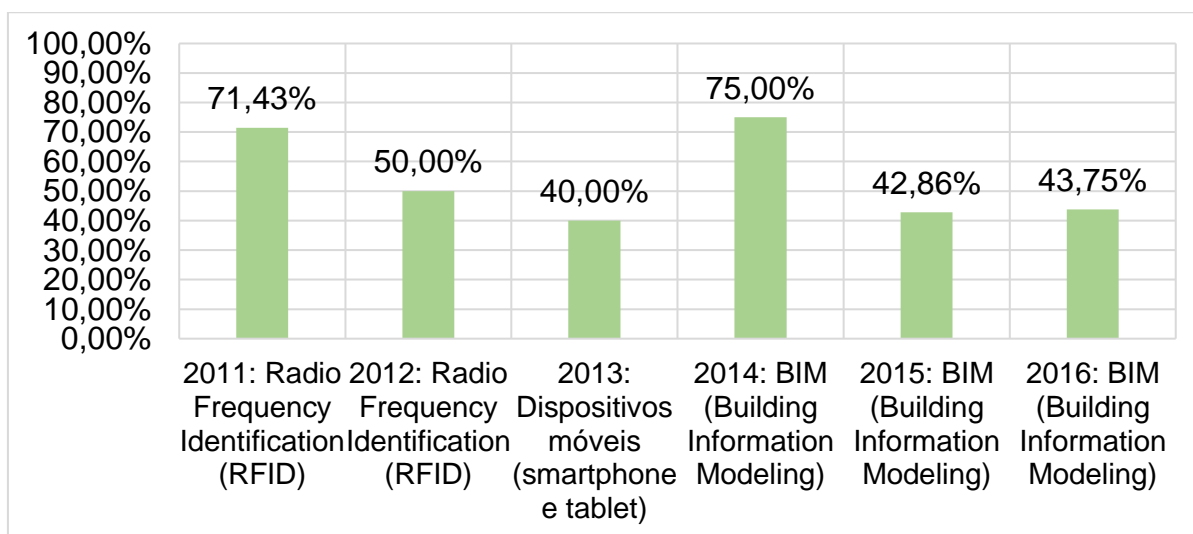
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Dessa forma, após a análise das publicações foi possível observar que algumas tecnologias podem ser utilizadas em conjunto, ou seja, a combinação de três ou mais

podem proporcionar benefício e múltiplas aplicações nos canteiros de obra. Na análise qualitativa, estes benefícios obtidos por meio da combinação das tecnologias serão abordados.

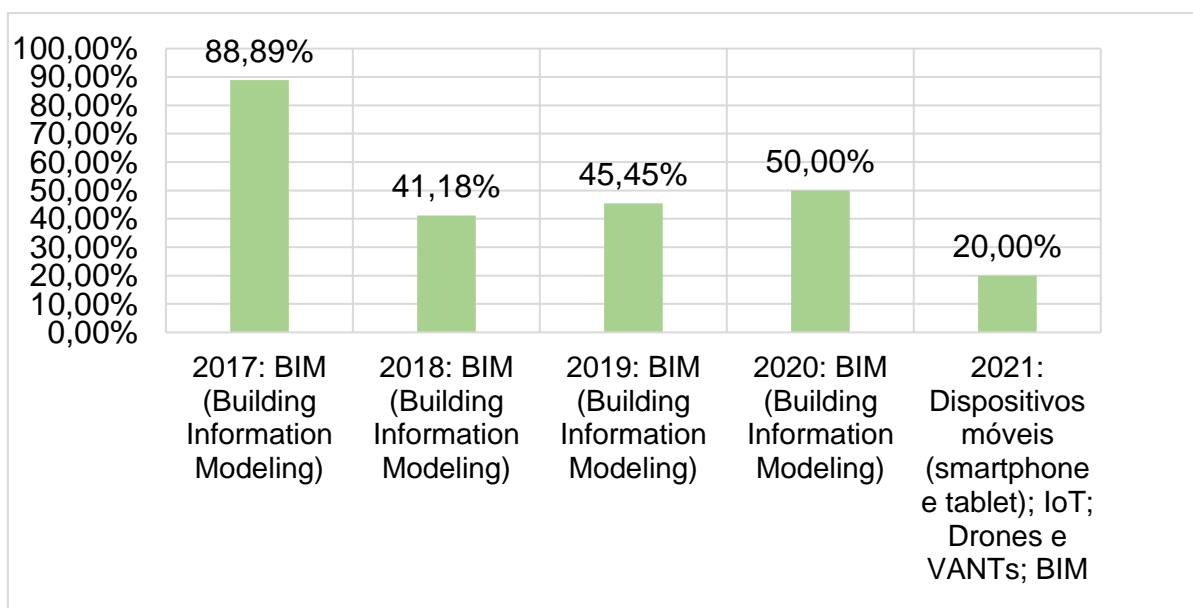
Por meio das publicações selecionadas, foi analisada qual tecnologia foi mais pesquisada pelo meio acadêmico em cada ano. Os resultados obtidos permitem acompanhar as tendências para cada ano ao longo do período analisado. O Gráfico 1 apresenta os resultados para o período 2011 a 2016 e o Gráfico 2 para o período 2017 a 2021.

Gráfico 1: Tecnologias de maior ocorrência nas publicações por ano (2011 - 2016)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Gráfico 2: Tecnologias de maior ocorrência nas publicações por ano (2017 - 2021)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Após a análise dos resultados, pode-se observar que a ferramenta BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção) foi a tecnologia mais pesquisada ao longo deste período, tendo início em 2014 até os dias atuais. Em 2021 o predomínio do BIM foi substituído por outras tecnologias emergentes que obteve destaque nos meios acadêmicos. Exemplos destas tecnologias foram a Internet das Coisas (*IoT*), dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*), muito utilizados com o retorno de trabalhos presenciais, devido à pandemia de Coronavírus (COVID-19) iniciada em 2020, e os veículos aéreos não tripulados (VANTs) usados em pesquisas com drones.

Quanto aos métodos de pesquisas utilizados nos artigos, na seleção das 106 publicações foram encontrados quatro tipos: estudo de caso, revisão bibliográfica, pesquisa-ação e pesquisa de levantamento. Algumas publicações possuíam mais de uma metodologia adotada. Os resultados obtidos, incluindo a ocorrência em porcentagem de cada metodologia encontrada, estão na Tabela 8.

Tabela 8: Metodologia das publicações selecionadas

Metodologia	Quantidade	Publicação (Referência)	Ocorrência
Estudo de caso	55	GA 5, GA 6, GA 7, GA 8, GA 11, GA 13, GA 14, GA 15, GA 16, GA 17, GA 19, GA 20, GA 22, GA 24, GA 25, GA 26, GA 27, GA 31, GA 33, GA 34, GA 35, GA 38, GA 44, GA 45, GA 46, GA 48, GA 50, GA 53, GA 55, GA 56, GA 57, GA 62, GA P 64, GA P 66, GA P 67, GA P 68, GA P 69, GA P 70, GA P 71, GA P 72, GA P 74, GA P 78, GA P 79, GA P 81, SC 85, SC 87, SC 93, SC 95, SC 98, SC 100, SC 102, SC 103, SC 104, WOS 105 e WOS 106	51,89%
Revisão bibliográfica	40	GA 1, GA 2, GA 3, GA 4, GA 9, GA 10, GA 12, GA 18, GA 21, GA 23, GA 28, GA 29, GA 30, GA 32, GA 36, GA 37, GA 39, GA 40, GA 41, GA 42, GA 43, GA 47, GA 51, GA 54, GA 58, GA 59, GA 60, GA 61, GA P 65, GA P 73, GA P 75, GA P 76, GA P 77, GA P 78, GA P 80, GA P 83, SC 84, SC 89, SC 90 e SC 100	37,74%
Pesquisa-ação	15	GA 49, GA 52, GA 63, GA P 65, GA P 77, GA P 82, SC 86, SC 88, SC 91, SC 92, SC 94, SC 96, SC 97, SC 99 e SC 101	14,15%
Levantamento	5	GA 5, GA 14, GA 31, GA P 65 e GA P 76	4,72%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

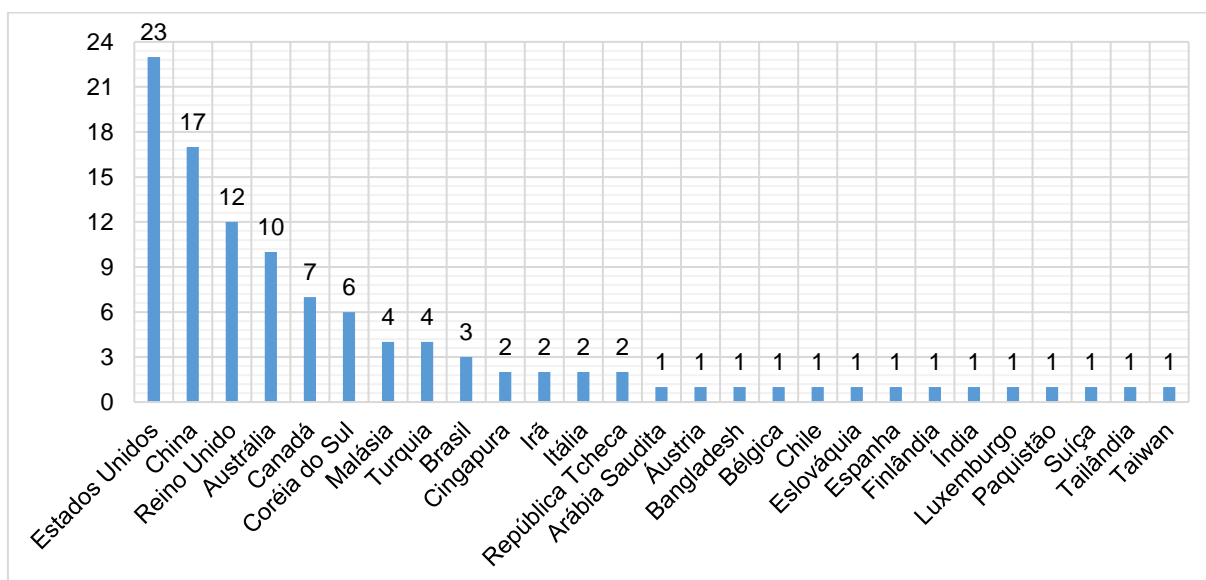
Em relação aos locais de aplicação das tecnologias, aproximadamente 92% das publicações encontradas apresentam o canteiro de obras como localidade. Como uma das palavras-chave inseridas na busca das publicações foi (E) *Canteiro de Obras*, em

português, ou (E) *On-Site*, em inglês, este resultado já era previsto. Dentre os demais locais encontrados, estão: construção de túneis, planta industrial, aplicações na arquitetura, engenharia e construção em geral, projetos de infraestrutura, indústria, habitação e edificação unifamiliar.

O porte das empresas apresentadas nas publicações cuja metodologia foi o estudo de caso não foi mencionado mesmo nos artigos que possuíam o nome da empresa cuja tecnologia foi aplicada. Os estudos se limitaram a informar a aplicação das tecnologias e citar o ambiente ou local. Neste estudo será adotada a classificação do IBGE por número de pessoas que trabalham na empresa para o porte da empresa, considerando a construção civil como indústria: micro (com até 19 empregados), pequena (de 20 a 99 empregados), média (100 a 499 empregados) e grande (mais de 500 empregados).

Com referência à origem das publicações internacionais, os países que mais realizaram contribuições ao meio acadêmico foram Estados Unidos, China e Reino Unido. Dentre os vinte e sete países identificados, o Brasil aparece em nona posição, com três publicações. O Gráfico 3 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 3: Países responsáveis pelas publicações internacionais

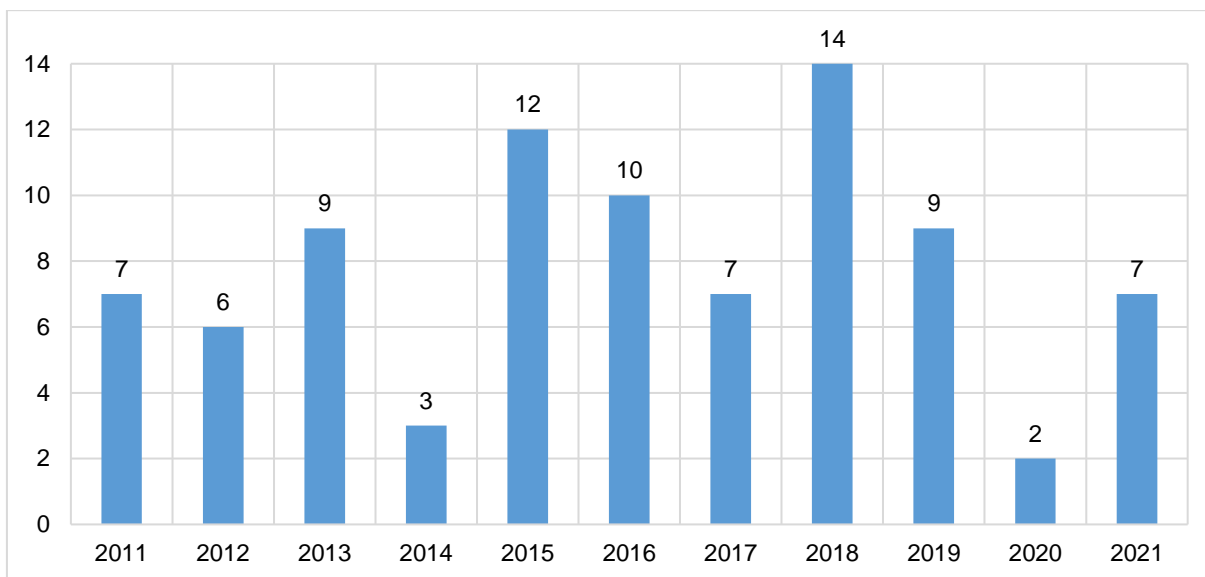


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Em relação a quantidade de publicações internacionais por ano, o Gráfico 4 apresenta a análise realizada. Em geral, a quantidade de publicações se manteve acima de cinco publicações, com exceção de 2014 e 2020 em que o número de

publicações encontradas foi muito abaixo em comparação com os demais anos, sendo três publicações em 2014 e duas em 2020.

Gráfico 4: Quantidade de publicações internacionais por ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Com referência aos meios de publicações internacionais, observa-se a predominância do *Journal Automation in Construction* da editora *Elsevier*, com 13 publicações. Na Tabela 9 são apresentados os demais meios que contêm duas ou mais publicações selecionadas.

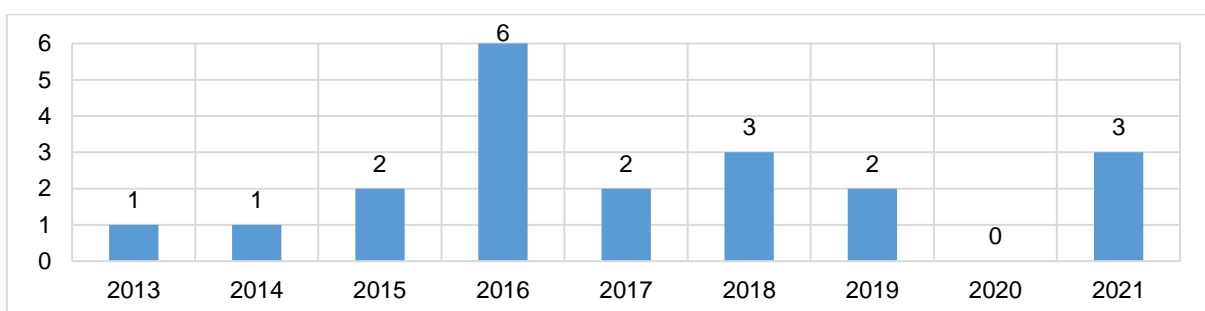
Tabela 9: Meios que originaram as publicações selecionadas

Meio de publicação	Editora	Quantidade
<i>Journal Automation in Construction</i>	<i>Elsevier</i>	13
<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	Sociedade Americana de Engenheiros Civis (ASCE)	6
<i>Journal of Computing in Civil Engineering</i>	Sociedade Americana de Engenheiros Civis (ASCE)	4
<i>Journal Advanced Engineering Informatics</i>	<i>Elsevier</i>	4
<i>Procedia Engineering</i>	<i>Elsevier</i>	3
<i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i>	<i>IOP Publishing</i>	2
<i>Journal of Management in Engineering</i>	Sociedade Americana de Engenheiros Civis (ASCE)	2
<i>Journal of Automation in Construction</i>	<i>Elsevier</i>	2
<i>Journal of Intelligent & Robotic Systems</i>	Springer Science e Business Media	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Em relação as publicações nacionais, observa-se que o início ocorreu em 2013, ou seja, dois anos após as publicações internacionais encontradas. Observa-se que em 2016 houve o maior número de trabalhos científicos relacionados ao tema pesquisado. Este expressivo aumento pode ser justificado pela queda da economia brasileira no ano anterior, impulsionando pesquisas relacionadas à implementação de tecnologias na construção civil, para redução de custos e aumento da eficiência. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (FGV) e o IBGE, em 2015 e 2016, o PIB brasileiro recuou 3,5% e 3,3%, respectivamente.

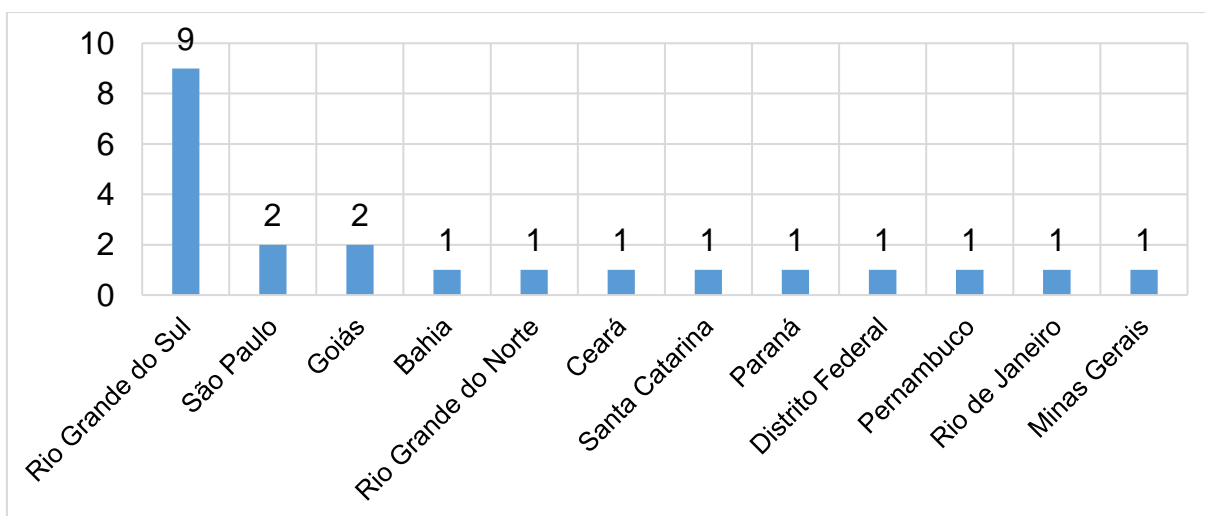
Gráfico 5: Publicações nacionais por ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No que diz respeito à origem das publicações nacionais, os estados brasileiros que tiveram o maior número foram: Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás. Em relação ao tipo de publicação nacional, observa-se que grande parte dos trabalhos são dissertações de mestrados ou trabalhos de conclusão de curso. O Gráfico 6 apresenta os resultados obtidos.

Gráfico 6: Publicações nacionais por estado



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No Apêndice A é apresentada a tabela na íntegra que foi utilizada para a análise quantitativa das publicações, contendo as informações: título original, título traduzido, autores, tecnologia, metodologia, local de aplicação, país, ano, meio de publicação, base de dado, critério de pesquisa e código para referência da publicação.

4.1.2 ANÁLISE QUALITATIVA

Dentre as publicações cuja metodologia adotada foi o estudo de caso, verificou-se quais tecnologias foram as mais pesquisadas com o intuito de investigar as vantagens e desvantagens/desafios para implementação enfrentados durante a utilização destas ferramentas em seus locais de aplicação. Dessa forma, constatou-se que das 55 publicações selecionadas 20 tecnologias foram destacadas. Destas, 11 foram citadas duas ou mais vezes e 9 foram citadas apenas uma vez. Portanto, foram escolhidas as 11 tecnologias mais citadas nas publicações de estudo de caso para a análise qualitativa dessas ferramentas em seus locais de aplicação. Na Tabela 10 são apresentadas as tecnologias encontradas nas publicações cuja metodologia foi o estudo de caso.

Tabela 10: Tecnologias encontradas nas publicações (estudo de caso)

Tecnologia	Quantidade	Publicação (Referência)
BIM	24	GA 5, GA 8, GA 11, GA 13, GA 16, GA 17, GA 19, GA 20, GA 27, GA 31, GA 34, GA 38, GA 46, GA 53, GA 55, GA 56, GA 62, GA P 72, GA P 78, SC 93, SC 98, SC 100, SC 104 e WOS 106
Dispositivos móveis (<i>smartphone e tablet</i>)	11	GA 6, GA 7, GA 14, GA 24, GA 56, GA P 66, GA P 68, GA P 71, GA P 74, GA P 79 e SC 103
Digitalização a laser e fotogrametria	8	GA 16, GA 25, GA 45, GA 50, GA P 64, GA P 78, SC 102 e SC 104
<i>Radio Frequency Identification (RFID)</i>	6	GA 5, GA 22, GA 53, GA 57, GA P 70 e SC 87
Realidade Aumentada (AR)	5	GA 15, GA 19, GA 26, GA P 64 e SC 93
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	3	GA 5, GA 44 e SC 98
Internet das Coisas (IoT)	3	GA 38, GA P 70 e WOS 105
Ficha de Verificação de Serviços (FVS) Digital	3	GA P 67, GA P 69 e GA P 81
<i>3D Laser Scanning (LS)</i>	2	GA 5 e GA P 64
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)	2	GA 33 e GA 35
Realidade Virtual (VR)	2	GA P 72 e SC 85

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Após a seleção das tecnologias da Tabela 10, foi realizada a análise qualitativa contendo as vantagens e desvantagens/desafios para implementação dessas ferramentas. Para a organização dessas informações, a análise das tecnologias *digitalização a laser e fotogrametria* e *3D Laser Scanning (LS)* foram agrupadas em um único item, visto que essas duas tecnologias se assemelham. Além disso, após a análise das publicações observou-se que as tecnologias *Sistema de Posicionamento Global (GPS)* e *Realidade Virtual (VR)* foram utilizadas em combinação com outras ferramentas.

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias

ITEM	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS / DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	PUBLICAÇÕES (REFERÊNCIA)
1	BIM	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria do gerenciamento e coordenação geral do projeto; - Economia significativa em gastos com tempo de equipe administrativa e de coordenação; - Melhoria na tomada de decisão; - Redução da ocorrência de omissão e negligência; - Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho; - Resolução rápida e racional de dúvidas relacionadas aos projetos, evitando desvios e retrabalho; - Eficiência no controle de qualidade; - Melhoria no registro de defeitos; - Realização de inspeções no local por meio de dispositivos móveis; - Colaboração de pessoas e partes por meio de plataformas digitais; - Facilidade de comunicação, resoluções rápidas e eficazes no local; - Redução do tempo gasto nas inspeções; - Transferência de todos os dados armazenados durante a construção para os próximos processos; - Eliminação do tempo gasto com excesso de uso de papel; - Melhoria das ações necessárias para resolução de não conformidades; - Simplificação da integração dos procedimentos de Garantia de Qualidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Investimento inicial significativo (altos custos de ferramentas digitais sofisticadas, por exemplo, software BIM, tablets móveis etc., e educação / treinamento; - Necessita de leitores portáteis para identificação dos elementos; - A precisão do registro de informações de defeitos é afetada pelos diferentes níveis de desenvolvimento do modelo BIM; - Falta de benefícios claros (benefícios obtidos versus custos de implementação); - Desapoio da cultura organizacional; - Falta de profissionais experientes em BIM; - Ausência de conscientização organizacional sobre a importância do BIM. 	<p>GA 8, GA 13, GA 20, GA 34, GA 56, GA P 72, SC 93</p>

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias

(continuação)

ITEM	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS / DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	PUBLICAÇÕES (REFERÊNCIA)
2	Dispositivos móveis (<i>smartphone</i> e <i>tablet</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição dos problemas relacionados à excessiva documentação física; - Diminuição do tempo de transferência para obter os formulários de inspeção assinados; - Realização de inspeções no local com anotações em formulários, marcações de desenho, referências de documentos e fotografias; - Relato imediato aos responsáveis sobre qualquer defeito ou trabalho não aprovado; - Diminuição do tempo de espera para trabalhos posteriores; - Redução de visitas desnecessárias dos trabalhadores de campo ao escritório; - Facilitação e agregação de valor para gestão da qualidade por meio da coleta e registro das informações; - Realização do monitoramento no local; - Gerenciamento de tarefas; - Compartilhamento de informações em tempo real; - Redução no tempo de construção; - Redução no tempo para adquirir informações do projeto; - Redução no custo de construção; - Reporte de problemas relacionados ao controle da Qualidade; - Reporte de resultados de inspeção; - Redução de defeitos, retrabalho e desperdícios; - Aumento da produtividade; - Aumento da previsibilidade; - Gerenciamento automático das informações; 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de atualização constante de tais dispositivos, acompanhando as inovações correntes no mercado; - Infraestrutura de telecomunicação que dê suporte à rede de aplicações; - Fragilidade dos dispositivos às condições físicas da indústria da construção, como por exemplo: temperatura, umidade, poeira, etc; - Complexidade e custo do desenvolvimento de aplicativos móveis; - Necessidade de focar nos requisitos dos usuários; - Necessidade de integração com os aplicativos existentes; - Necessidade de adaptação do conteúdo para caber em vários tipos de dispositivos e a escolha de tecnologias sem fio; - Necessidade de simplificar o sistema de informações; - Falta de conhecimento de TI; - Necessidade de exploração do potencial da computação móvel na indústria de construção; - Necessidade de adoção ampla das tecnologias de computação móvel pelas empresas de construção; 	GA I 7, GA I 55, GA I 56, GA I 24, GA P 66, GA P 68, GA P 74

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias

(continuação)

		<ul style="list-style-type: none"> - Redução das atividades que não agregam valor, como o processo de digitação das informações para uso posterior; - Melhoria do atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos em projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Carência de investimento em computadores móveis, incluindo o tamanho e a visibilidade da tela, a capacidade de processamento e o método de entrada; - Falta de percepção do retorno sobre o investimento pelos gestores; - Ausência de exemplos específicos de adoção bem sucedida no setor; - Resistência ao uso dos dispositivos por parte dos envolvidos no controle da produção. 	
3	Digitalização a laser e fotogrametria / 3D Laser Scanning (LS)	<ul style="list-style-type: none"> - Controle de qualidade robusto e automatizado; - Entrega de modelos BIM verdadeiros <i>as-built</i>; - Identificação com eficiência dos potenciais defeitos de construção; - Apoio do controle de qualidade em tempo real; - Redução do número de horas de trabalho exigidas da equipe de controle da qualidade; - Economia de tempo pela criação automática do estado do projeto em tempo real; - Comparação automática na detecção de desvios de progresso; - Atualização do cronograma do processo restante; - Inspeção visual remota; - Operação de custo eficaz; - Tomada de decisão remota; - Minimização de erros e aprimoramento da colaboração entre as equipes de engenharia e arquitetura; - Coleta de grandes quantidades de dados em um curto espaço de tempo (opção adequada para projetos de infraestrutura e grande escala). 	<ul style="list-style-type: none"> - Inviabilidade para aplicação em pequenas e médias empresas, devido à curva de aprendizagem para a técnica de varredura a laser ser bem acentuada; - A maior parte do processo de modelagem ainda é manual, tornando-os mais suscetíveis a erros de interpretação humana; - Dificuldade de modelagem em alguns casos, como por exemplo, em superfícies pretas e regiões de janela (no caso de edificações); - Limitação de utilização relacionada ao controle de qualidade, pois os modelos não são executados em alta precisão. 	GA 16, SC 100, GA 45; GA 5, GA 50

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias
(continuação)

ITEM	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS / DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	PUBLICAÇÕES (REFERÊNCIA)
4	Radio Frequency Identification (RFID)	<ul style="list-style-type: none"> - Desempenho confiável; - Forte anti-interferência; - Baixa carga de computação do processamento de dados do sensor em tempo real, pois pode ser transferida para um servidor em nuvem; - Melhoria da gestão de materiais; - Meio rápido e confiável de identificação e registro de diversos itens; - Reutilização das etiquetas RFID e resistência à ambientes adversos; - Amplo intervalo de identificação sem contato: de 1 cm a 1 km; - Permite a leitura de várias informações ao mesmo tempo; - Confiabilidade de leitura expressiva e durabilidade; - Armazenamento massivo de dados; - Alto nível de segurança de dados; - Aumento no desenvolvimento de etiquetas RFID acessíveis nos últimos anos; - Redução significativa da quantidade de tempo e dinheiro gasto no gerenciamento de arquivos em meio físico (papel). 	<ul style="list-style-type: none"> - A cobertura da rede RFID está sujeita ao alcance das antenas individuais e do seu layout; - Baixo conhecimento da tecnologia pelos trabalhadores; - Necessidade de leitores e etiquetas; - Trabalho extra de etiquetagem dos elementos; - Possibilidade de perda ou roubo das etiquetas, causando desaparecimento de dados; - Distorção do sinal em locais profundos, cantos irregulares ou com várias etiquetas trabalhando próximas a um mesmo local; - Necessidade de um trabalho adicional para marcar, ler, transferir e analisar dados e relatar problemas; - Necessidade de treinamento e orientação aos envolvidos. 	GA 11, GA 53, GA 57

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias
(continuação)

ITEM	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS / DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	PUBLICAÇÕES (REFERÊNCIA)
5	Realidade Aumentada (AR)	<ul style="list-style-type: none"> - Auxilia no progresso e controle de qualidade; - Melhoria na visualização de projetos; - Agilidade nos processos; - Eliminação de dúvidas ou dificuldades de se obter informações dos projetos; - Monitoramento do progresso do processo da construção; - Avaliação do local pré-construção; - Inspeções e análises realizadas no local, em tempo real, de forma mais prática, eficaz e a um custo baixo; - Melhoria dos fluxos de trabalho, como planejamento no local, captura de dados e levantamento por meio de visualizações interativas no local; - Visualização imediata de geometrias de visualização e correção / levantamento dos objetos geoespaciais (planejados). 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto custo das tecnologias; - Desconhecimento em relação à ferramenta utilizada; - Necessidade de quantidade considerável de codificação; - Demora para integração com o BIM; - Necessidade de mais pesquisas e aplicações para se tornarem mais precisos, versáteis quanto aplicabilidade e acessíveis financeiramente às construtoras; - Problemas de transferência de informações entre plataformas; - Dificuldade em obter um alinhamento preciso entre os dados do mundo virtual e real; - Exigência do uso de conexão wi-fi; - Dificuldade de estabilização do conteúdo de um modelo em escala real; - Dificuldade na precisão da localização do modelo no local. 	<p>GA 13, GA 15, GA 19, GA 26, GA P 72, GA P 64, SC 85</p>
6	Sistema de Posicionamento Global (GPS)	<p>Não foram encontradas vantagens exclusivas da utilização desta tecnologia, pois ela é uma tecnologia de suporte. Dessa forma, suas vantagens estão na utilização combinada com outras tecnologias, como: BIM, Radio Frequency Identification (RFID) e digitalização a laser.</p>	<p>Não foram informados nas publicações analisadas.</p>	<p>-</p>

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias
(continuação)

ITEM	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS / DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	PUBLICAÇÕES (REFERÊNCIA)
7	Internet das Coisas (IoT)	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria na coleta de dados, com informações mais completas; - Suporte de decisão automática; - Facilidade no rastreamento de status, localização, qualidade e custo dos elementos pré-fabricados; - Facilidade na colaboração horizontal e vertical; - Melhoria do desempenho e eficiência de trabalho pelo processamento e análise dos dados coletados; - Integração entre as inspeções de qualidade realizadas e o pagamento dos serviços; - Diminuição do tempo gasto com atividades de gestão; - Diminuição de retrabalhos; - Aumento da produtividade da obra em geral; - Diminuição do tempo gasto na supervisão de atividades. 	Não foram informados nas publicações analisadas.	GA 38, GA P 70, WOS 105

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias
(continuação)

ITEM	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS / DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO	PUBLICAÇÕES (REFERÊNCIA)
8	FVS Digital	<ul style="list-style-type: none"> - Geração automática de relatórios das fichas de verificação de serviço e das não conformidades; - Gestão ágil e encaminhamento dos problemas diagnosticados para os respectivos responsáveis pela resolução; - Otimização do processo de controle de qualidade; - Correlação das não conformidades geradas ao longo da obra com os impactos no cronograma e do orçamento; - Monitoramento em tempo real, facilitando a gestão e aumentando a confiabilidade das informações para a tomada de decisão; - Transferência de informações a partir do campo para o escritório de forma muito mais rápida que os sistemas tradicionais, baseados em papel; - Melhoria da qualidade e integridade dos dados, pois menos erros são feitos durante o processo de registro e transporte de dados; - Otimização do fluxograma do processo de aplicação da FVS; - Redução do tempo despendido para aplicação e aumento da praticidade na aplicação; - Mitigação de manifestações patológicas decorrentes do processo construtivo; - Registro de fotos, vinculação do cronograma e o orçamento diretamente in loco; 	<p>Não foram informados nas publicações analisadas.</p>	<p>GA P 67, GA P 68, GA P 69, GA P 81</p>

Tabela 11: Vantagens, desvantagens e desafios para implementação das tecnologias
(continuação)

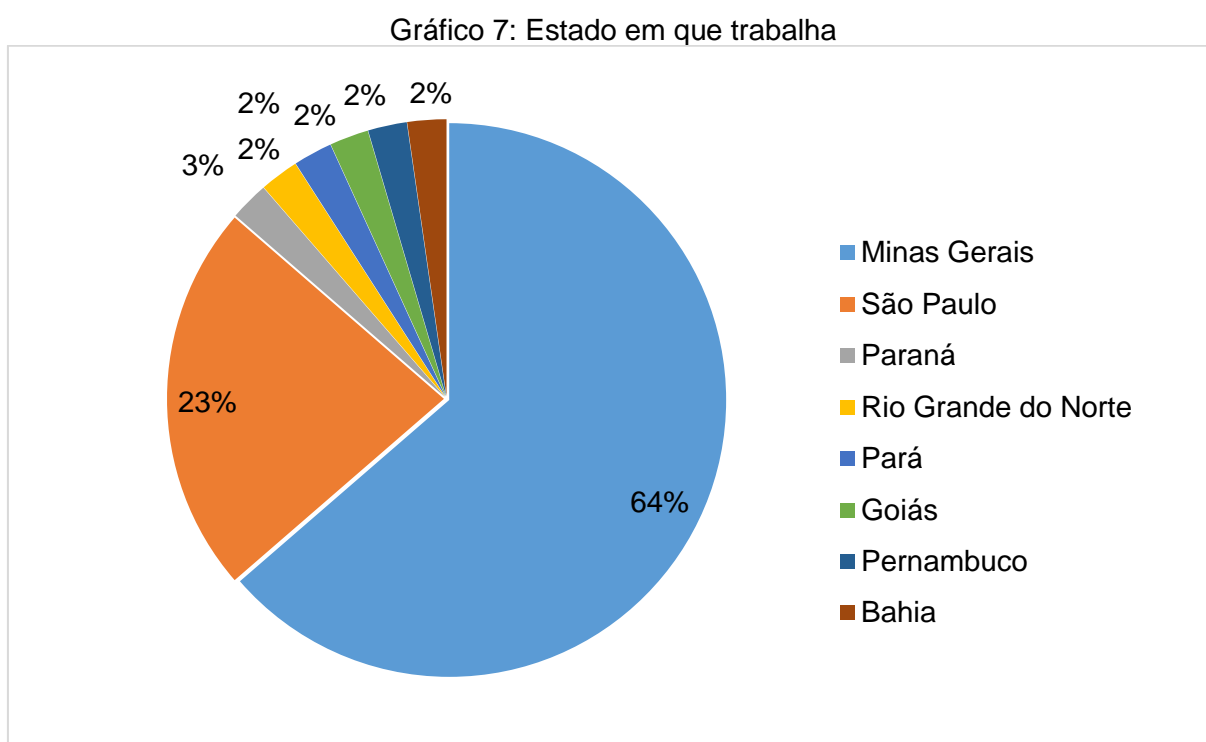
		<ul style="list-style-type: none"> - Eliminação do retrabalho de transmissão das informações em meio físico para o meio digital; - Monitoramento em tempo real dos indicadores e o acompanhamento das atividades executadas pelos gestores; - Facilidade na comunicação entre os envolvidos, de modo a concentrar as informações; - Armazenamento de forma eficaz, organizada e segura; - Eliminação dos custos de desperdícios referente ao retrabalho e aos papéis gastos anteriormente. 		
9	Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de um sistema de relatório e monitoramento de construção inteligente totalmente automatizado com base em dados em tempo real; - Redução significativa do esforço necessário no monitoramento de construção tradicional e procedimentos de relatório; - Comparação entre o modelo de <i>drone</i> (construído) e o modelo BIM (projetado); - Possibilidade de inspeção em locais de difícil acesso e/ou inseguros; - Utilização dos equipamentos em vários outros projetos sem custo significativo, pois o custo de aquisição é único. 	<ul style="list-style-type: none"> - Distração da equipe do canteiro de obras durante os trabalhos com os voos dos equipamentos, ocasionando condições inseguras; - Necessidade de solicitar às agências regulatórias autorização para utilizar estes equipamentos, destacando as características da operação e sua finalidade; - Custos relativos à implementação, como: obtenção da autorização necessária para uso, aquisição do equipamento, treinamento dos responsáveis pela operação ou pagamento de um serviço para operar o equipamento e os custos de seguro. 	GA 33, GA 35
10	Realidade Virtual (VR)	Não foram encontradas vantagens exclusivas da utilização desta tecnologia, pois é uma tecnologia de suporte. Dessa forma, suas vantagens estão na utilização combinada com outras tecnologias, como: BIM.	Não foram informados nas publicações analisadas.	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.2 ETAPA B - COLETA DE DADOS (QUESTIONÁRIO)

O questionário foi aplicado entre setembro e novembro de 2021, de forma *on-line* e remota por meio da plataforma *Google Forms*®. A previsão inicial objetivava 50 respostas, entretanto 44 respondentes participaram da pesquisa. A estruturação do questionário foi feita em três partes, de acordo com o intuito de cada seção. Os resultados da primeira parte, em que constam perguntas sobre o perfil do respondente e da empresa, estão relacionados nos gráficos a seguir.

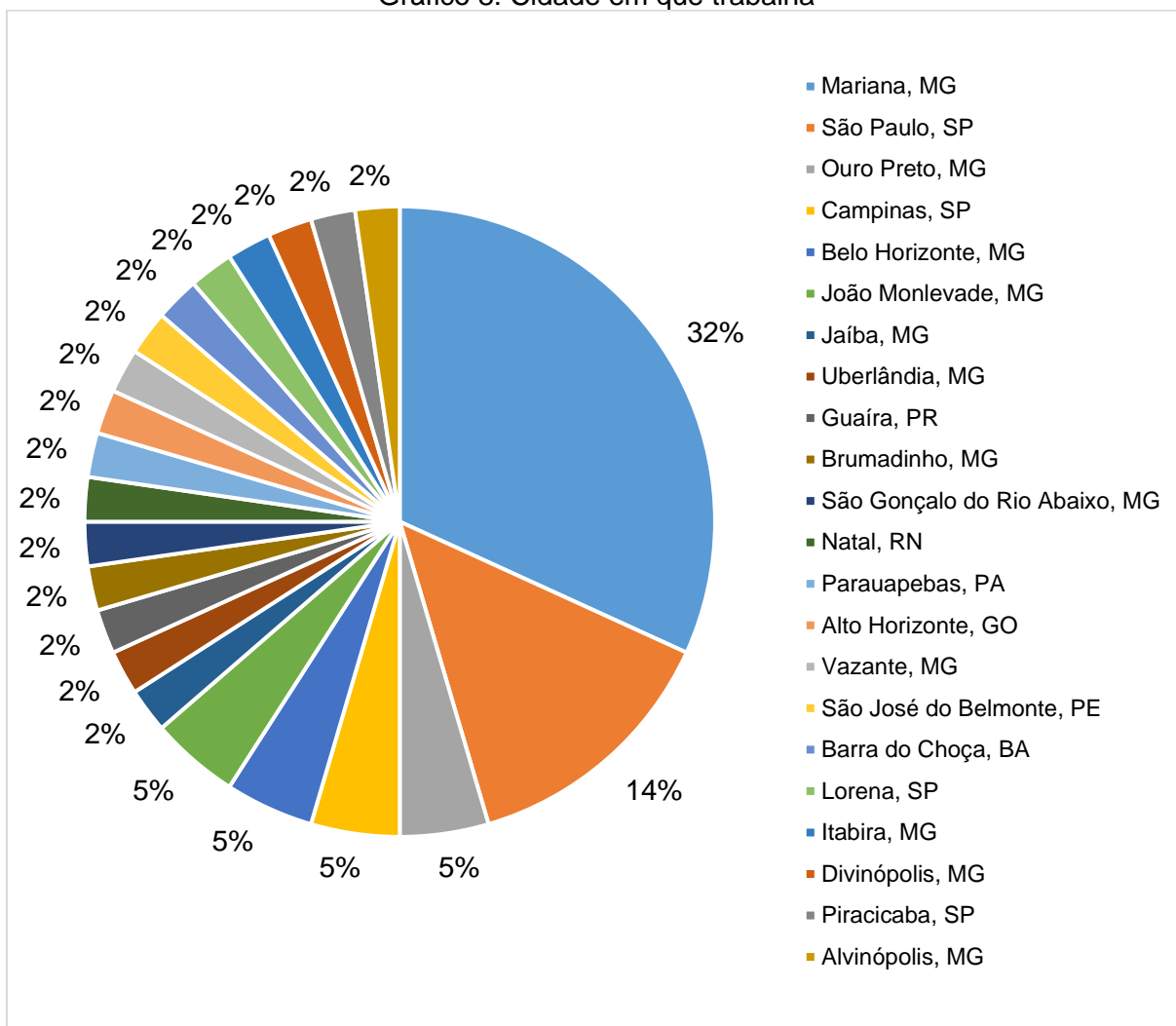
Em relação à localização no Brasil em que os profissionais trabalham é possível observar, conforme o Gráfico 7, que cerca de dois terços trabalham em Minas Gerais, seguido por São Paulo, Paraná e Rio Grande do Norte.



Fonte: Respostas do questionário (2021)

No que se refere a cidade, o Gráfico 8 apresenta os resultados obtidos. Pode-se observar que a cidade de Mariana, MG, apresenta um terço dos respondentes, seguida por São Paulo, SP, com cerca de 1/8 dos participantes.

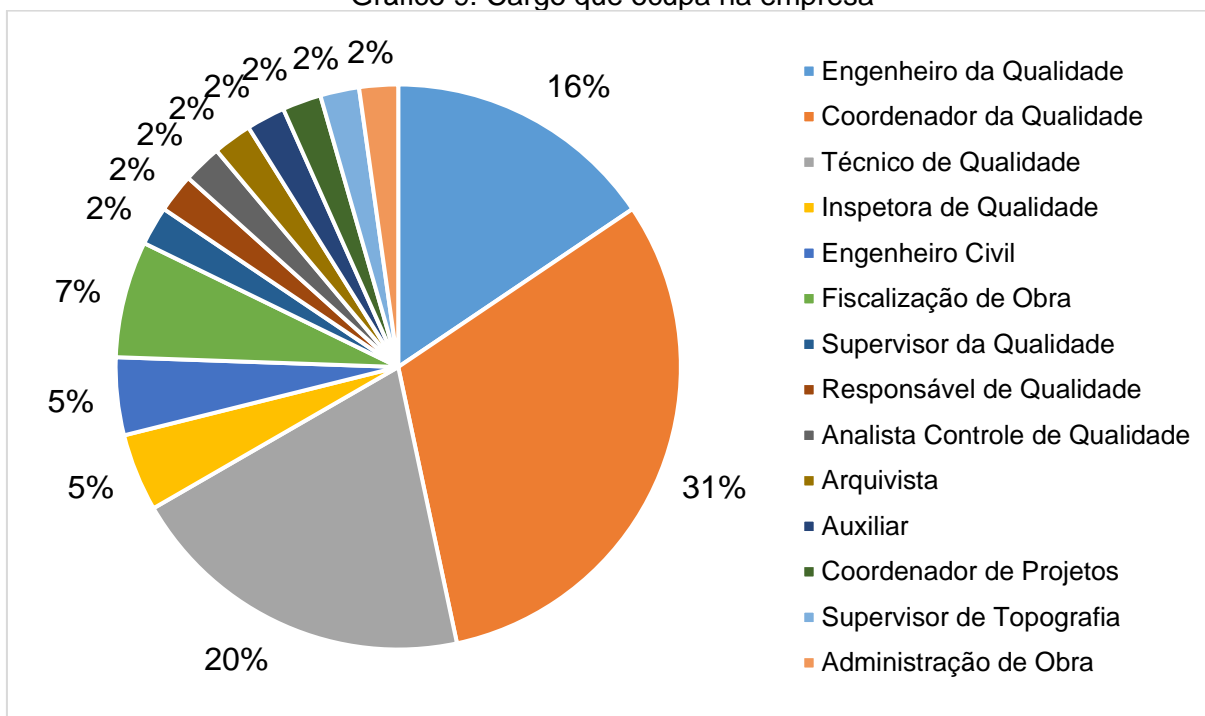
Gráfico 8: Cidade em que trabalha



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação ao cargo que ocupa na empresa, o Gráfico 9 apresenta os resultados obtidos. A função “*Coordenador da Qualidade*” foi a mais respondida com aproximadamente 1/3 dos participantes, seguida por “*Técnico de Qualidade*” com 1/5 das respostas.

Gráfico 9: Cargo que ocupa na empresa

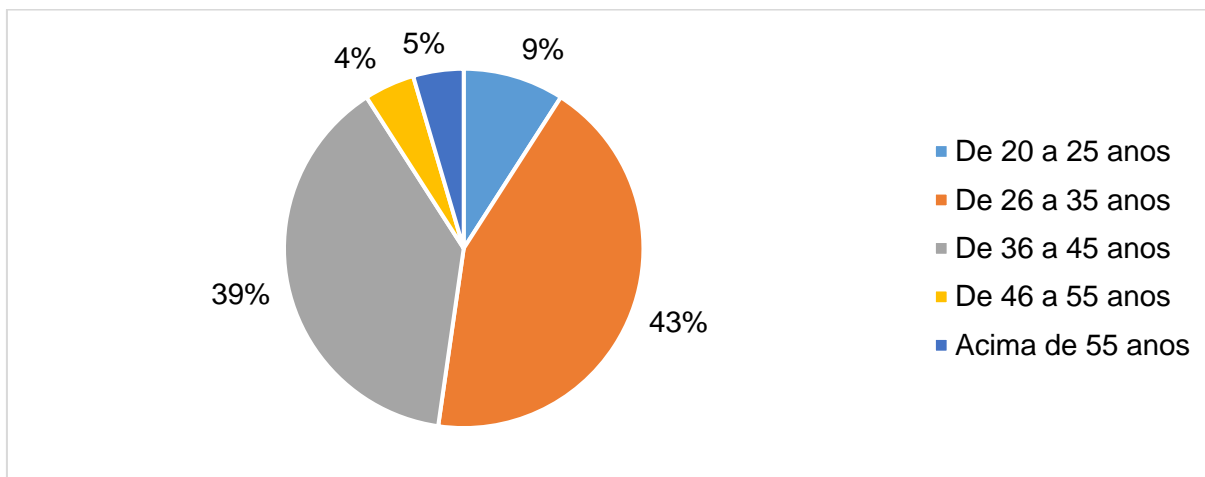


Fonte: Respostas do questionário (2021)

No que se refere às empresas, dos 44 respondentes, 11 não identificaram as empresas em que trabalham. Das 33 respostas restantes, foram identificadas 28 empresas diferentes. Conforme informado no questionário, os nomes das empresas serviram apenas para organizar as informações e não serão divulgados na pesquisa.

Em relação à faixa etária, o Gráfico 10 apresenta os resultados obtidos. A faixa etária “De 26 a 35 anos” foi a mais obtida, com 43% das respostas. Em seguida, a faixa etária “De 36 a 45 anos” obteve 39% das respostas. Dessa forma, a faixa etária entre 26 a 45 anos corresponde a mais de 80% dos respondentes.

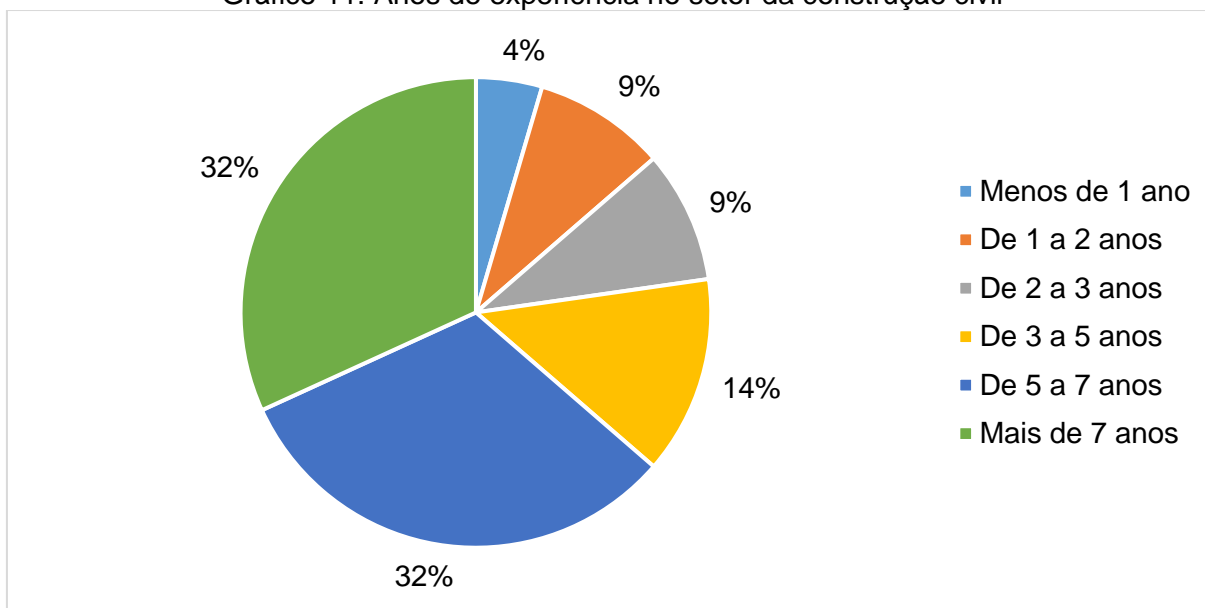
Gráfico 10: Faixa etária



Fonte: Respostas do questionário (2021)

No que se refere ao tempo de experiência no setor da construção civil, o Gráfico 11 apresenta os resultados. Cerca de 32% dos respondentes possuem de cinco a sete anos de experiência, seguido por 32% que possuem mais de sete anos de experiência no setor da construção civil.

Gráfico 11: Anos de experiência no setor da construção civil

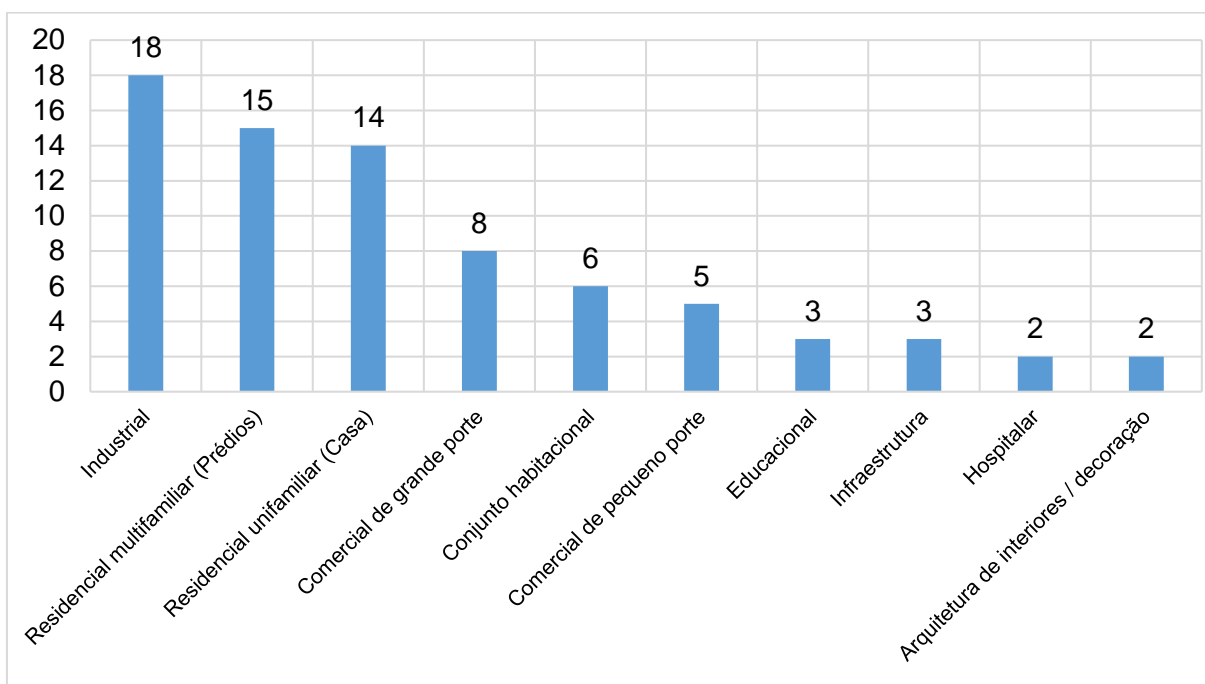


Fonte: Respostas do questionário (2021)

Quando questionado para quantas empresas o respondente presta serviço ou quantos canteiros de obras (dentro da mesma empresa) ele acompanha durante um ano, 36,36% dos respondentes disseram acompanhar “*apenas uma*”, 22,73% “*De 2 a 3*” canteiros de obra, seguido por 20,45% que responderam “*Mais de 5 canteiros de obras*”.

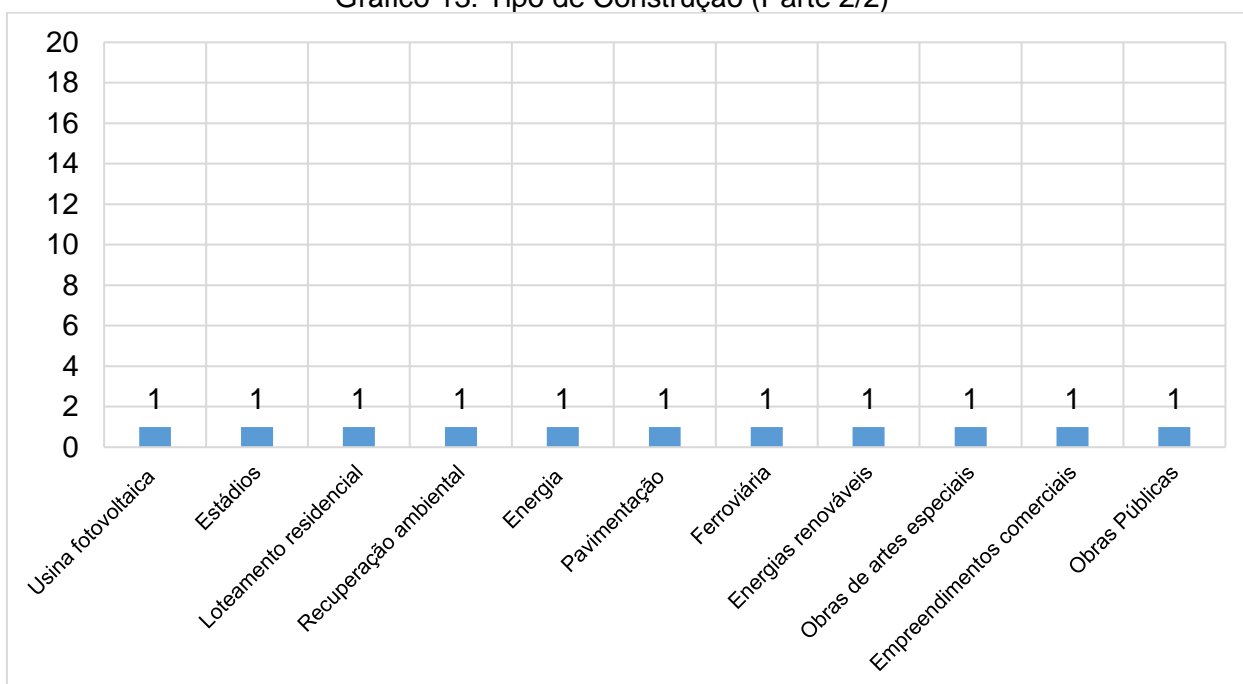
Em relação ao tipo de construção executada nos locais de trabalho dos respondentes, 18 são do tipo “*Industrial*”, ou seja cerca de 20,69%. Em seguida, estão os tipos “*Residencial Multifamiliar (Prédios)*”, com cerca de 17,24% e “*Residencial Unifamiliar (Casa)*”, com 16,09% (Gráfico 12). Os demais resultados estão no Gráfico 13.

Gráfico 12: Tipo de Construção (Parte 1/2)



Fonte: Respostas do questionário (2021)

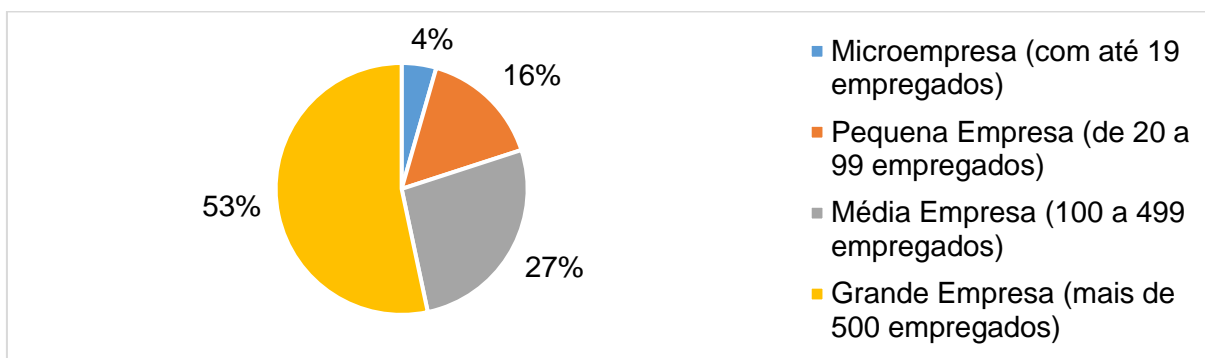
Gráfico 13: Tipo de Construção (Parte 2/2)



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação ao tamanho da empresa, o Gráfico 14 apresenta os resultados encontrados. Mais de metade dos respondentes informaram trabalhar em uma grande empresa, com mais de 500 empregados. Em seguida, está a média empresa (entre 100 e 499 empregados), com 27% das respostas.

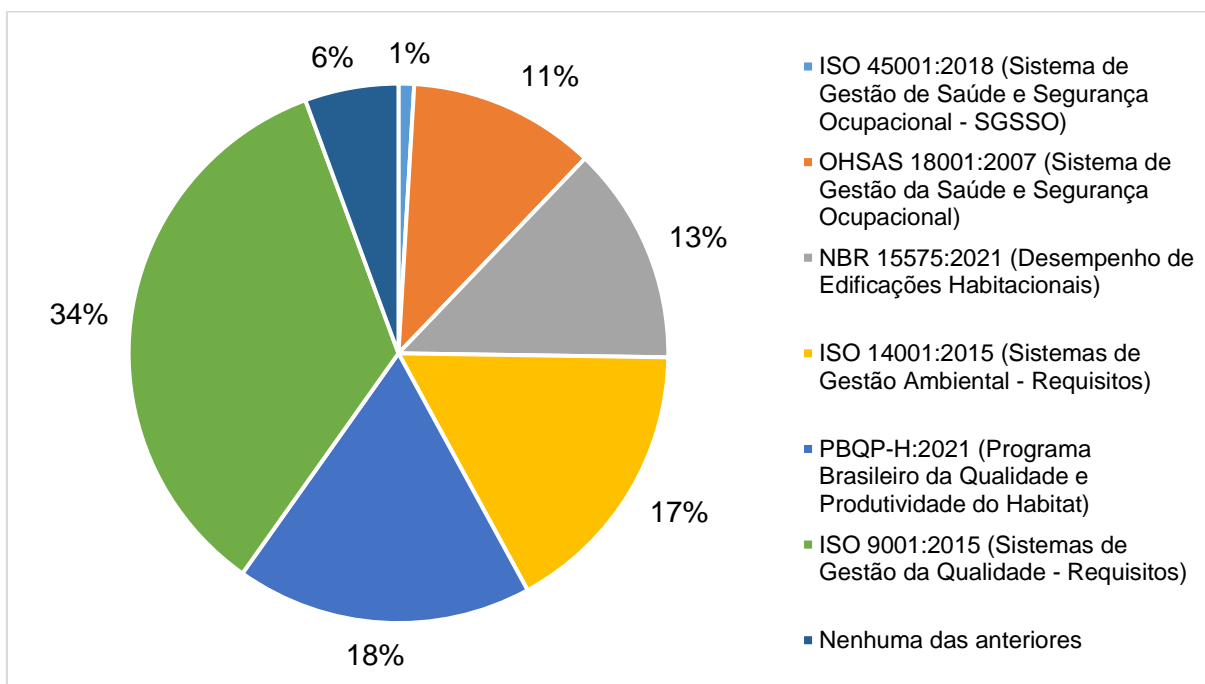
Gráfico 14: Tamanho da empresa



Fonte: Respostas do questionário (2021)

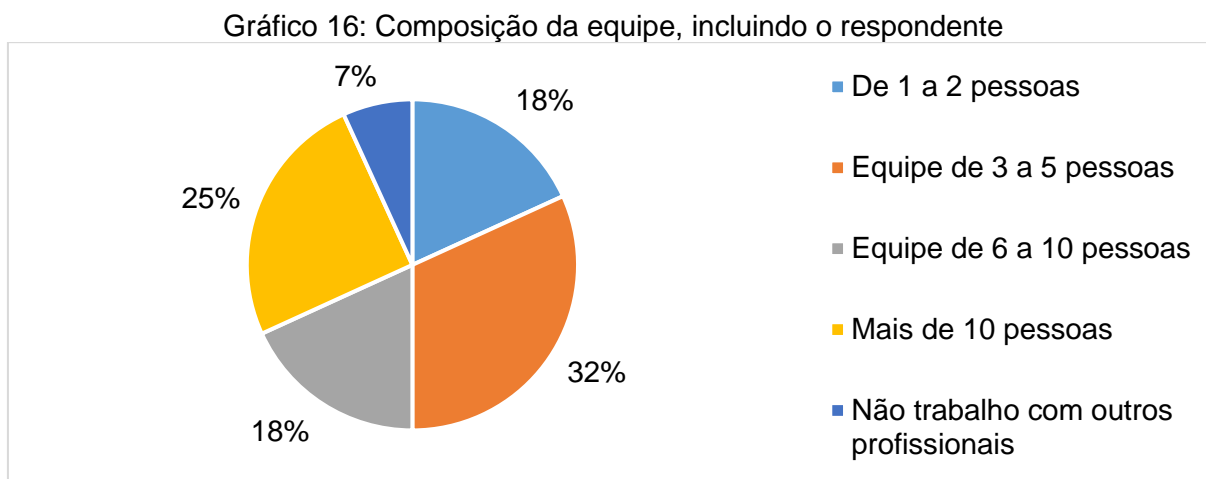
Com referência à certificação das empresas, das 44 respostas, 38 respondentes informaram que a empresa onde trabalham possuem certificação. Dessas, 8 possuíam apenas uma certificação, a *ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos)*. As 30 empresas restantes possuíam mais de uma certificação. Pode-se observar que 11% das empresas possuem a certificação OHSAS 18001:2007 e apenas 1% possui a certificação ISO 45001:2018, isso ocorre devido à substituição da norma OHSAS 18001:2007 pela ISO 45001:2018. Dessa forma, as empresas que possuem a OHSAS 18001:2007 implementada tem até três anos para migração para a nova norma. O Gráfico 15 apresenta todas as certificações informadas e a quantidade encontrada.

Gráfico 15: Certificações das empresas



Fonte: Respostas do questionário (2021)

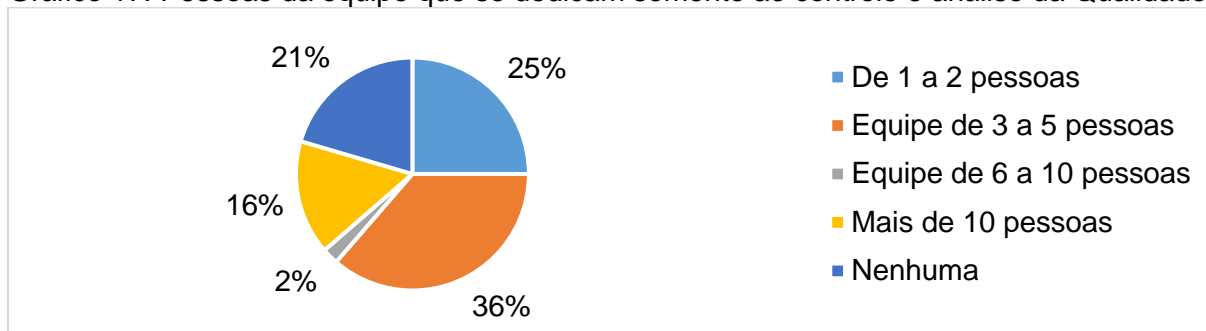
Em relação à composição da equipe, o resultado do número de pessoas, incluindo o respondente está no Gráfico 16. Observa-se que 1/3 dos respondentes informaram que a equipe é formada entre 3 a 5 pessoas, seguida de 26% dos respondentes que informaram trabalhar com mais de 10 pessoas.



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Quando questionado quantas destas pessoas que compõe a equipe se dedicam somente ao controle e análise da Qualidade, os respondentes informaram o que consta no Gráfico 17. Aproximadamente 2/5 informaram possuir entre 3 e 5 pessoas dedicadas exclusivamente à Qualidade. Em seguida, aproximadamente 1/4 informaram que há apenas 1 ou 2 pessoas responsável somente ao controle e análise da Qualidade dentro da equipe.

Gráfico 17: Pessoas da equipe que se dedicam somente ao controle e análise da Qualidade

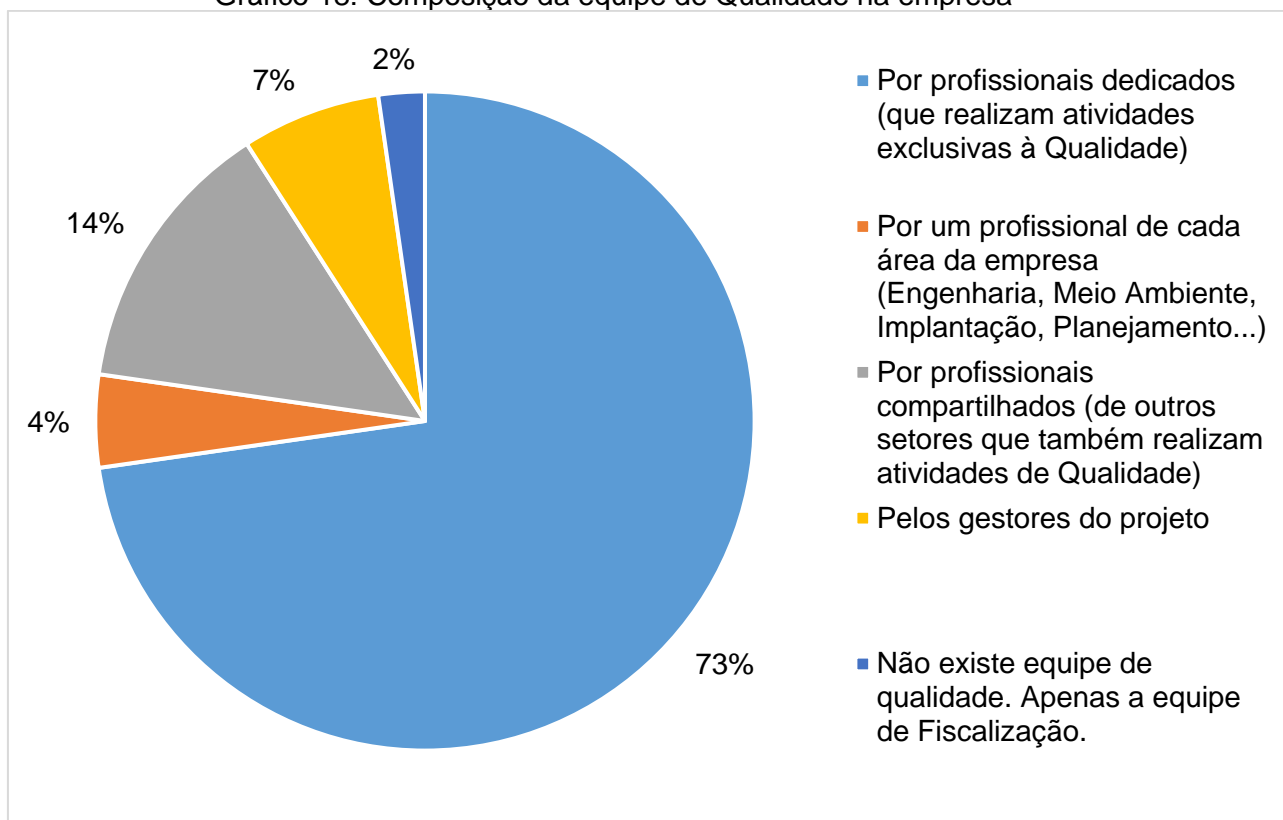


Fonte: Respostas do questionário (2021)

A última pergunta da primeira seção questionou a composição da equipe de Qualidade nas empresas. Os respondentes informaram o que consta no Gráfico 18. Cerca de 74% das respostas apontaram que a equipe de Qualidade é formada por profissionais dedicados, ou seja, que realizam atividades exclusivas à Qualidade.

Esse resultado está em consonância com a pergunta anterior, em que a soma das opções existentes relacionadas às pessoas que se dedicam somente ao controle e análise da Qualidade foi igual a 75% dos respondentes. Em seguida, com 12% das respostas, os respondentes revelam que a equipe é formada por profissionais compartilhados, ou seja, de outros setores que também realizam atividades de Qualidade.

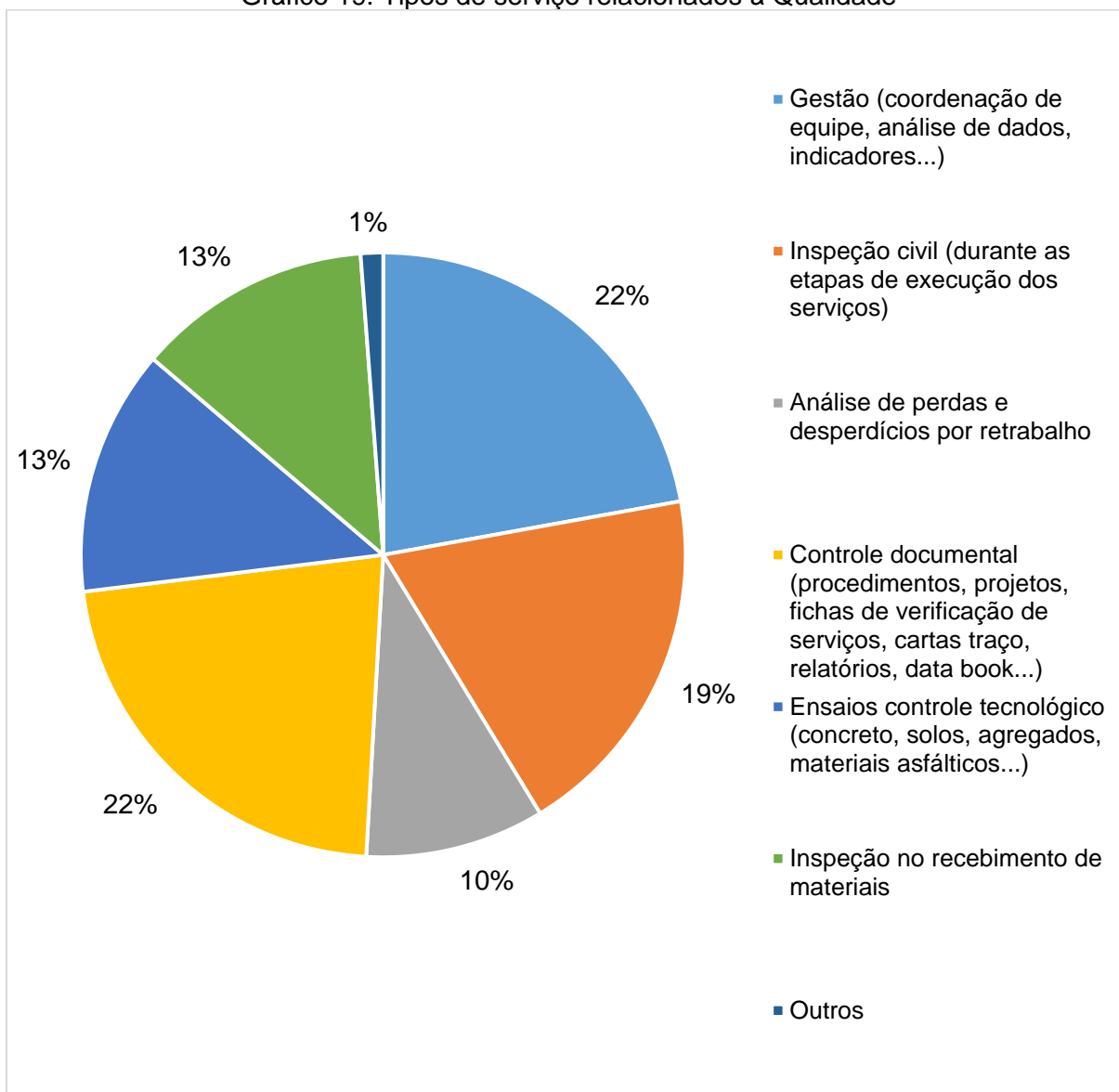
Gráfico 18: Composição da equipe de Qualidade na empresa



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Na segunda seção, foi questionada as atividades da Qualidade executadas no canteiro de obras incluindo perguntas relacionadas ao tipo de serviço, ferramentas, dificuldades/deficiências, eficiência, retrabalho, instrumentos de monitoramento, problemas e tecnologias envolvidas no processo. A primeira pergunta desta seção, questionou quais tipos de serviço relacionados à Qualidade o respondente realizava, com possibilidade de marcar mais de uma resposta. O Gráfico 19 apresenta os resultados obtidos. É possível observar que as atividades de gestão e controle documental são as duas mais exercidas pelos respondentes e somadas correspondem a quase metade das respostas obtidas. De modo geral, a distribuição dos demais serviços relacionados à Qualidade foi homogênea, ou seja, sem a predominância de uma determinada atividade em relação à outra.

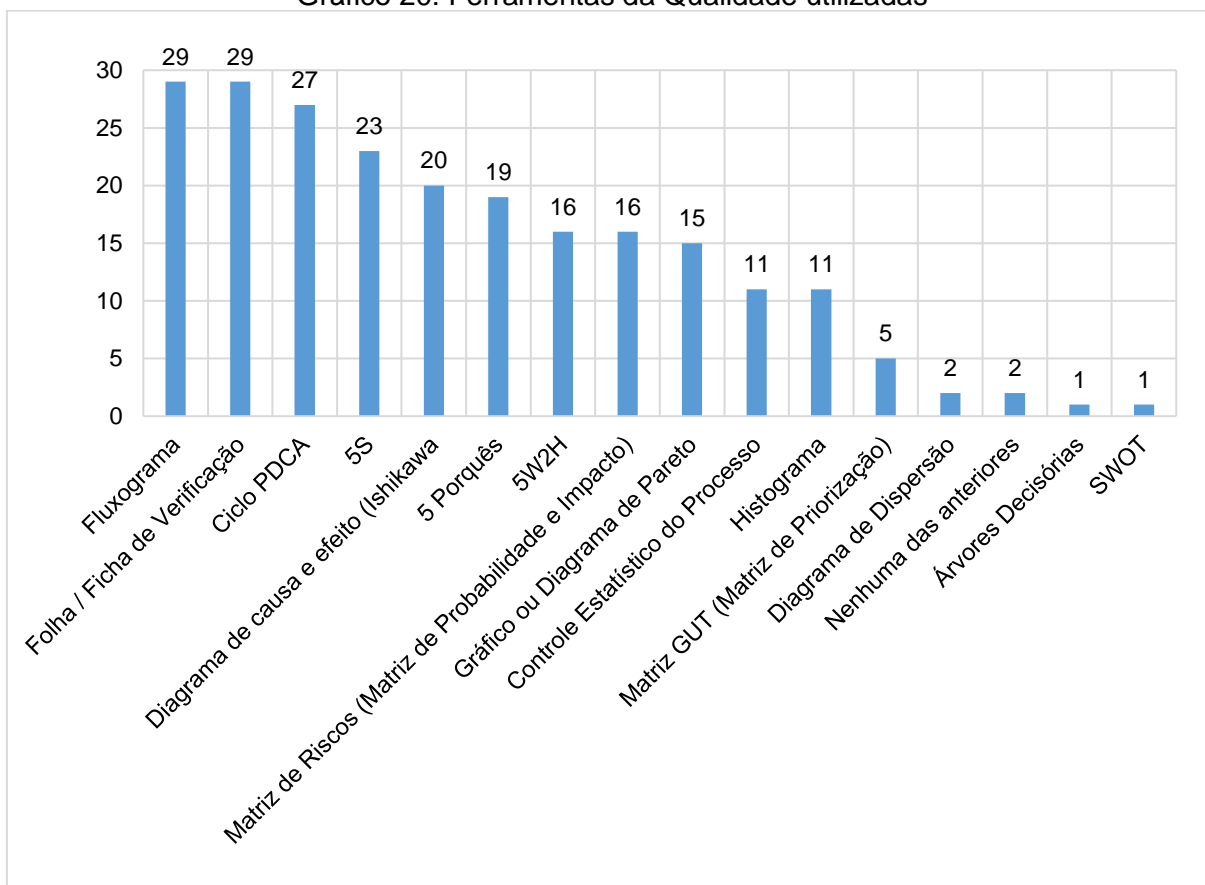
Gráfico 19: Tipos de serviço relacionados à Qualidade



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação às ferramentas da Qualidade utilizadas no acompanhamento diário das atividades, os resultados estão no Gráfico 20. Pode-se observar que dentre as cinco ferramentas mais utilizadas estão: fluxograma (12,78%), folha / ficha de verificação (12,78%), ciclo PDCA (11,89%), 5S (10,13%) e diagrama de causa e efeito – Ishikawa (8,81%).

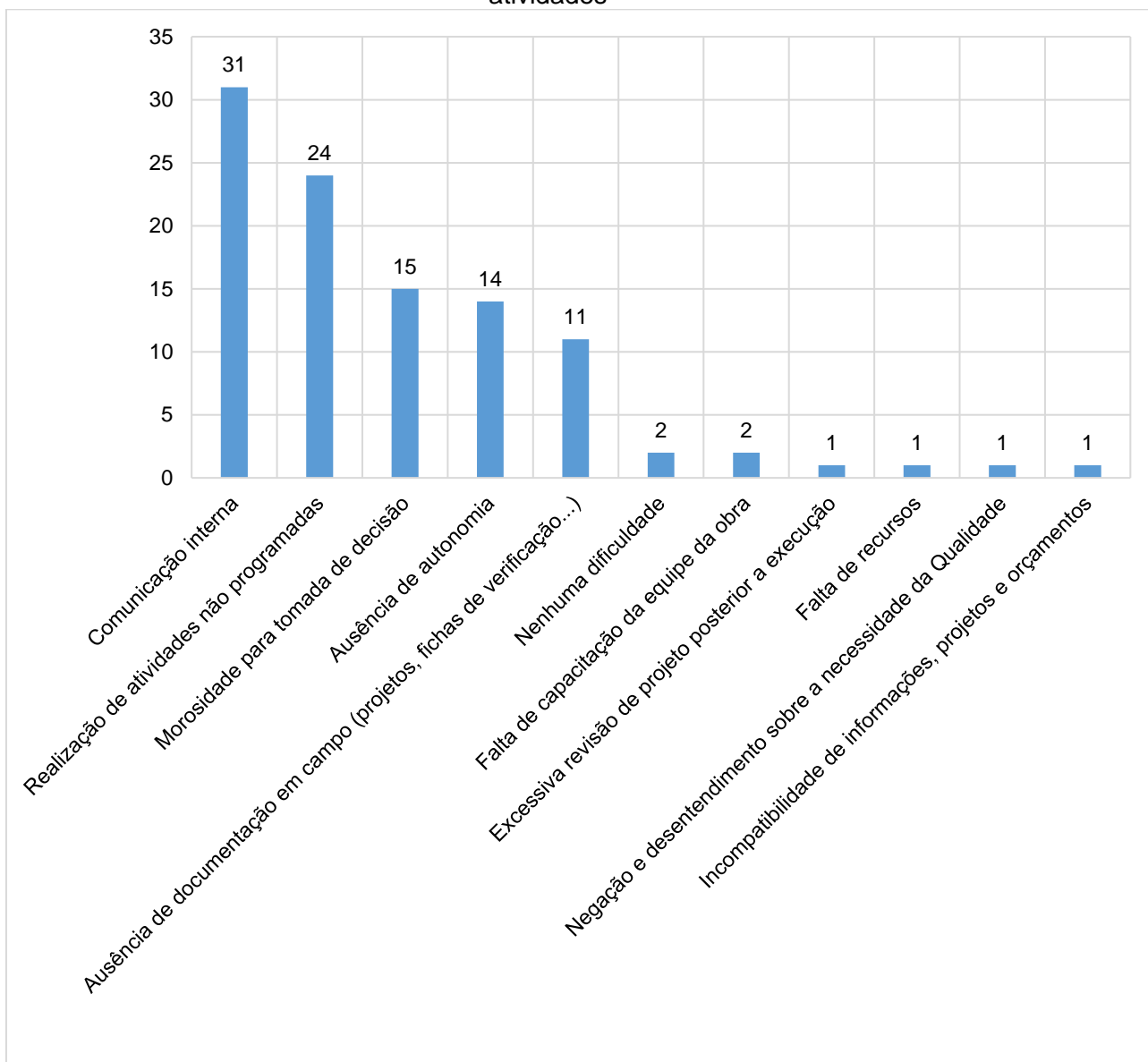
Gráfico 20: Ferramentas da Qualidade utilizadas



Fonte: Respostas do questionário (2021)

No que se refere às dificuldades/deficiências observadas durante o acompanhamento das atividades, os respondentes informaram o que consta no Gráfico 21. As cinco dificuldades mais relatadas foram: comunicação interna (30,10%), realização de atividades não programadas (23,30%), morosidade para tomada de decisão (14,56%), ausência de autonomia (13,59%) e ausência de documentação em campo - projetos, fichas de verificação e outros (10,68%).

Gráfico 21: Dificuldades / deficiências observadas durante o acompanhamento das atividades

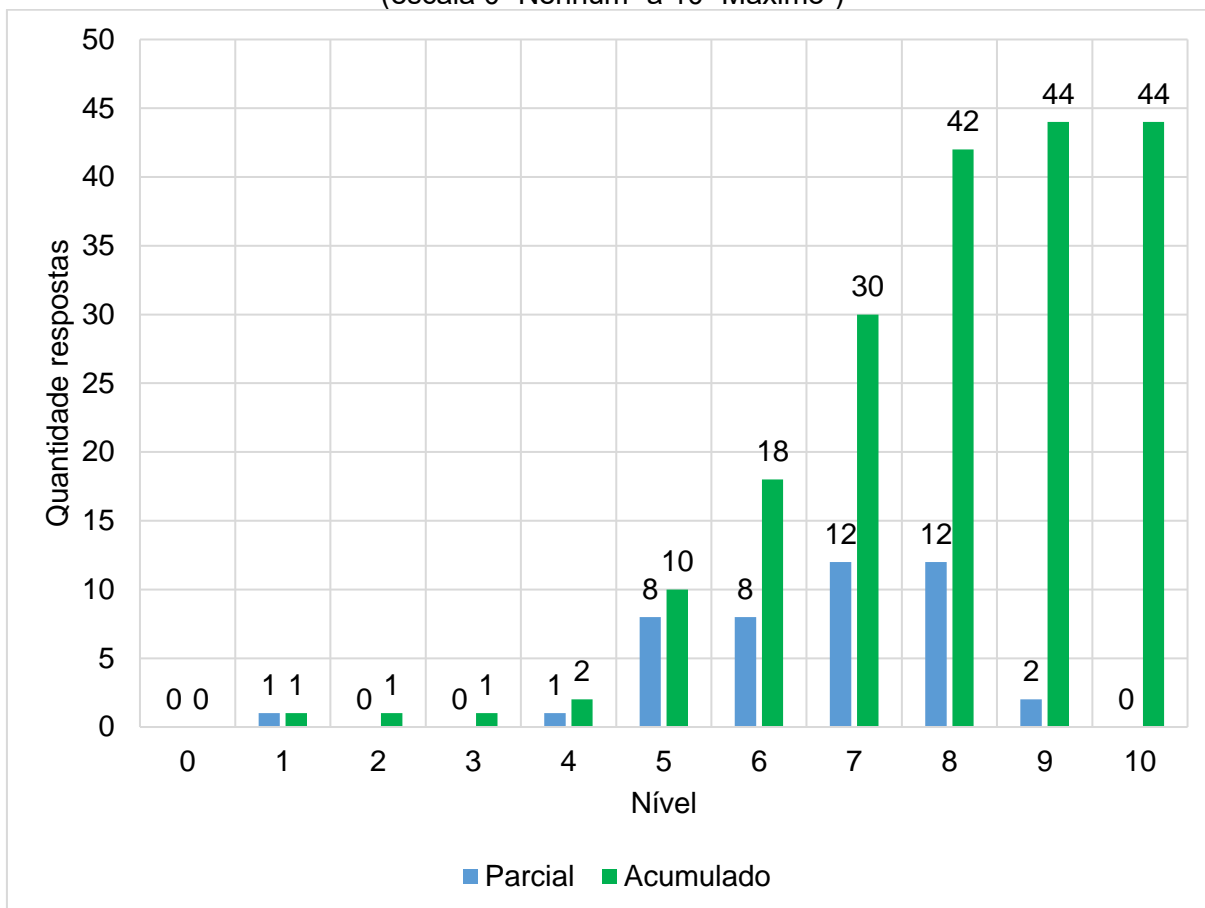


Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação à percepção sobre a eficiência (relação entre rendimento e erros) das atividades, cerca de 90% dos respondentes avaliaram que o rendimento das atividades está entre 5 a 8, em uma escala até 10 (nível máximo de rendimento). O Gráfico 22 apresenta os resultados obtidos. Pode-se observar nas colunas em azul (parcial) a quantidade de respostas obtidas para cada valor de escala informado (0 a 10). Nas colunas em verde (acumulado) consta a quantidade acumulada das respostas obtidas. Como informado anteriormente, é possível inferir que os maiores níveis de eficiência obtidos estão entre 5 e 8, pois a quantidade acumulada para o

nível 4 é igual a 2, enquanto essa quantidade para o nível 8 é igual a 42, ou seja, um acúmulo de 40 respondentes (90%).

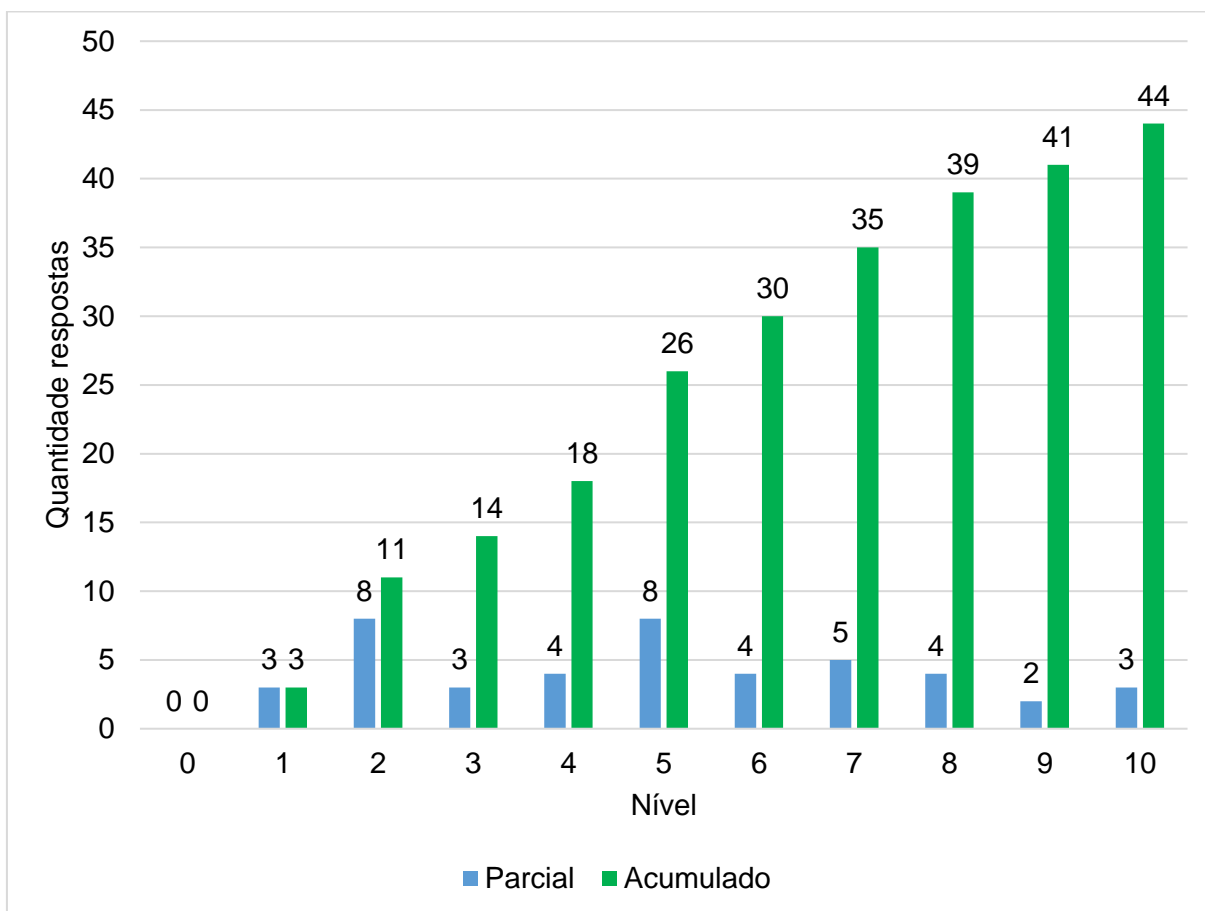
Gráfico 22: Percepção sobre a eficiência (relação entre rendimento e erros) das atividades (escala 0 “Nenhum” a 10 “Máximo”)



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Com referência à percepção sobre o retrabalho das atividades, em que 0 (zero) significa que não há retrabalho e 10 (dez) significa que há retrabalho em toda a atividade, os respondentes informaram o que consta no Gráfico 23. Pode-se observar que as respostas foram variadas e não houve um nível predominante. Os níveis mais respondidos foram 2 e 5, com 8 respostas (18,18%) cada um. Por meio das colunas da série acumulado (em verde), pode-se observar que as respostas para cada um dos níveis informados (0 a 10) foram próximas, pois o incremento nesta série ocorreu de forma contínua. Dessa forma, este resultado mostra que o nível de percepção sobre o retrabalho das atividades e processos precisa melhorar entre os trabalhadores e sinaliza possivelmente que as melhorias implementadas não estão sendo verificadas posteriormente para análise da eficácia e comparação.

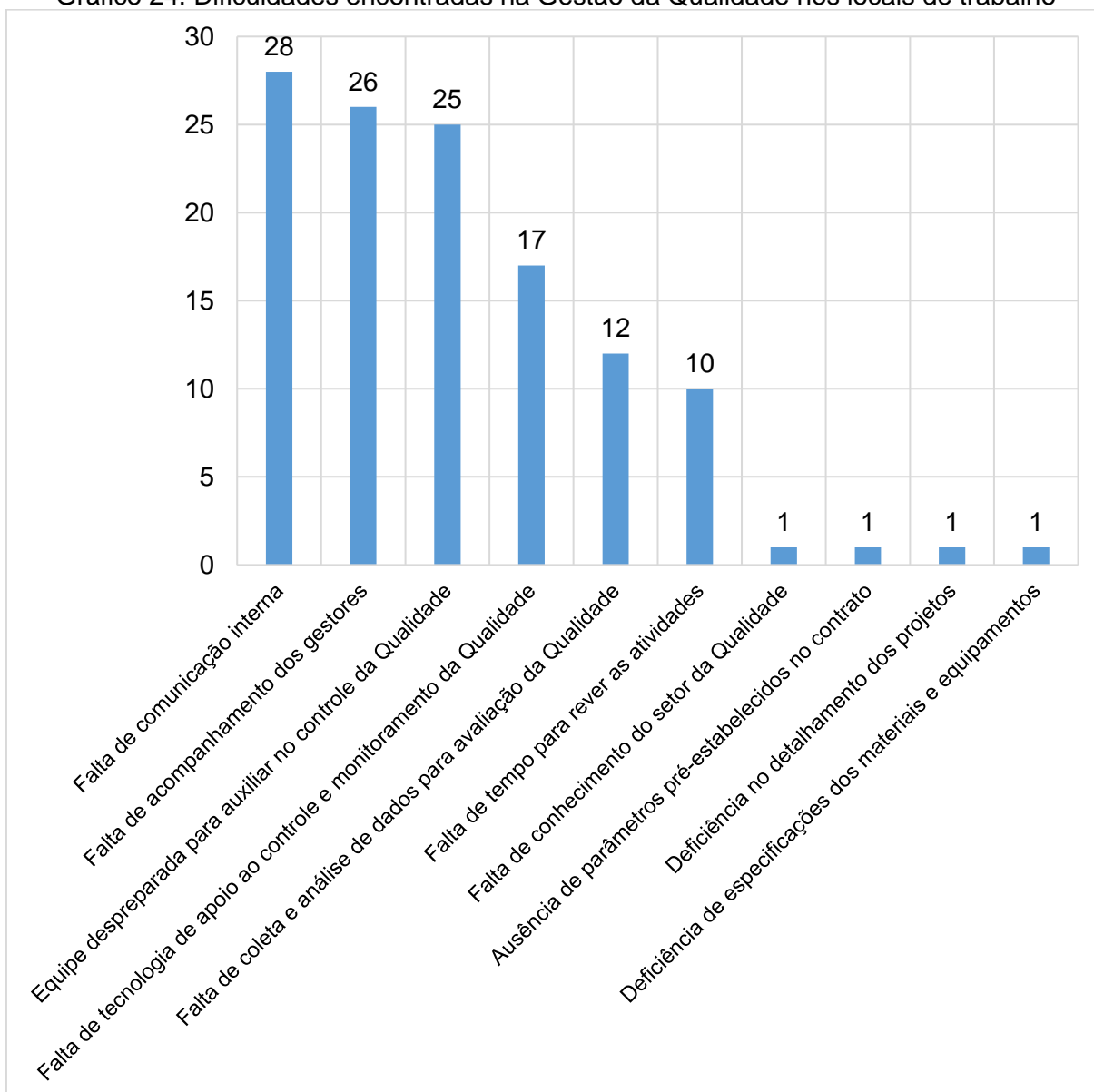
Gráfico 23: Percepção sobre o retrabalho das atividades (escala 0 “Nenhum” a 10 “Máximo”)



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação às principais dificuldades encontradas na Gestão da Qualidade nas localidades em que os respondentes trabalhavam, o Gráfico 24 apresenta os resultados. A principal dificuldade encontrada foi “*Falta de comunicação interna*” (23,0%), seguida por “*Falta de acompanhamento dos gestores*” (21,3%) e “*Equipe despreparada para auxiliar no controle da Qualidade*” (20,5%). Os respondentes também apontaram a “*Falta de tecnologia de apoio ao controle e monitoramento da Qualidade*” como uma das principais dificuldades, o que reforça a necessidade de adoção das tecnologias para as atividades da Qualidade nos canteiros de obra.

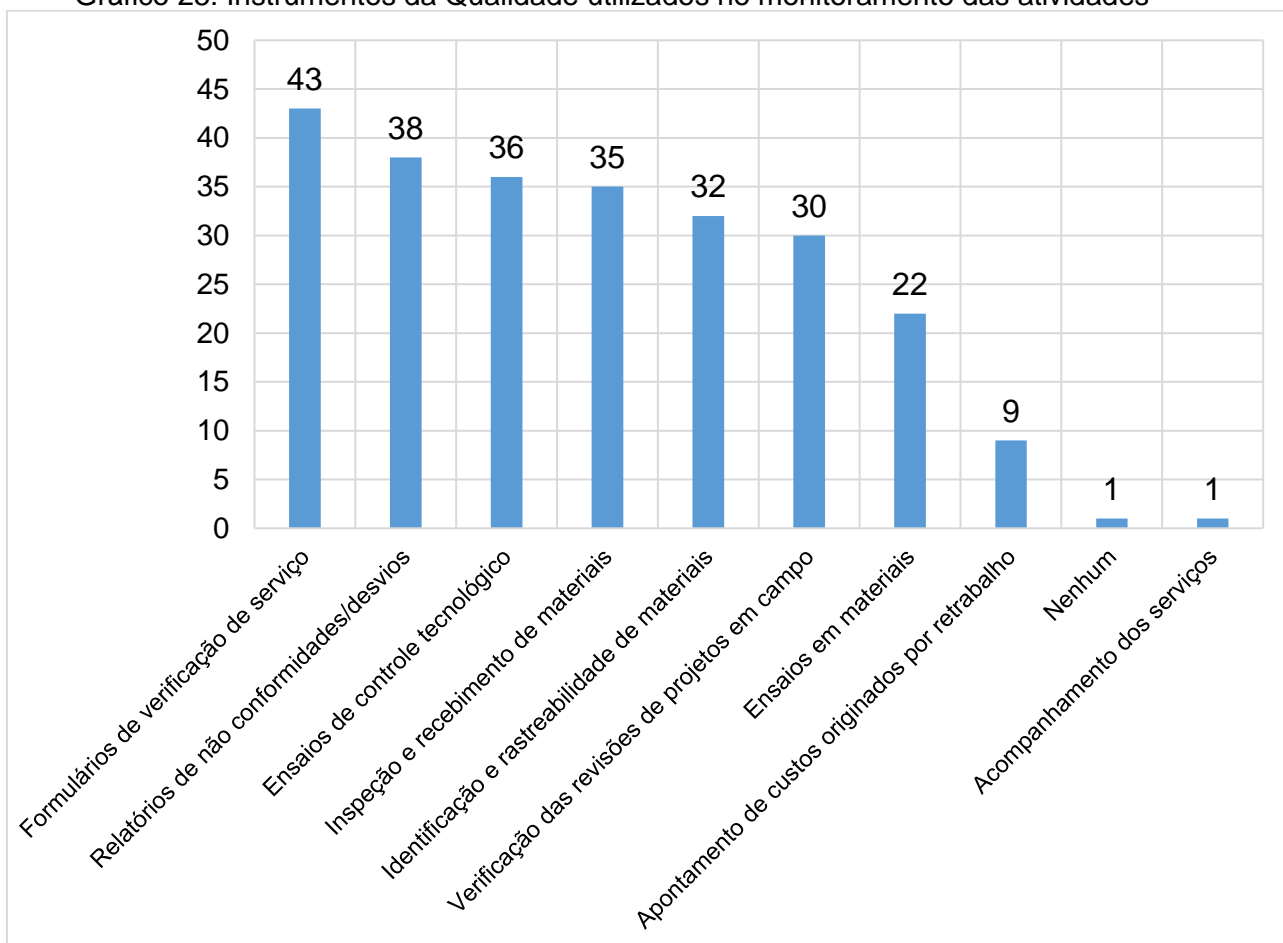
Gráfico 24: Dificuldades encontradas na Gestão da Qualidade nos locais de trabalho



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Com referência aos instrumentos da Qualidade utilizados no monitoramento das atividades, o Gráfico 25 apresenta os resultados obtidos. Pode-se observar que os principais instrumentos da Qualidade utilizados são: “*Formulários de verificação de serviço*” (17,41%), “*Relatórios de não conformidades/desvios*” (15,38%) e “*Ensaio de controle tecnológico*” (14,57%).

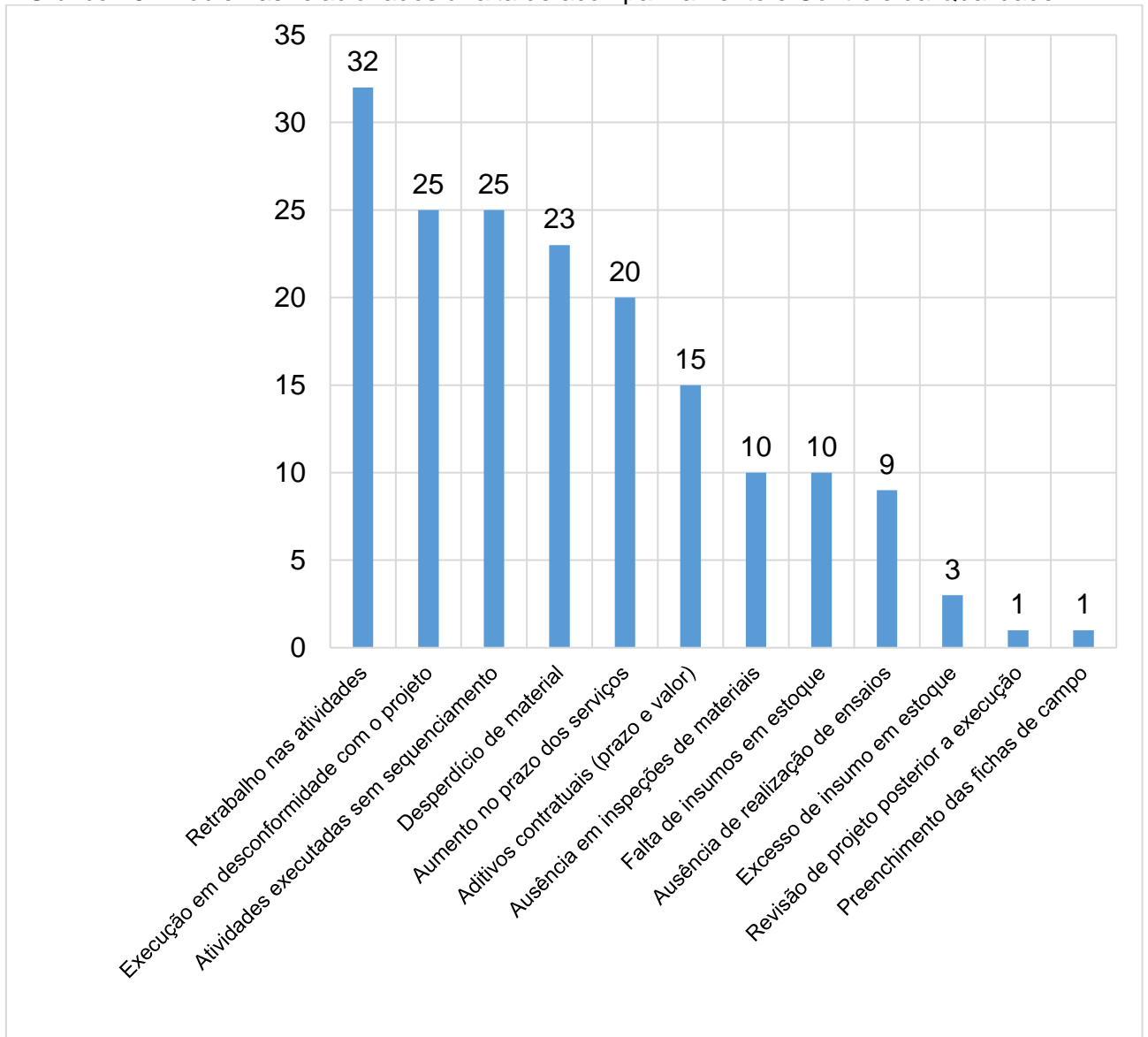
Gráfico 25: Instrumentos da Qualidade utilizados no monitoramento das atividades



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação aos principais problemas que acontecem no ambiente de trabalho e que os respondentes atribuem à falta de acompanhamento e Controle da Qualidade, o Gráfico 26 apresenta os resultados. Dentre os principais problemas, estão: “Retrabalho nas atividades” (18,39%), “Execução em desconformidade com o projeto” (14,37%) e “Atividades executadas sem sequenciamento” (14,37%).

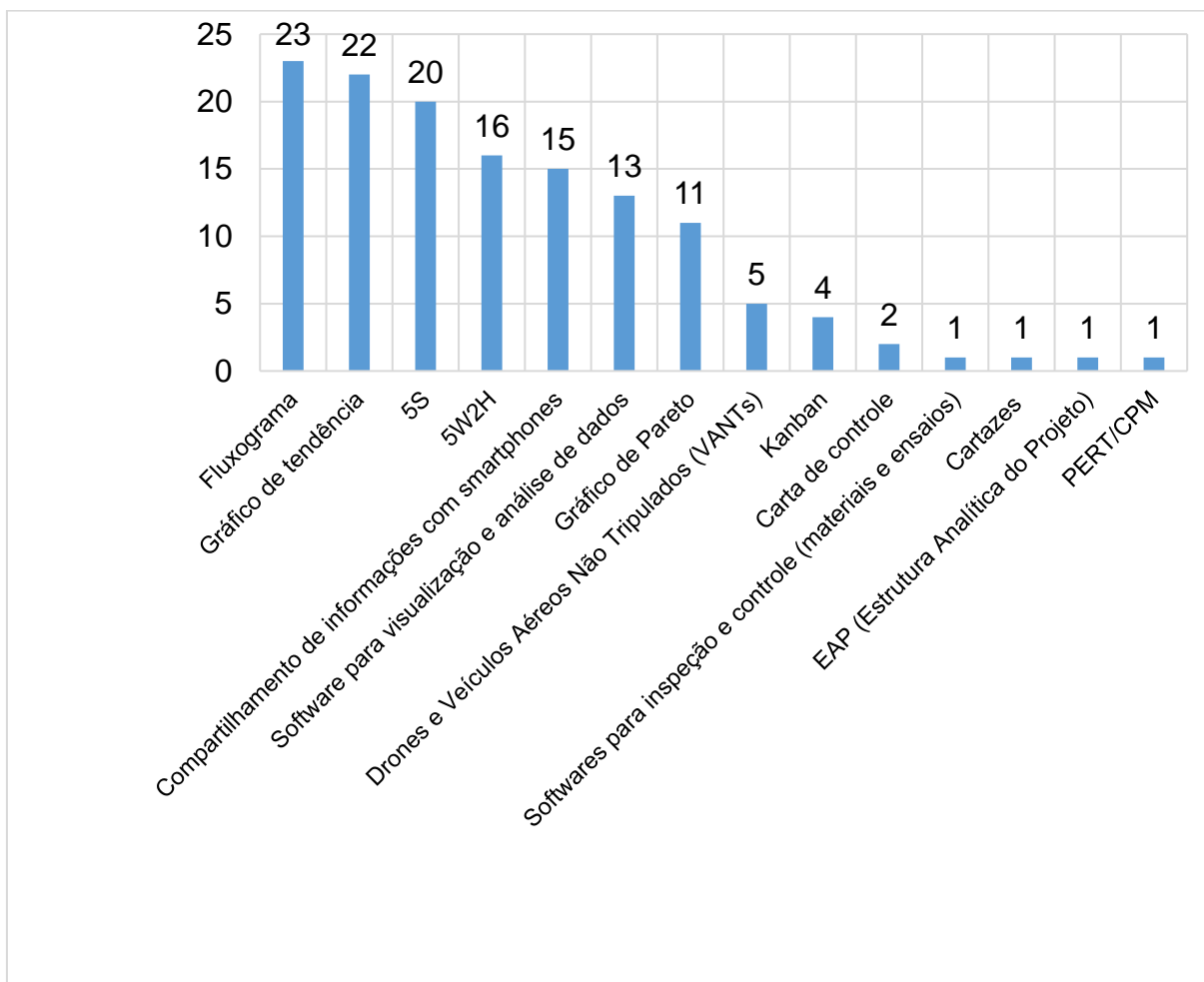
Gráfico 26: Problemas relacionados à falta de acompanhamento e Controle da Qualidade



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Com referência aos instrumentos de acompanhamento e Controle da Qualidade que os respondentes visualizam em sua localidade de trabalho, o Gráfico 27 apresenta os resultados. Os três principais instrumentos apontados pelos respondentes são: “*Fluxograma*” (17,04%), “*Gráfico de tendência*” (16,30%) e “*5S*” (14,81%).

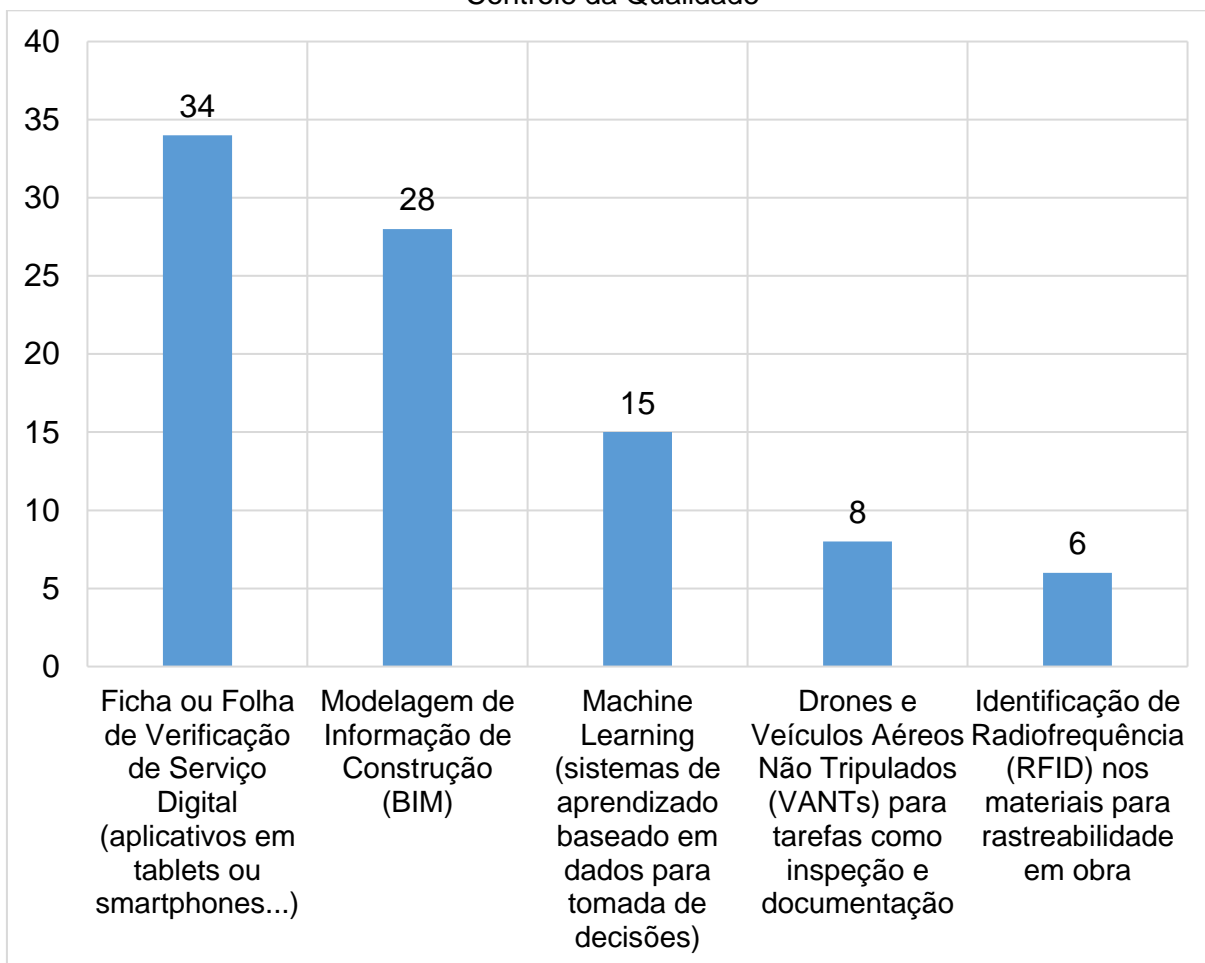
Gráfico 27: Instrumentos de acompanhamento e Controle da Qualidade



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação às tecnologias, que de acordo com os respondentes, trariam maior confiabilidade e segurança nas atividades de Controle da Qualidade nas obras, os resultados estão no Gráfico 28. As três tecnologias mais mencionadas foram: *“Ficha ou Folha de Verificação de Serviço digital (aplicativos em tablets ou smartphones...)”* (37,36%), *“Modelagem de Informação de Construção (BIM)”* (30,77%) e *“Machine Learning (sistemas de aprendizado baseado em dados para tomada de decisões)”* (16,48%).

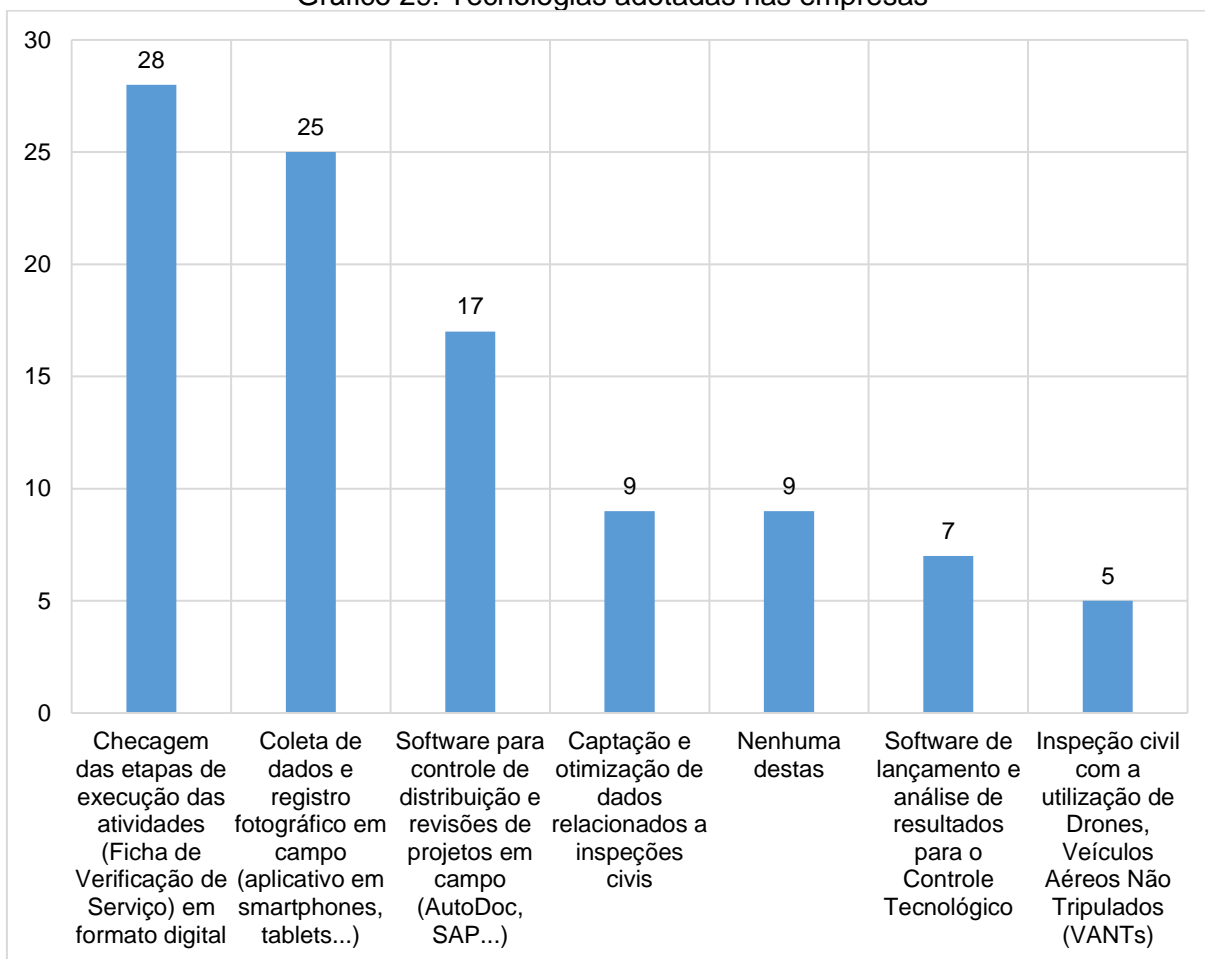
Gráfico 28: Tecnologias que trariam maior confiabilidade e segurança nas atividades de Controle da Qualidade



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Na última seção do questionário, os respondentes foram questionados sobre quais tecnologias de apoio ao controle e análise da qualidade são utilizadas nos canteiros de obras, com o objetivo de verificar questões como tempo de utilização destas ferramentas, possibilidade de inserção das tecnologias, dificuldades e/ou impeditivos constatados na implementação, benefícios observados e conhecimento. Em relação a que tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade as empresas dos respondentes adotam nas atividades em canteiro de obras, os resultados estão no Gráfico 29. É possível observar que dentre as principais tecnologias adotadas estão: “*Checagem das etapas de execução das atividades (Ficha de Verificação de Serviço) em formato digital*” (28,00%), “*Coleta de dados e registro fotográfico em campo (aplicativo em smartphones, tablets...)*” (25,00%) e “*Software para controle de distribuição e revisões de projetos em campo (AutoDoc, SAP...)*” (17,00%).

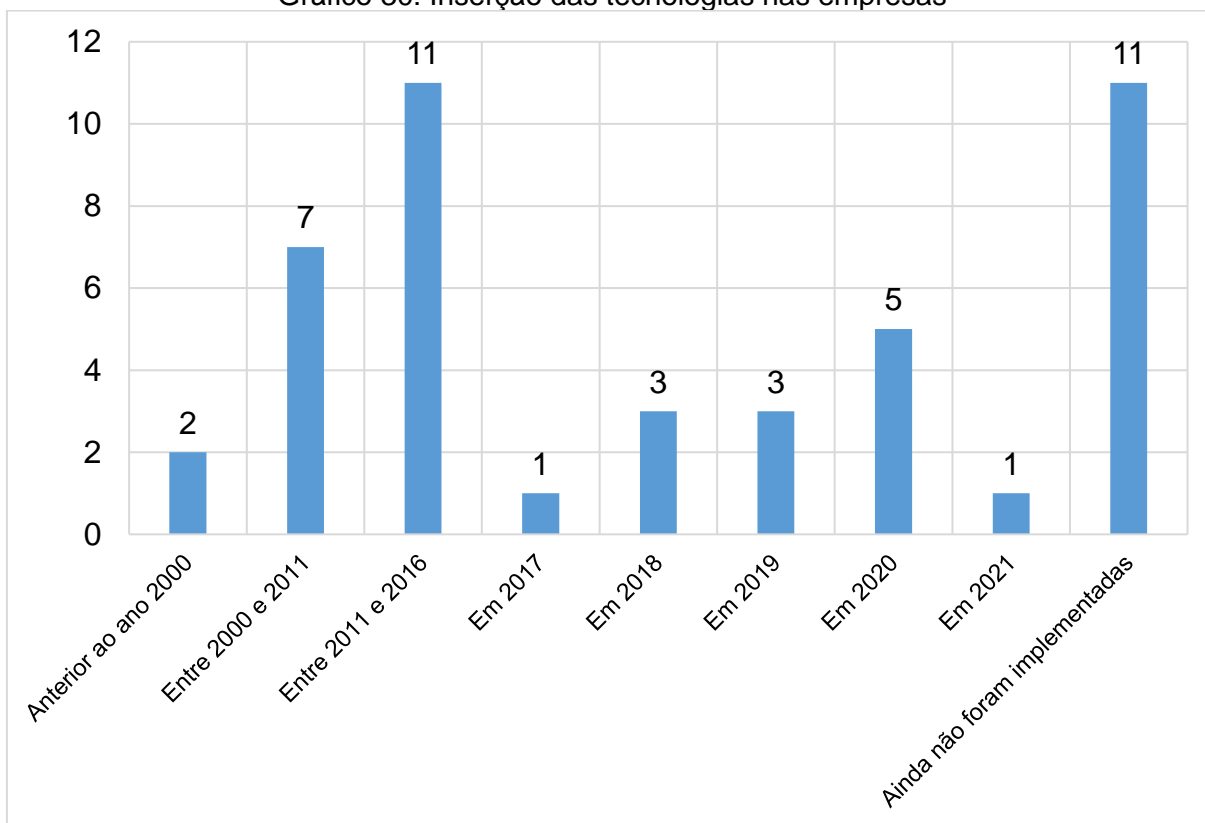
Gráfico 29: Tecnologias adotadas nas empresas



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Com referência ao ano de inserção das tecnologias de apoio ao Controle da Qualidade nos locais de trabalho dos respondentes, o Gráfico 30 apresenta os resultados. Pode-se observar que 25,00% dos respondentes informaram que a inserção das tecnologias ocorreu entre 2011 e 2016. Em seguida, tem-se que 25,00% dos respondentes revelaram que as tecnologias ainda não foram implementadas. Em 2020 pode-se observar que a inserção das tecnologias nos locais de trabalho foi bem acentuada, se comparada com os anos anteriores, o que torna possível detectar a influência do momento pandêmico na inserção das tecnologias nas atividades da qualidade no canteiro de obras.

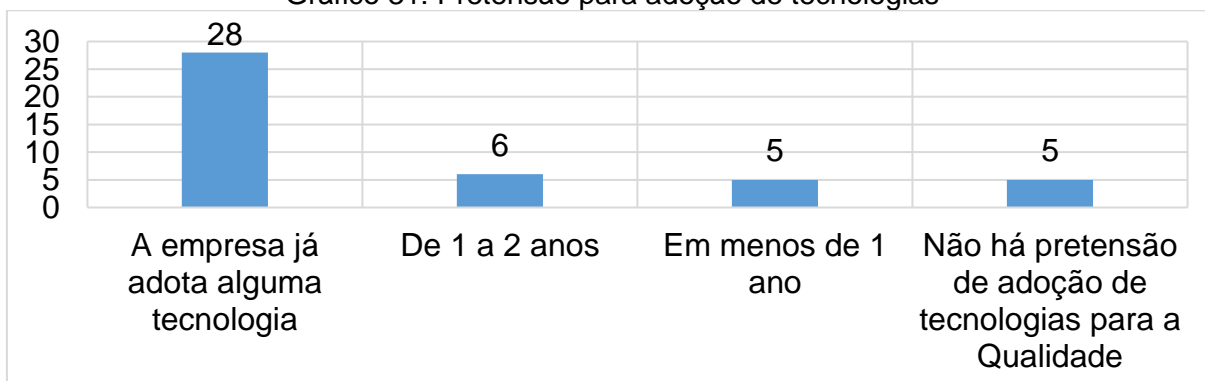
Gráfico 30: Inserção das tecnologias nas empresas



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Quando questionado se existe uma pretensão de adoção de tecnologias para auxiliar no controle e acompanhamento da qualidade, os respondentes informaram o que consta no Gráfico 31. Cerca de 63,64% dos respondentes mencionaram que a empresa já adota alguma tecnologia. Em seguida “De 1 a 2 anos” (13,64%) e “Em menos de 1 ano” (11,36%). Em comparação com o Gráfico 29, pode-se observar que a tecnologia “*Checagem das etapas de execução das atividades (Ficha de Verificação de Serviço) em formato digital*” é implementada em todas as empresas dos respondentes, pois o número obtido foi igual a 28 nos dois gráficos.

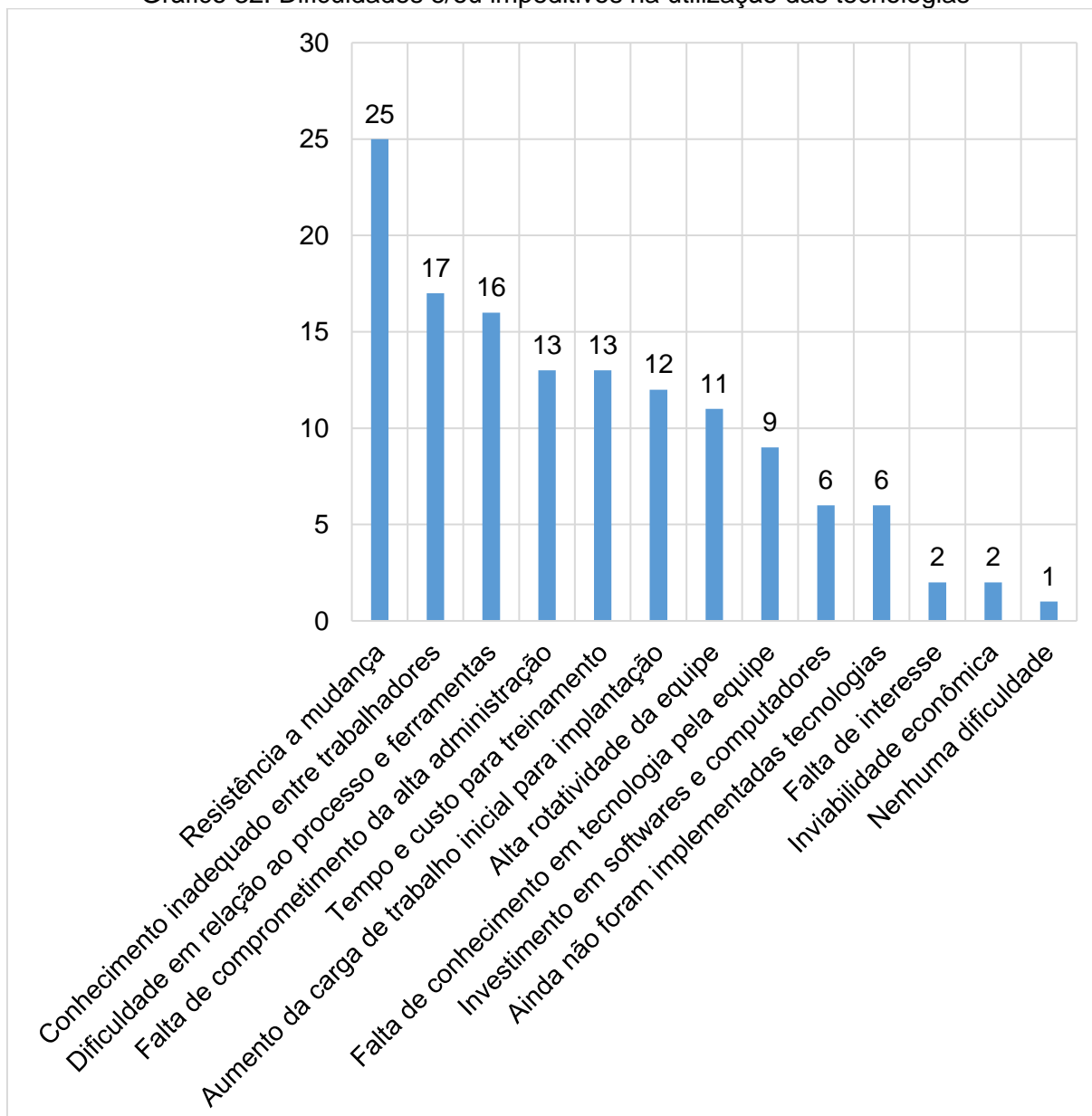
Gráfico 31: Pretensão para adoção de tecnologias



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação às dificuldades e/ou impeditivos que os respondentes perceberam na utilização das tecnologias, os resultados estão no Gráfico 32. Pode-se observar que a principal dificuldade foi “*Resistência a mudança*” (18,80%), seguido por “*Conhecimento inadequado entre trabalhadores*” (12,78%) e “*Dificuldade em relação ao processo e ferramentas*” (12,03%).

Gráfico 32: Dificuldades e/ou impeditivos na utilização das tecnologias

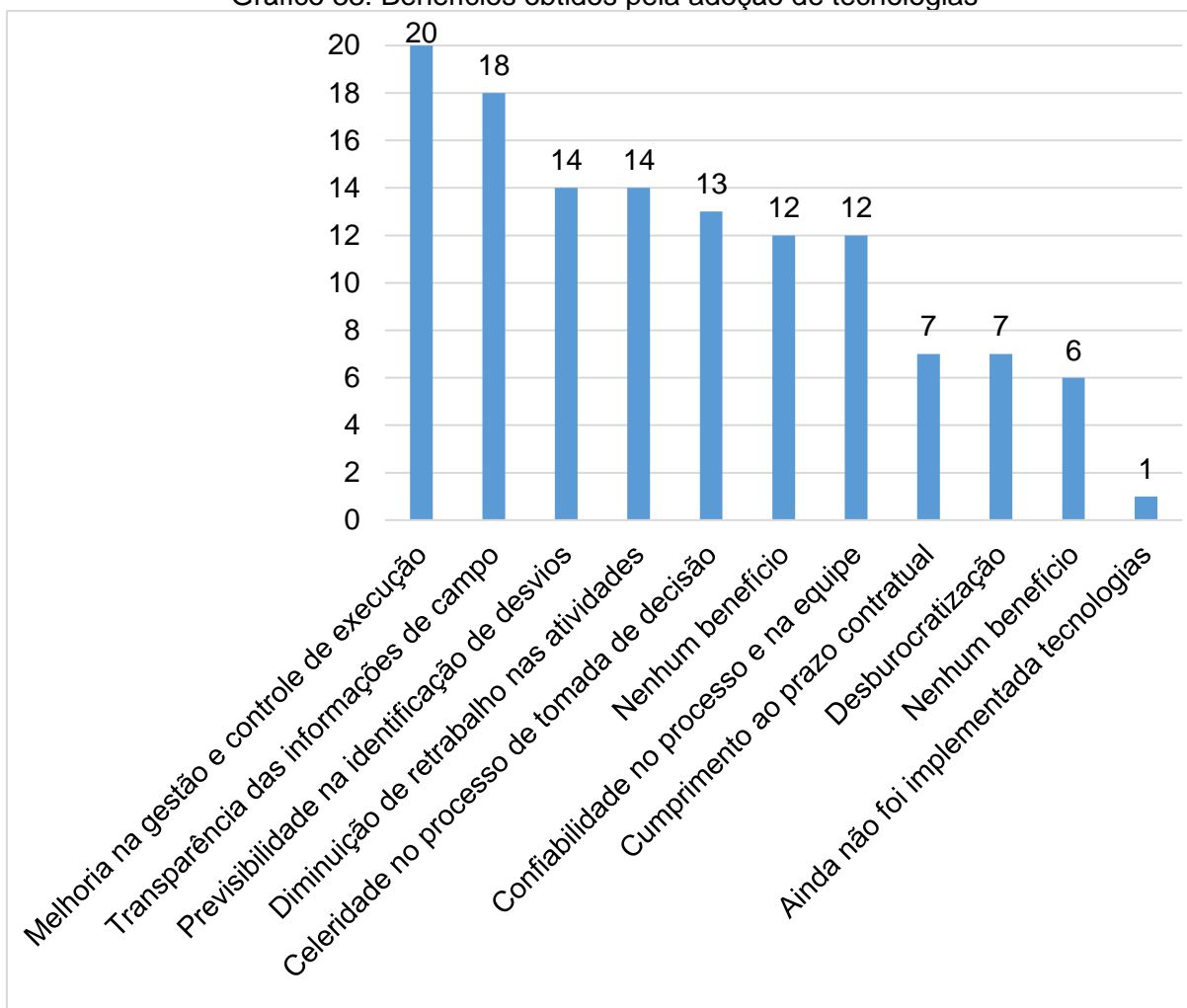


Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação aos benefícios obtidos pela adoção de tecnologias de apoio ao controle e gestão da Qualidade, os respondentes informaram o que consta no Gráfico 33. O benefício mais percebido pelas empresas que adotaram as tecnologias foi “*Melhoria na gestão do canteiro e controle de execução*” (16,13%), seguida por

“Transparência das informações de campo” (14,52%) e “Previsibilidade na identificação de desvios” (11,29%).

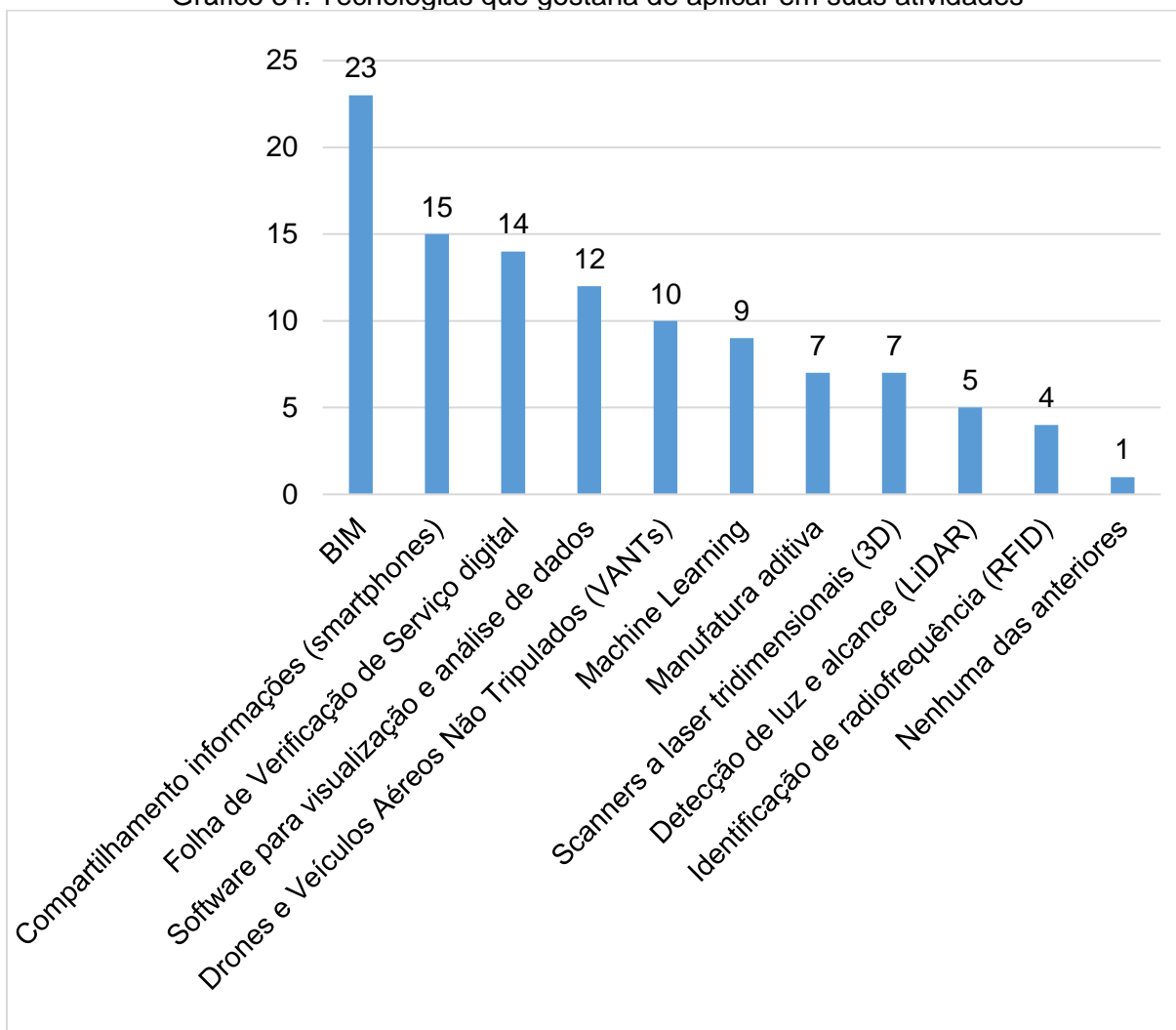
Gráfico 33: Benefícios obtidos pela adoção de tecnologias



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Quando questionado quais tecnologias aplicadas ao controle da Qualidade em canteiro de obras os respondentes já ouviram falar e gostariam de aplicar em suas atividades, os resultados estão indicados no Gráfico 34. A tecnologia mais informada foi o “*Modelagem de Informação de Construção (BIM)*” (21,50%), seguida por “*Compartilhamento de informações em tempo real com a utilização de smartphones*” (14,02%) e “*Ficha ou Folha de Verificação de Serviço digital (aplicativos em tablets ou smartphones...)*” (13,08%).

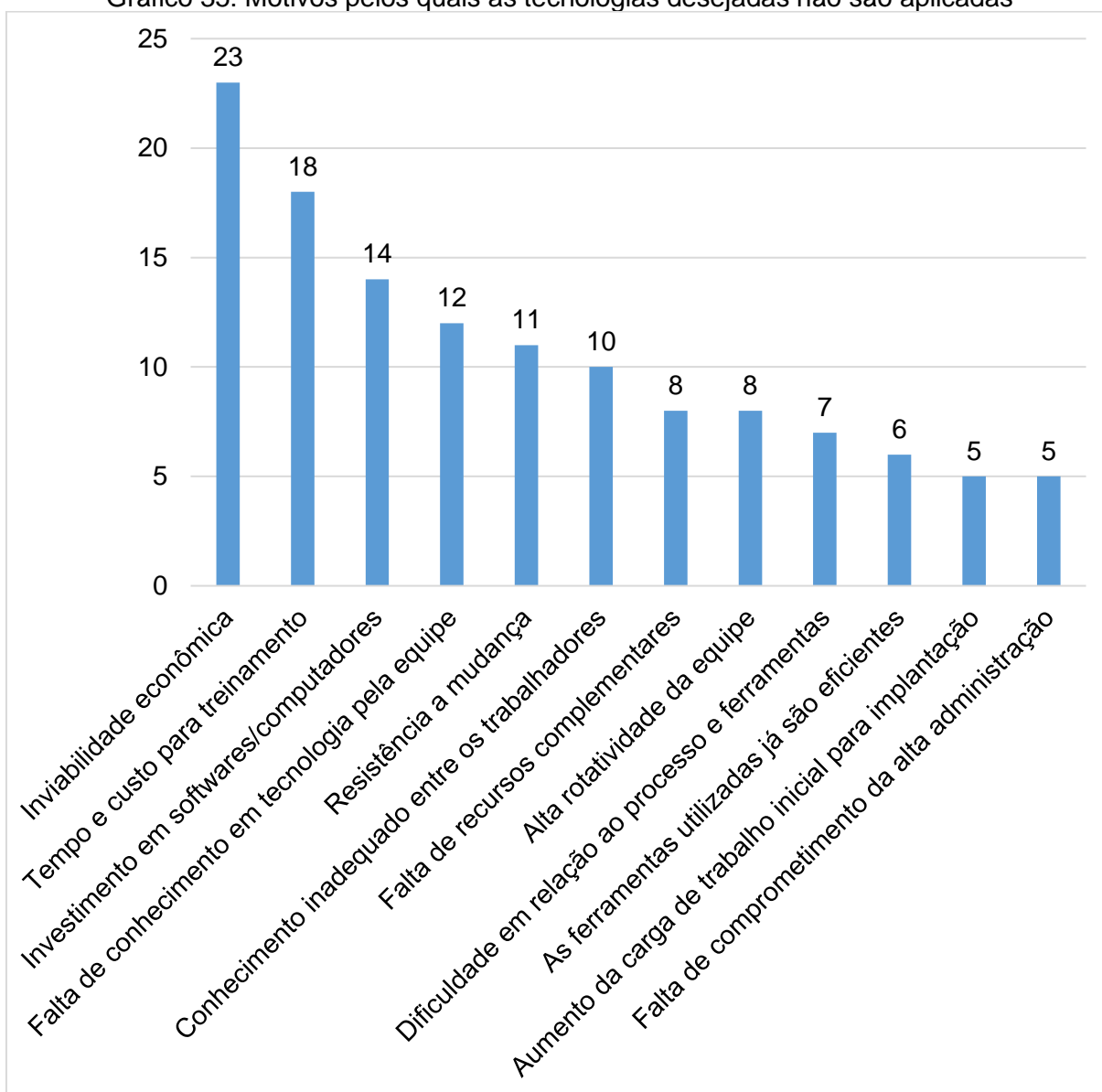
Gráfico 34: Tecnologias que gostaria de aplicar em suas atividades



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Os respondentes também foram questionados por quais motivos consideram que as tecnologias que gostariam de aplicar em suas atividades ainda não foram inseridas no seu ambiente de trabalho e no Gráfico 35 são apresentados os resultados. O principal motivo foi *“Inviabilidade econômica”* (18,11%), seguida por *“Tempo e custo para treinamento”* (14,17%) e *“Investimento em softwares e computadores”* (11,02%)

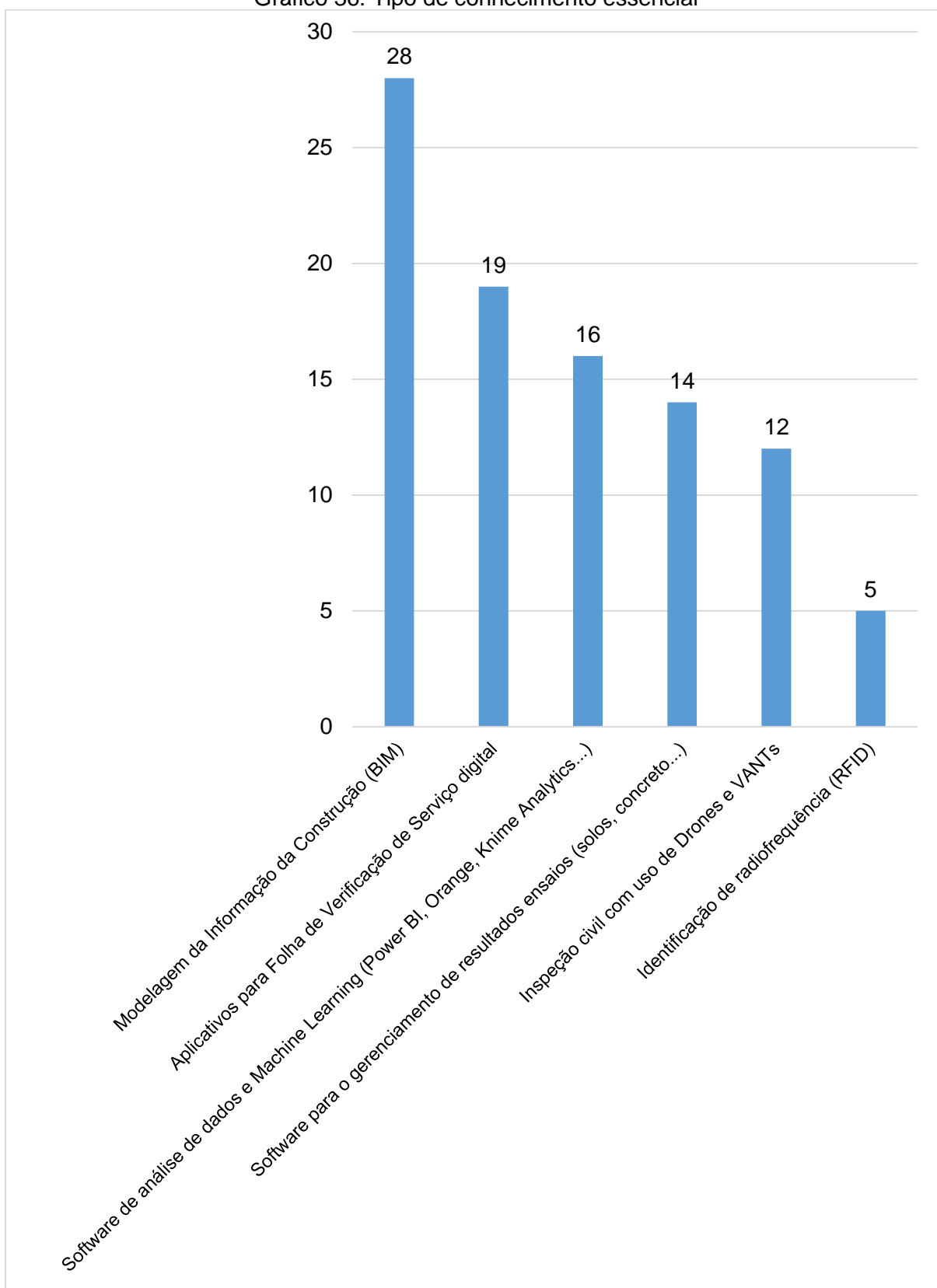
Gráfico 35: Motivos pelos quais as tecnologias desejadas não são aplicadas



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Em relação a que tipo de conhecimento, relacionado à implantação das novas tecnologias, os respondentes consideram ser essencial ou em quais áreas gostariam de ter mais entendimento, o principal foi “*Modelagem da Informação da Construção (BIM)*” (29,79%), seguido por “*Aplicativos para Folha de Verificação de Serviço digital*” (20,21%) e “*Software de análise de dados e Machine Learning (Power BI, Orange, Knime Analytics...)*” (17,02%). As demais respostas estão no Gráfico 36.

Gráfico 36: Tipo de conhecimento essencial



Fonte: Respostas do questionário (2021)

Quando questionados, se além dos recursos apresentados nesta pesquisa, os respondentes teriam sugestões de implementação de outras tecnologias, foram

obtidas 14 respostas. Alguns respondentes disseram que o investimento no conhecimento dos funcionários era primordial antes da implementação das tecnologias, pois a mão de obra qualificada está escassa. O diálogo e envolvimento de todas as áreas do projeto também foram apontados, incluindo o planejamento operacional completo apresentado previamente aos funcionários.

Em relação às tecnologias, os respondentes apresentaram a necessidade do desenvolvimento de aplicativo para disponibilização dos avanços físicos da obra em tempo real e as próximas etapas da obra para planejar a atuação da qualidade. Foram citadas também tecnologias para a gestão de almoxarifados e equipamentos de forma eletrônica. Além disso, os respondentes sugeriram a elaboração de plataformas de planejamento vinculada a fichas de verificação de serviços que devem ser atreladas às medições para pagamento de empreiteiro.

Com referência à documentação gerada e compartilhada em obra, a ideia de um *QR Code* para a exibição de procedimentos, instruções de trabalho, manuais da Qualidade em dispositivos móveis de forma virtual, eliminando ou diminuindo cópias físicas foi sugerida pelos respondentes.

Os respondentes também informaram a existência de tecnologias específicas para um determinado tipo de construção, como por exemplo, equipamentos para inspeção interna de tubos de linha adutora ou distribuição de água, além de equipamentos para supervisionar ferrovias.

A utilização do BIM (Modelagem da Informação da Construção), foi mencionada por um dos respondentes que informou implementar a ferramenta em seu local de trabalho. Essa implementação encontra-se na fase de aquisição e treinamento da equipe. O respondente ressaltou que o projeto e utilização do BIM seja bem detalhado e que tenha um orçamento compatível.

Em relação à mão de obra, houve sugestão para o treinamento digital dos colaboradores e a necessidade do rastreamento do fluxo de colaboradores durante a execução dos serviços nos canteiros de obra.

Dentre os comentários recebidos alguns respondentes disseram que após a implementação da tecnologia para o preenchimento das fichas de verificação digital, houve uma melhora notável e que o investimento é baixo diante de todos os benefícios. Quando questionado se desejariam receber o resultado da pesquisa, mais de 72% dos respondentes informaram que “sim”. Além disso, alguns respondentes

informaram que a pesquisa poderá contribuir para verificar quais ferramentas são mais utilizadas nas empresas e quais tem maior potencial de implementação.

4.3 ETAPA C - ESTUDO DE CASO

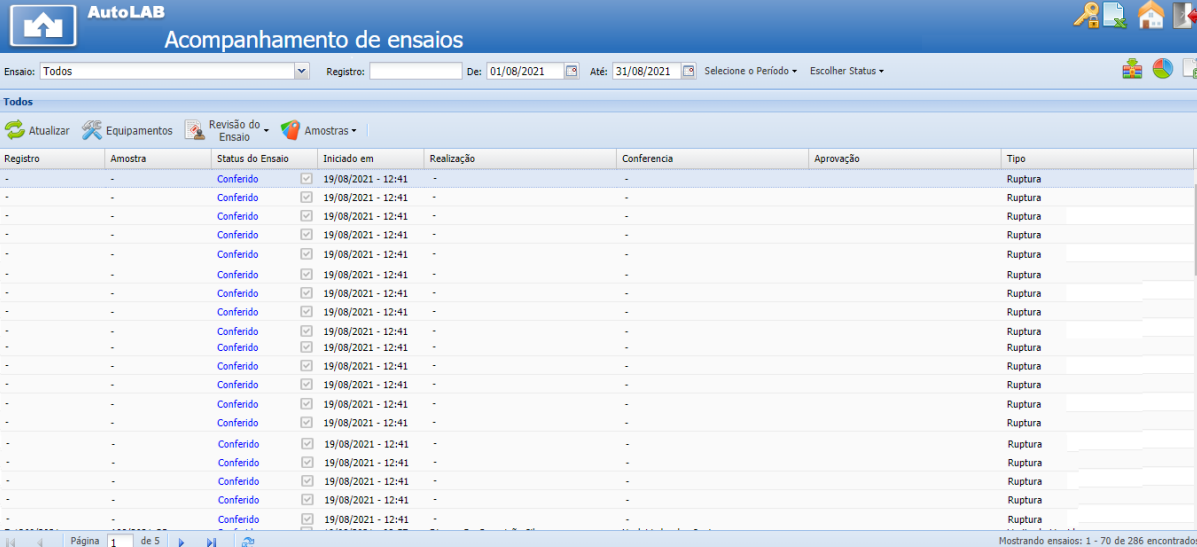
O estudo de caso foi realizado em uma obra de infraestrutura de um reassentamento (conjunto habitacional) com aproximadamente 80 moradias. A área total do empreendimento era de aproximadamente 400 hectares. Foram executadas obras de drenagem, terraplenagem, contenções, sistema de abastecimento de água, esgoto, pavimentação. Em média, o efetivo da empresa executora foi de 740 funcionários, entre mão de obra direta e indireta. No auge da obra a quantidade de funcionários foi igual a 945.

Os softwares implementados foram o *AutoLab* e o *CheckList Digital*. A implementação da tecnologia *CheckList Digital* nesta empresa, seria considerada piloto, pois ainda não havia sido aplicada em outras obras.

O *AutoLab* é um *software* capaz de gerenciar os resultados de ensaios relacionados ao controle tecnológico de execução de obras de terraplenagem, pavimentação e civis em geral que utilizam concreto. Ele pode ser acessado por meio de um site e permite o lançamento e acompanhamento dos resultados dos ensaios. Dentre os tipos de ensaios relacionados ao controle tecnológico de solos estão: compactação, densidade *in situ*, densidade máxima e mínima – solo não coesivo, equivalente de areia, granulometria por peneiramento, ensaio de *Hilf*, Índice de Suporte Califórnia (CBR), Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, teor de material pulverulento, teor de umidade. Para os agregados (brita, areia...) é permitida a inserção dos resultados de ensaios como absorção, equivalente de areia, granulometria por peneiramento, massa específica, massa unitária e teor de material pulverulento. Em relação à pavimentação asfáltica são realizados os ensaios de caracterização do CAP, concreto asfáltico – executado. Para as obras civis (concreto) os formulários disponíveis para a realização dos ensaios são caracterização de aditivo, caracterização de calda de cimento, caracterização de cimento, concreto fresco, concreto fresco - controle de campo, massa específica (concreto endurecido), ruptura, titulometria. Além disso, o programa permite a inserção de mais formulários de ensaios, por meio dos desenvolvedores, conforme as necessidades dos clientes e o pacote adquirido.

Para o acompanhamento dos ensaios, é apresentada uma tela contendo as principais informações de cada ensaio (Figura 11), como número de registro, amostra, status, data de início, responsáveis pela realização, conferência e aprovação e tipo de ensaio. Durante a consulta é possível filtrar pelos ensaios desejados de diferentes maneiras: data, *status*, tipo de ensaio, entre outras. Também é possível selecionar cada ensaio presente nas planilhas resumo para ter acesso ao seu relatório completo, que pode ser impresso ou exportado no formato Excel ou PDF.

Figura 11: Tela de apresentação do *software* AutoLab



The screenshot shows the AutoLAB software interface for test tracking. The header includes the AutoLAB logo and the title 'Acompanhamento de ensaios'. Below the header, there are filters for 'Ensaio: Todos', 'Registro:', 'De: 01/08/2021', 'Até: 31/08/2021', and 'Seleção o Período - Escolher Status'. The main area contains a table with columns: Registro, Amostra, Status do Ensaio, Iniciado em, Realização, Conferência, Aprovação, and Tipo. The table lists multiple entries with a status of 'Conferido' and a type of 'Ruptura'. The status 'Conferido' is highlighted in blue. The bottom of the interface shows 'Página 1 de 5' and 'Mostrando ensaios: 1 - 70 de 286 encontrados'.

Registro	Amostra	Status do Ensaio	Iniciado em	Realização	Conferência	Aprovação	Tipo
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura
-	-	Conferido	19/08/2021 - 12:41	-	-	-	Ruptura

Fonte: Documentos da empresa pesquisada (2021)

Como principais benefícios que o *software* *AutoLab* possui, podem-se destacar: elaboração automática dos desenhos gráficos, após o lançamento dos dados (anteriormente os gráficos eram feitos à mão pelos laboratoristas); organização das informações de acordo com as categorias necessárias; geração de relatórios; eliminação dos riscos das informações presentes nas planilhas-resumo estarem incorretas, uma vez que elas são extraídas diretamente dos relatórios e não necessita de mão de obra exclusiva para compilar os dados dos relatórios nas planilhas; ausência de tramitação de documentações físicas entre diferentes setores/empresas, o que acelera o processo (anteriormente estes ensaios eram entregues por meio de uma Guia de Remessa de Documentos – GRD para verificação e validação da fiscalização); validação dos ensaios de forma eletrônica, pois os envolvidos possuem acesso a plataforma.

Como exemplo, tem-se um relatório de um ensaio de compactação (Figura 12 a Figura 15). Por meio deste relatório, é possível observar que as informações relacionadas as amostras, ensaio e gráfico estão organizadas em diferentes partes³.

Figura 12: Informações disponíveis no cabeçalho

CONTROLE TECNOLÓGICO		COMPACTAÇÃO	
Cliente:	- Obra:		
Documento gerado em	pelo sistema AutoLab.		
Registro:	Data:		
Status do Ensaio: Conferido	Status do Produto: Aprovado		
Observações: Coordenadas: N: E:			
Material: CAMADA FINAL DE ATERRO	Proctor: Intermediário		
Descrição do Material: Argila Siltosa Marrom	Golpes: 26		
Trecho:	Estaca do Furo:		
Procedência:	Subtrecho:		
Camada/Estudo: 3ª Camada Final de Aterro	Profundidade: 0 cm até 20 cm		

Fonte: Documentos da empresa pesquisada (2021)

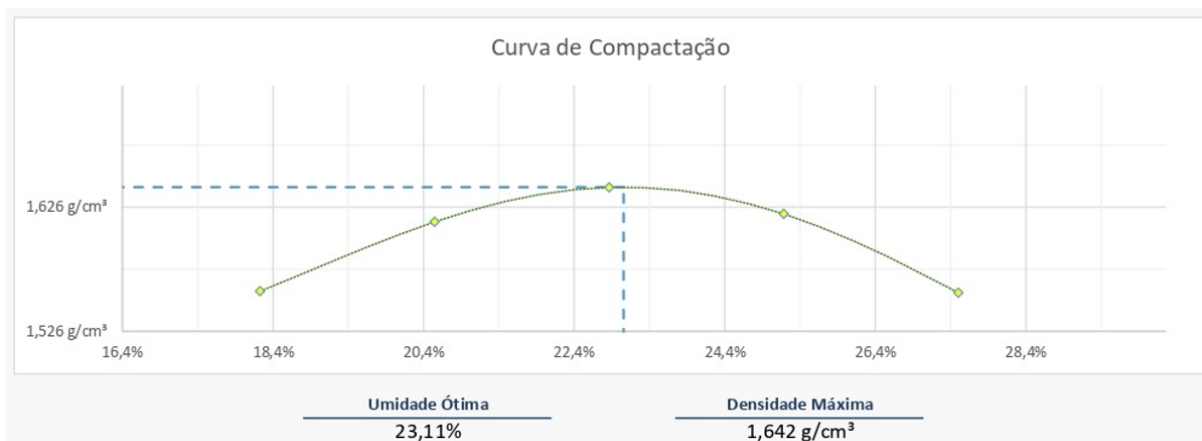
Figura 13: Dados do ensaio

Ensaio					
Umidade Higroscópica	AM. 01	AM. 02	AM. 03		
Recipiente:	04	06	50	Massa do Material (g): 5.000 g	
Massa do Recipiente (g):	13,91 g	14,10 g	13,70 g	Massa do Material Seco (g): 4.312 g	
Recipiente + Solo + Água (g):	116,67 g	109,21 g	115,47 g	Fator de Correção de Umidade: 0,8404	
Recipiente + Solo (g):	102,55 g	96,17 g	101,39 g	Água Encontrada (g): 688 g	
Água (g):	14,12 g	13,04 g	14,08 g		
Solo (g):	88,64 g	82,07 g	87,69 g		
Umidade (%):	15,9%	15,9%	16,1%		
Umidade Média (%):	16,0%				
Pontos	01	02	03	04	05
Água Adicionada (g):	100,0 g	200,0 g	300,0 g	400,0 g	500,0 g
Água Adicionada (%):	2,0%	4,0%	6,0%	8,0%	10,0%
Água a Juntar (g):	788 g	888 g	988 g	1.088 g	1.188 g
Umidade Convertida (%):	18,28%	20,60%	22,92%	25,24%	27,55%
Molde + Solo + Água (g):	7.988 g	8.341 g	8.598 g	8.375 g	8.503 g
Molde:	413	30	427	413	406
Molde (g):	4.159 g	4.289 g	4.371 g	4.159 g	4.349 g
Volume do Molde (cm³):	2.078 cm³	2.082 cm³	2.095 cm³	2.078 cm³	2.092 cm³
Solo + Água (g):	3.829 g	4.052 g	4.227 g	4.216 g	4.154 g
Densidade Úmida (g/cm³):	1,843 g/cm³	1,946 g/cm³	2,018 g/cm³	2,029 g/cm³	1,986 g/cm³
Densidade Convertida (g/cm³):	1,807 g/cm³	1,871 g/cm³	1,903 g/cm³	1,879 g/cm³	1,805 g/cm³
Densidade Seca (g/cm³):	1,558 g/cm³	1,614 g/cm³	1,641 g/cm³	1,620 g/cm³	1,557 g/cm³

Fonte: Documentos da empresa pesquisada (2021)

³ Algumas informações a respeito do local da obra, que estavam presentes no formulário do ensaio apresentado, foram omitidas.

Figura 14: Gráficos



Fonte: Documentos da empresa pesquisada (2021)

Figura 15: Identificação dos aprovadores e demais responsáveis no rodapé

Equipamentos			
Tipo	Identificação	Tipo	Identificação
Balança		Balança	
Estufa		Proveta	

Assinaturas			
Execução -		Conferência -	
Aprovação		Fiscalização	

Ensaio aprovado eletronicamente

1/1

AutoLab - FE AL 014

Fonte: Documentos da empresa pesquisada (2021)

Em relação às dificuldades e oportunidades de melhorias para utilização do *software*, observa-se que nenhum membro da equipe de laboratório, composta por encarregados, laboratoristas e auxiliares, trabalhavam diretamente nos *softwares*. As informações originadas com os ensaios são preenchidas em uma folha e depois transferidas para o *software* por meio de um responsável por digitar os dados dos ensaios. Dessa forma, um dos benefícios propostos pelo *software*, que seria eliminar o responsável por compilar os dados em uma planilha resumo, ou seja, o intermediário, não ocorreu. O processo poderia ser aprimorado e se tornar mais ágil caso a mão de obra fosse treinada para lançar os dados obtidos diretamente na plataforma sem a necessidade de um profissional extra para realizar a atividade.

Outra tecnologia que seria implementada no canteiro de obras era o *CheckList* Digital, que consiste em um *software*, disponível para *smartphone* e *tablet*, que registra as etapas de verificação dos serviços críticos, desempenhando o papel da folha de

verificação. Durante a fase preliminar para implementação da tecnologia, investigou-se a capacidade de *hardware* dos equipamentos que seriam utilizados, tanto dos profissionais da empresa executora, quanto dos profissionais da empresa fiscalizadora. O aplicativo estava disponível apenas em versões do Android® igual ou acima a 9.0. Os *smartphones* corporativos dos profissionais da empresa fiscalizadora possuíam essa versão requisitada. Deste modo, em relação à estrutura, os profissionais estavam aptos para utilizar a ferramenta.

As fichas necessitam de assinatura da fiscalização. Para isso, a validação dos formulários é feita por meio de leitura de um *QR Code*, em que a câmera do celular do responsável pela assinatura é apontada para esse *QR Code* na tela do formulário digital e este seria validado. O *software* foi adquirido pela empresa dois meses após o início do contrato, entretanto houve acúmulo de atividades no setor da qualidade e a equipe responsável não conseguiu implementá-lo devido a alguns fatores como: necessidade de transferir para o meio digital todas as fichas de verificação de serviço existentes, treinamento dos responsáveis pela utilização das fichas em campo e alta rotatividade da equipe. Deste modo, quanto mais tempo se passava, menos viável tornou-se a aplicação, pois se aproximava o fim do contrato com prazo de nove meses.

Caso a ferramenta fosse aplicada, ter-se-ia como benefícios: a eliminação de toda burocracia para tramitação de documentação (enviar os documentos físicos para assinatura da fiscalização, separá-los e devolvê-los) e facilidade de organização dos registros para a entrega do *Data Book* ao final do contrato.

4.4 ETAPA D - RESULTADOS E COMPARAÇÕES

Os resultados obtidos nas etapas anteriores A, B e C são analisados por meio do QFD (*Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade*) e a proposta de solução para os principais desvios encontrados é apresentada por meio da FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas*).

4.4.1 QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade)

Para elaboração do QFD, o “produto” analisado foram as tecnologias de apoio e controle da Qualidade.

i) **Requisitos do cliente “os quês”**: foram selecionadas as tecnologias de apoio e controle da Qualidade existentes na bibliometria, cujo método de pesquisa dos artigos selecionados foi o estudo de caso (extraídos da Tabela 10). A Figura 16 apresenta a relação das tecnologias.

Figura 16: Requisitos/Necessidades dos clientes (“os quês”)

Necessidades dos clientes / Quês
BIM (Modelagem da Informação da Construção)
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)
Digitalização a laser e fotogrametria
Radio Frequency Identification (RFID)
Realidade Aumentada (AR)
Sistema de Posicionamento Global (GPS)
Internet das Coisas (IoT)
FVS Digital
3D Laser Scanning (LS)
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTS)
Realidade Virtual (VR)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Para a determinação do grau de importância, foi considerada a quantidade de benefícios existentes para cada tecnologia, de acordo com a análise qualitativa das publicações encontradas (Tabela 11), em uma escala de 0 (menos frequente) a 10 (mais frequente). Após a quantificação dos benefícios de cada tecnologia, os graus de importância das tecnologias foram relacionados na Figura 17.

Figura 17: Grau de importância de cada tecnologia

Necessidades dos clientes / Quês	Importância
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)	10
BIM (Modelagem da Informação da Construção)	9
FVS Digital	8
Digitalização a laser e fotogrametria	7
3D Laser Scanning (LS)	6
Radio Frequency Identification (RFID)	5
Internet das Coisas (IoT)	4
Realidade Aumentada (AR)	3
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTS)	2
Realidade Virtual (VR)	1
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

ii) **Requisitos do projeto “os comos”**: as características que justificam a implementação de tecnologias de controle e apoio da Qualidade foram obtidas por meio da análise qualitativa das publicações selecionadas na bibliometria (Tabela 11). Os benefícios foram sintetizados em quinze principais, conforme Figura 18.

Figura 18: Requisitos de projeto / “Como’s”

Requisitos de projeto / Comos														
Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria do gerenciamento de informações	Aprimoramento da tomada de decisão	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Redução de tempo	Monitoramento em tempo real	Melhoria da eficiência	Melhoria da inspeção	Colaboração mais efetiva	Melhoria da comunicação	Melhoria da integração	Redução de custo da obra	Identificação de desvios / não conformidades	Aumento da produtividade	Aprimoramento da coleta de dados

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

iii) **Relacionamento dos “o que” e “como”**: os benefícios encontrados para as tecnologias na bibliometria foram relacionados com as tecnologias por meio do grau de intensidade (forte, médio e fraco), de acordo com a análise qualitativa realizada na Tabela 11. Para os benefícios não encontrados nas tecnologias, é determinado o grau de intensidade fraco. Entre 1 (um) e 2 (dois) benefícios encontrados, o grau de intensidade avaliado é médio e caso mais de 3 (três) benefícios forem encontrados, este grau é classificado como forte. A Tabela 19 e Tabela 20 apresentam a quantidade de benefícios encontrados para as tecnologias e na Figura 19 é possível identificar o relacionamento dos “o que”. A simbologia indica: ● (relações fortes), ○ (relações médias) e Δ (relações fracas).

Tabela 11: Benefícios e tecnologias encontrados na bibliometria (Tabela 1/2)

Tecnologias / Benefícios	Dispositivos móveis (<i>smartphon</i> e <i>tablet</i>)	BIM (Modelagem da Informação da Construção)	FVS Digital	Digitalização a laser e fotogrametria	3D Laser Scanning (LS)	Radio Frequency Identification (RFID)
Gerenciamento do projeto	10	2	7	6	6	2
Gerenciamento de informações	6	1	4	0	0	3

Tabela 12: Benefícios e tecnologias encontrados na bibliometria (Tabela 1/2)

(continuação)

Tomada de decisão	1	2	2	1	1	0
Desperdícios, defeitos e retrabalho	1	3	3	0	0	0
Tempo	8	5	7	5	5	2
Monitoramento em tempo real	2	0	3	3	3	1
Eficiência	7	6	6	6	6	4
Inspeção	3	2	1	1	1	0
Colaboração	1	1	0	2	2	0
Comunicação	3	2	2	0	0	0
Integração	5	2	6	6	6	0
Custo da obra	7	7	2	2	2	3
Desvios / Não conformidades	1	3	2	2	2	0
Produtividade	12	3	3	1	1	2
Coleta de dados	2	1	4	2	2	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 13: Benefícios e tecnologias encontrados na bibliometria (Tabela 2/2)

Tecnologias Benefícios	Internet das Coisas (IoT)	Realidade Aumentada (AR)	Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)	Realidade Virtual (VR)	Sistema de Posicionamento Global (GPS)
Gerenciamento do projeto	2	5	2	1	1
Gerenciamento de informações	2	1	1	0	0
Tomada de decisão	1	0	0	0	0
Desperdícios, defeitos e retrabalho	1	0	0	0	0
Tempo	4	3	1	0	0
Monitoramento em tempo real	0	4	2	0	1
Eficiência	5	3	2	0	0
Inspeção	1	2	3	0	0
Colaboração	1	1	0	0	0
Comunicação	0	1	0	0	0
Integração	4	5	2	1	1
Custo da obra	4	2	2	0	0
Desvios / Não conformidades	0	0	0	0	0
Produtividade	6	3	2	0	0
Coleta de dados	1	1	1	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

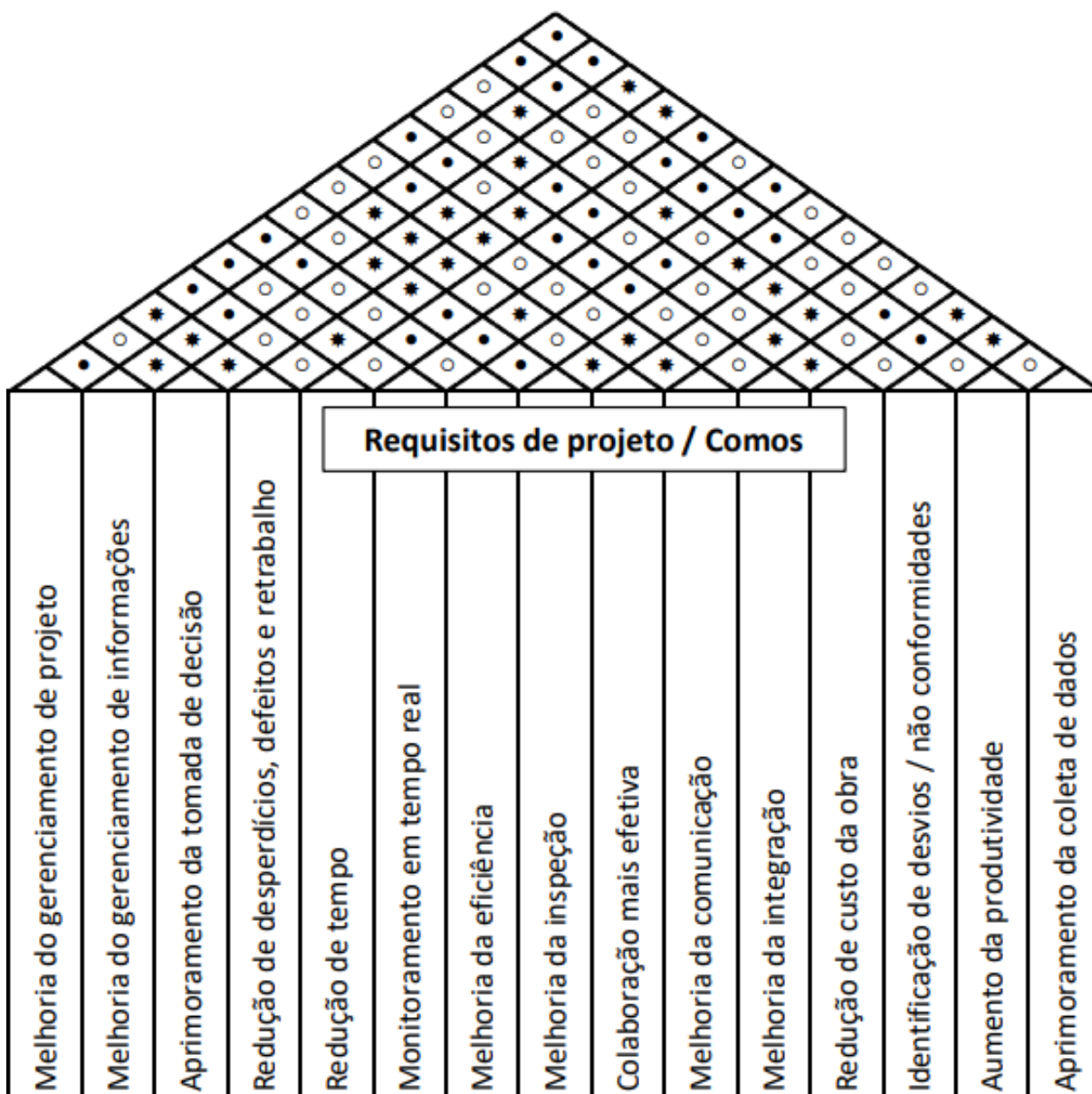
Figura 19: Relacionamento dos “o que” e “como”

Necessidades dos clientes / Quês	Importância	Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria do gerenciamento de informações	Aprimoramento da tomada de decisão	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Requisitos de projeto / Comos						Redução de custo da obra	Identificação de desvios / não conformidades	Aumento da produtividade	Aprimoramento da coleta de dados
						Redução de tempo	Monitoramento em tempo real	Melhoria da eficiência	Melhoria da inspeção	Colaboração mais efetiva	Melhoria da comunicação				
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)	10	●	●	○	○	●	●	●	●	○	●	●	○	●	●
BIM (Modelagem da Informação da Construção)	9	●	○	●	●	●	●	△	●	○	●	●	●	●	○
FVS Digital	8	●	●	●	●	●	●	○	△	△	●	●	△	△	△
Digitalização a laser e fotogrametria	7	●	△	○	△	●	●	●	○	●	△	●	●	●	○
3D Laser Scanning (LS)	6	●	△	○	△	●	●	●	○	●	△	●	●	●	○
Radio Frequency Identification (RFID)	5	●	●	△	△	●	○	●	△	△	△	△	●	△	●
Internet das Coisas (IoT)	4	●	●	○	○	●	△	●	○	○	●	●	△	△	○
Realidade Aumentada (AR)	3	●	○	△	△	●	●	●	○	○	●	●	△	△	○
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTS)	2	●	○	△	△	○	●	●	●	△	△	●	●	△	○
Realidade Virtual (VR)	1	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	0	○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	○	△	△	△

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

iv) **Relacionamento dos “como”**: nessa etapa, as próprias características encontradas na bibliometria são analisadas e correlacionadas entre si com os seguintes graus de intensidade: positiva forte, positiva, negativa forte e negativa. O critério para a correlação adotada baseia-se na quantidade de vezes que os benefícios identificados para o uso das tecnologias apareceram combinados na análise qualitativa da bibliometria. Após a análise realizada, a média das quantidades de vezes que os benefícios apareceram combinados é igual a 5. Dessa forma, a frequência dos benefícios combinados maiores ou iguais a 5 (cinco) vezes foi classificada como relação fortemente positiva, menores do que 5 (cinco) como positiva. Os demais benefícios que não tiveram utilização em comum nas tecnologias são relacionados conforme a revisão bibliográfica. A simbologia indica: ● (relação fortemente positiva), ○ (relação positiva), * (relação negativa) e ◇ (relação fortemente negativa).

Figura 20: Relacionamento dos benefícios obtidos pela implementação das tecnologias



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

v) **Benchmarking Externo**: nessa etapa foram feitas três análises: i) as tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade adotadas nas empresas dos respondentes (Gráfico 29, aplicação do questionário); ii) as tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade que os respondentes gostariam de aplicar no local de trabalho e que trariam maior confiabilidade e segurança nas atividades (Gráfico 28, aplicação do questionário) e; iii) tecnologias utilizadas no estudo de caso (Etapa C). Os níveis de avaliação foram feitos com base na ocorrência das tecnologias

encontradas, em que 1 significa nenhuma tecnologia encontrada e 5 as tecnologias que tiveram maior ocorrência em cada fonte obtida.

De acordo com o Gráfico 29, seis tecnologias foram adotadas nas empresas. As duas tecnologias mais utilizadas receberam 5 para o nível de avaliação. As demais notas foram obtidas a partir da ocorrência. Em relação às tecnologias que os respondentes desejariam aplicar em suas atividades, o Gráfico 34 apresentou dez tecnologias, os níveis de avaliação foram feitos a partir da ocorrência de cada tecnologia nas respostas. A última análise foi feita com as tecnologias adotadas no estudo de caso, que evidenciou apenas duas: dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*) e FVS Digital.

Figura 21: *Benchmarking* Externo

Necessidades dos clientes / Quês	Benchmarking Externo		
	Tecnologias adotadas nas empresas (questionário)	Tecnologias que desejariam adotar nas empresas (questionário)	Tecnologias utilizadas no estudo de caso
Dispositivos móveis (<i>smartphone</i> e <i>tablet</i>)	5	5	5
BIM (Modelagem da Informação da Construção)	1	5	1
FVS Digital	5	4	5
Digitalização a laser e fotogrametria	1	3	1
3D Laser Scanning (LS)	1	3	1
Radio Frequency Identification (RFID)	1	2	1
Internet das Coisas (IoT)	1	3	1
Realidade Aumentada (AR)	1	1	1
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)	4	4	1
Realidade Virtual (VR)	1	1	1
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

- vi) **Benchmarking Interno:** nessa etapa, foram analisados os benefícios observados na adoção das tecnologias nas empresas dos respondentes

do questionário (Gráfico 33), que foram hierarquizados conforme a quantidade de respostas obtidas. Dessa forma, foram atribuídos valores de 1 (respostas menos obtidas) a 5 (respostas mais obtidas). Os benefícios obtidos no questionário (*benchmarking* interno) foram relacionados aos benefícios obtidos na bibliometria (requisitos do projeto), de acordo com a Tabela 21.

Tabela 14: Correlação entre os benefícios análise bibliométrica e os benefícios do questionário

Item	Benefícios Bibliometria (Tabela 10)	Benefícios Questionário (Gráfico 33)	Nível (1 a 5)
1	Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria na gestão e controle de execução	53
2	Melhoria do gerenciamento de informações	Transparência das informações de campo	5
3	Aprimoramento da tomada de decisão	Celeridade no processo de tomada de decisão	3
4	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Diminuição de retrabalho nas atividades	4
5	Redução de tempo	Cumprimento ao prazo contratual	1
6	Monitoramento em tempo real	Previsibilidade na identificação de desvios	4
7	Melhoria da eficiência	Cumprimento ao prazo contratual	1
8	Melhoria da inspeção	Previsibilidade na identificação de desvios	4
9	Colaboração mais efetiva	Confiabilidade no processo e na equipe	2
10	Melhoria da comunicação	Transparência das informações de campo	5
11	Melhoria da integração	Desburocratização	1
12	Redução de custo da obra	Cumprimento ao prazo contratual	1
13	Identificação de desvios / não conformidades	Previsibilidade na identificação de desvios	4
14	Aumento da produtividade	Cumprimento ao prazo contratual	1
15	Aprimoramento da coleta de dados	Transparência das informações de campo	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Portanto, após a correlação dos benefícios, a análise de mercado interna (*benchmarking* interno) foi realizada conforme mostra-se na Figura 22.

Figura 22: Análise *benchmarking* interno

	Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria do gerenciamento de informações	Aprimoramento da tomada de decisão	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Requisitos de projeto / Comos							Identificação de desvios / não conformidades	Aumento da produtividade	Aprimoramento da coleta de dados	
					Redução de tempo	Monitoramento em tempo real	Melhoria da eficiência	Melhoria da inspeção	Colaboração mais efetiva	Melhoria da comunicação	Melhoria da integração				Redução de custo da obra
<i>Benchmarking</i> Interno	5	5	3	4	1	4	1	4	2	5	1	1	4	1	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

vii) **Análise final:** Nessa etapa, foi realizada a quantificação dos benefícios esperados com a implementação das tecnologias de controle e apoio da Qualidade. A Figura 23 apresenta a quantificação dos benefícios obtida por meio da análise do QFD.

Figura 23: Análise final dos benefícios obtidos com a implementação das tecnologias

	Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria do gerenciamento de informações	Aprimoramento da tomada de decisão	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Requisitos de projeto / Comos							Identificação de desvios / não conformidades	Aumento da produtividade	Aprimoramento da coleta de dados	
					Redução de tempo	Monitoramento em tempo real	Melhoria da eficiência	Melhoria da inspeção	Colaboração mais efetiva	Melhoria da comunicação	Melhoria da integração				Redução de custo da obra
Importância Absoluta	489	299	245	219	475	353	487	297	211	277	449	423	251	345	267
Importância Relativa	1	8	13	14	3	6	2	9	15	10	4	5	12	7	11

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Portanto, a utilização da ferramenta QFD⁴ proporcionou a classificação do grau de importância de cada benefício obtido na implementação das tecnologias de controle e apoio da Qualidade. Os benefícios foram definidos nos requisitos de projeto, por meio das publicações científicas selecionadas na bibliometria e correlacionadas

⁴ A Matriz QFD na íntegra encontra-se no Apêndice C.

com as necessidades dos profissionais da Qualidade e de áreas correlatas que atuam nos canteiros de obras da construção civil, com auxílio da aplicação do questionário.

Dessa forma, foi possível hierarquizar os benefícios encontrados de acordo com os valores de importância relativa obtidos. Dentre os cinco principais benefícios advindos do uso das tecnologias estão: 1. Melhoria do gerenciamento de projeto; 2. Melhoria da eficiência; 3. Redução de tempo; 4. Melhoria da integração e redução de custo da obra. Em relação aos benefícios menos relevantes, estão: 13. Aprimoramento da tomada de decisão; 14. Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho; e 15. Colaboração mais efetiva, pois resolvendo os benefícios prioritários, esses últimos também podem ser solucionados.

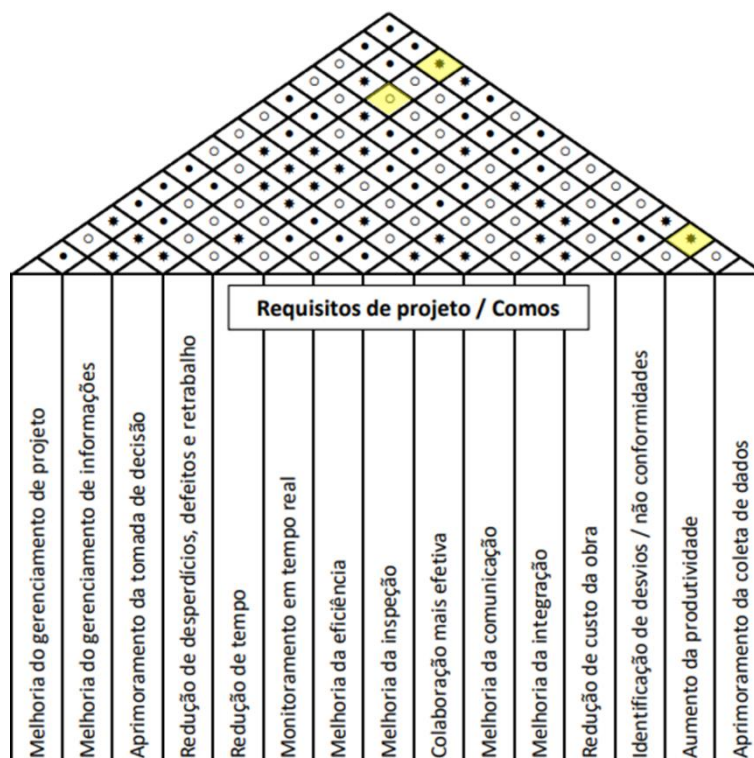
Em relação à análise de mercado externa realizada (*benchmarking* externo), foi demonstrado pelos resultados que as tecnologias listadas nos requisitos do cliente (advindas da bibliometria) estão sendo pouco utilizadas nos canteiros de obras, conforme a coluna "*Tecnologias adotadas nas empresas (questionário)*" (Figura 21), pois apenas duas tecnologias receberam a avaliação máxima (igual a 5), ou seja, apenas 18,2% das tecnologias. Apenas uma tecnologia obteve avaliação igual a 4 (9,1%). As demais tecnologias obtiveram avaliação igual a 1, ou seja, 72,7% do total. A avaliação evidencia, portanto, que a diversidade das tecnologias pesquisadas no meio acadêmico é maior do que as implementadas nos canteiros de obra, o que confirma a hipótese levantada no objetivo: "*muitas tecnologias para controle e análise da Qualidade ainda não estão inseridas nos canteiros de obras*".

Em relação à avaliação sobre as tecnologias que desejariam adotar nas empresas, nos resultados foi revelado que a avaliação foi mais distribuída, pois 18,2% das tecnologias receberam pontuação máxima (igual a 5) para utilização, seguida também por 18,2% que receberam pontuação igual a 4. Nas demais avaliações foi observado que 27,3% das tecnologias receberam nota 3 e 1, e apenas uma tecnologia, ou seja, 9,1% recebeu nota igual a 2. O resultado dessa avaliação de mercado revela que os profissionais respondentes do questionário são receptivos e possuem interesse em adotar novas tecnologias em suas atividades.

Com referência ao estudo de caso, apenas duas tecnologias: i) dispositivos móveis - *smartphone* e *tablet*; e ii) FVS Digital, receberam avaliação máxima, pois foram as utilizadas nos canteiros de obra. As demais tecnologias, por não serem utilizadas, receberam avaliação mínima.

Dentre as hipóteses levantadas no objetivo desta dissertação, algumas puderam ser verificadas, através dos benefícios citados no QFD e suas respectivas relações. Para a primeira hipótese levantada: “A coleta de dados em tempo real é precisa na identificação de desvios e tornou o processo de tomada de decisão mais célere”, pode ser verificada a relação entre estes benefícios de acordo com a Figura 24. Sendo assim, é possível observar que não foram encontradas relações diretas entre a coleta de dados e a identificação de desvios, bem como a coleta de dados e o processo de tomada de decisão na análise qualitativa da bibliometria. Em relação à identificação de desvios e o processo de tomada de decisão, a análise do QFD revelou que estes dois benefícios estão relacionados positivamente.

Figura 24: Relação entre a coleta de dados, identificação de desvios e aprimoramento da tomada de decisão



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Para a hipótese “através da tecnologia é possível que os gestores tenham acesso às informações de campo de uma forma mais ágil e fidedigna”, a análise do QFD (Figura 25) demonstrou que das 11 tecnologias analisadas, 4 possuem relação forte com a melhoria do gerenciamento de informações e 3 possuem relação média. Dessa forma, aproximadamente 64% das tecnologias auxiliam nesse benefício. Em relação ao aprimoramento da coleta de dados, por esse resultado foi possível afirmar

que 7 em 11 tecnologias, ou seja, aproximadamente 64% delas, possuem relação forte ou média com o benefício analisado. Portanto, a hipótese apontada pode ser confirmada.

Figura 25: Correlação entre os benefícios e as tecnologias

Necessidades dos clientes / Quês	Importância	Requisitos de projeto / Comos														
		Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria do gerenciamento de informações	Aprimoramento da tomada de decisão	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Redução de tempo	Monitoramento em tempo real	Melhoria da eficiência	Melhoria da inspeção	Colaboração mais efetiva	Melhoria da comunicação	Melhoria da integração	Redução de custo da obra	Identificação de desvios / não conformidades	Aumento da produtividade	Aprimoramento da coleta de dados
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)	10	●	●	○	○	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●
BIM (Modelagem da Informação da Construção)	9	●	○	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●	●	○
FVS Digital	8	●	●	●	●	●	●	○	△	●	●	△	△	△	△	△
Digitalização a laser e fotogrametria	7	●	△	○	△	●	●	○	●	△	●	●	●	○	●	●
3D Laser Scanning (LS)	6	●	△	○	△	●	●	○	○	○	●	●	●	○	○	△
Radio Frequency Identification (RFID)	5	●	●	△	△	●	○	●	△	△	△	△	●	△	●	●
Internet das Coisas (IoT)	4	●	●	○	○	●	△	●	○	○	△	●	●	△	●	○
Realidade Aumentada (AR)	3	●	○	△	△	●	●	○	○	○	●	●	△	●	○	○
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTS)	2	●	○	△	△	○	●	●	●	△	△	●	●	△	●	○
Realidade Virtual (VR)	1	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△	△
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	0	○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Em relação à hipótese “a criação de um banco de dados (Big Data) e Machine Learning podem contribuir para o aprimoramento de informações e, conseqüentemente, na antecipação e melhoria da tomada de decisão”, as tecnologias (Big Data) e Machine Learning não foram analisadas no QFD. Entretanto, como elas estão relacionados à IoT (Internet das Coisas), a análise do QFD indica que há uma relação forte entre essa tecnologia e o benefício “melhoria do gerenciamento de informações”.

A hipótese “a adoção das tecnologias proporcionou uma desburocratização, isto é, eliminação ou redução dos trâmites de (sistema, processo etc.) relacionados ao controle da Qualidade, simplificando e agilizando os serviços”, também pode ser analisada por meio do QFD, em que o benefício “melhoria da integração” foi correlacionado com a desburocratização. O resultado revelou que oito tecnologias possuem relação forte com a melhoria da integração, ou seja, 72,7%, e duas possuem relação média. Portanto, há um total de aproximadamente 91% das tecnologias com relação forte ou média com o benefício avaliado, o que confirma a hipótese levantada.

4.4.2 FMEA (Análise dos modos e efeitos das falhas)

A aplicação do FMEA foi utilizada para analisar como a implementação de tecnologias de apoio e controle da Qualidade auxiliam na diminuição ou prevenção das principais dificuldades/deficiências, evidenciadas na aplicação do questionário. A análise baseada no FMEA consistiu nas seguintes etapas:

- i) **Identificação das possíveis causas de falha em um processo:** as dificuldades e deficiências foram identificadas a partir da aplicação do questionário de acordo com as respostas: i) dificuldades/deficiências observadas durante o acompanhamento das atividades (Gráfico 21); ii) dificuldades encontradas na Gestão da Qualidade nos locais de trabalho (Gráfico 24); iii) problemas relacionados à falta de acompanhamento e Controle da Qualidade (Gráfico 26). As dificuldades/deficiências constadas e a fonte dessas respostas estão na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

- ii) **Atribuição dos valores de escala:** Para cada dificuldade e deficiência encontrada foi atribuído um valor (escala de 1 a 10), conforme a gravidade (G), ocorrência (O) e probabilidade de detecção da falha (D). Para essa análise, as respostas *“Comunicação interna”* (Gráfico 21 - Questionário) e *“Falta de comunicação interna”* (Gráfico 24 - Questionário) foram agrupadas. Isso também ocorreu na resposta *“Equipe despreparada para auxiliar no controle da Qualidade”* Gráfico 24 (Questionário) e *“Falta de capacitação da equipe da obra”* Gráfico 21 (Questionário). A opção de resposta *“Nenhuma dificuldade”* (Gráfico 21 - Questionário) foi removida da análise, pois não se referia a nenhum problema específico. Para análise da gravidade (G) foi considerado como cada dificuldade/deficiência estava relacionada com o grau de importância dos benefícios obtidos com a implementação das tecnologias, de acordo com o resultado do QFD (Figura 23). Quanto maior o grau de importância, maior a gravidade das deficiências/dificuldades. A correlação entre o grau de importância dos benefícios analisados no QFD e as dificuldades/deficiências presentes no questionário estão na Tabela 23.

Tabela 15: Deficiências / dificuldades encontradas na aplicação do questionário e valores de escala atribuídos

Deficiências / Dificuldade	Fonte	Quantidade
Falta de comunicação interna	Gráfico 24 (Questionário)	59
Retrabalho nas atividades	Gráfico 26 (Questionário)	32
Equipe despreparada para auxiliar no controle da Qualidade	Gráfico 24 (Questionário)	27
Falta de acompanhamento dos gestores	Gráfico 24 (Questionário)	26
Execução em desconformidade com o projeto	Gráfico 26 (Questionário)	25
Atividades executadas sem sequenciamento	Gráfico 26 (Questionário)	25
Realização de atividades não programadas	Gráfico 21 (Questionário)	24
Desperdício de material	Gráfico 26 (Questionário)	23
Aumento no prazo dos serviços	Gráfico 26 (Questionário)	20
Falta de tecnologia de apoio ao controle e monitoramento da Qualidade	Gráfico 24 (Questionário)	17
Morosidade para tomada de decisão	Gráfico 21 (Questionário)	15
Aditivos contratuais (prazo e valor)	Gráfico 26 (Questionário)	15
Ausência de autonomia	Gráfico 21 (Questionário)	14
Falta de coleta e análise de dados para avaliação da Qualidade	Gráfico 24 (Questionário)	12
Ausência de documentação em campo (projetos, fichas de verificação...)	Gráfico 21 (Questionário)	11
Falta de tempo para rever as atividades	Gráfico 24 (Questionário)	10
Ausência em inspeções de materiais	Gráfico 26 (Questionário)	10
Falta de insumos em estoque	Gráfico 26 (Questionário)	10
Ausência de realização de ensaios	Gráfico 26 (Questionário)	9
Excesso de insumo em estoque	Gráfico 26 (Questionário)	3
Excessiva revisão de projeto posterior a execução	Gráfico 21 (Questionário)	1
Falta de recursos	Gráfico 21 (Questionário)	1
Negação e desentendimento sobre a necessidade da Qualidade	Gráfico 21 (Questionário)	1
Incompatibilidade de informações, projetos e orçamentos	Gráfico 21 (Questionário)	1
Falta de conhecimento do setor da Qualidade	Gráfico 24 (Questionário)	1
Ausência de parâmetros pré-estabelecidos no contrato	Gráfico 24 (Questionário)	1
Deficiência no detalhamento dos projetos	Gráfico 24 (Questionário)	1
Deficiência de especificações dos materiais e equipamentos	Gráfico 24 (Questionário)	1
Revisão de projeto posterior a execução	Gráfico 26 (Questionário)	1
Preenchimento das fichas de campo	Gráfico 26 (Questionário)	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 16: Correlação entre o grau de importância dos benefícios analisados no QFD e as dificuldades/deficiências presentes no questionário

Benefício	Grau de importância (QFD)	Gravidade (G)
Melhoria do gerenciamento de projeto	1	10
Melhoria da eficiência	2	10
Redução de tempo	3	9
Melhoria da integração	4	9
Redução de custo da obra	5	8
Monitoramento em tempo real	6	8
Aumento da produtividade	7	7
Melhoria do gerenciamento de informações	8	7
Melhoria da inspeção	9	6
Melhoria da comunicação	10	6
Aprimoramento da coleta de dados	11	5
Identificação de desvios / não conformidades	12	4
Aprimoramento da tomada de decisão	13	3
Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	14	2
Colaboração mais efetiva	15	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Para a determinação da ocorrência (O), as deficiências/dificuldades foram classificadas em uma escala de 0 a 10 conforme a quantidade de respostas obtidas na aplicação do questionário. Em relação à determinação da probabilidade de detecção da falha (D), quanto maior é a ocorrência das deficiências/dificuldades, maior é a probabilidade do desvio ser detectado. Portanto, as probabilidades de detecção da falha foram definidas a partir da ocorrência de acordo com a escala: 1 muito provável e 10 pouco provável. A Tabela 24 apresenta os valores de escala para a gravidade (G), ocorrência (O) e probabilidade de detecção (D).

iii) Utilização da matriz de riscos e iv) Classificação dos modos de falha identificados: Após a atribuição dos valores de escala para a gravidade (G), ocorrência (O) e probabilidade de detecção (D), gerou-se um número de prioridade de risco (RPN – do inglês *Risk Priority Number*) através da multiplicação dos valores G, O e D. Portanto, os modos de falha foram classificados em ordem decrescente, ou seja, quanto maior o número, mais crítica é a falha.

iv) Proposta de solução: Para os quatorze primeiros modos de falha mais críticos, a partir dos resultados obtidos, são apresentadas propostas de solução baseando-se nas tecnologias existentes, evidenciadas na bibliometria e estudo de caso, ou em desenvolvimento relacionadas ao controle e apoio da qualidade. A escolha das tecnologias, que melhor resolvem os problemas identificados, é feita a

partir da análise do QFD, ou seja, com base nos benefícios que solucionariam os problemas e que possuem relação forte com as tecnologias pesquisadas (Figura 19). Na Tabela 25 são apresentados os valores de escala para a gravidade (G), ocorrência (O) e probabilidade de detecção (D) e a classificação dos modos de falha de acordo com a matriz de risco. Na Tabela 18, as deficiências/dificuldades foram correlacionadas com os benefícios apresentados no QFD e as tecnologias que constam nessa tabela também foram obtidas por meio do resultado do QFD.

Tabela 17: Valores de escala para a gravidade (G), ocorrência (O) e probabilidade de detecção (D) e classificação dos modos de falha de acordo com a matriz de risco (RPN)

Deficiências / Dificuldades	Gravidade (G)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	G x O x D = RPN
Falta de tecnologia de apoio ao controle e monitoramento da Qualidade	10	6	5	300
Aditivos contratuais (prazo e valor)	9	6	5	270
Falta de tempo para rever as atividades	9	4	7	252
Ausência de realização de ensaios	9	4	7	252
Falta de acompanhamento dos gestores	10	8	3	240
Equipe despreparada para auxiliar no controle da Qualidade	10	8	3	240
Realização de atividades não programadas	10	8	3	240
Atividades executadas sem sequenciamento	9	8	3	216
Ausência de documentação em campo (projetos, fichas de verificação...)	7	5	6	210
Aumento no prazo dos serviços	7	7	4	196
Falta de insumos em estoque	7	4	7	196
Ausência em inspeções de materiais	6	4	7	168
Excesso de insumo em estoque	7	3	8	168
Falta de coleta e análise de dados para avaliação da Qualidade	5	5	6	150
Excessiva revisão de projeto posterior a execução	10	1	10	100
Negação e desentendimento sobre a necessidade da Qualidade	10	1	10	100
Falta de conhecimento do setor da Qualidade	10	1	10	100
Ausência de parâmetros pré-estabelecidos no contrato	10	1	10	100
Execução em desconformidade com o projeto	4	8	3	96
Morosidade para tomada de decisão	3	6	5	90
Ausência de autonomia	3	5	6	90
Falta de recursos	9	1	10	90
Incompatibilidade de informações, projetos e orçamentos	7	1	10	70
Deficiência no detalhamento dos projetos	7	1	10	70
Deficiência de especificações dos materiais e equipamentos	7	1	10	70
Revisão de projeto posterior a execução	7	1	10	70

Tabela 18: Valores de escala para a gravidade (G), ocorrência (O) e probabilidade de detecção (D) e classificação dos modos de falha de acordo com a matriz de risco (RPN)

	(conclusão)			
Preenchimento das fichas de campo	7	1	10	70
Falta de comunicação interna	6	10	1	60
Desperdício de material	2	7	4	56
Retrabalho nas atividades	2	9	2	36

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 19: Tecnologias selecionadas para solucionar as deficiências/dificuldades

Deficiências / Dificuldades	Benefício	Tecnologias
Falta de tecnologia de apoio ao controle e monitoramento da Qualidade	Melhoria do gerenciamento de projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (<i>smartphone</i> e <i>tablet</i>) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Aditivos contratuais (prazo e valor)	Redução de tempo	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (<i>smartphone</i> e <i>tablet</i>) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR)
Falta de tempo para rever as atividades	Redução de tempo	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (<i>smartphone</i> e <i>tablet</i>) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D <i>Laser Scanning</i> (LS) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 20: Tecnologias selecionadas para solucionar as deficiências/dificuldades

(continuação)

Ausência de realização de ensaios	Melhoria da integração	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Falta de acompanhamento dos gestores	Melhoria do gerenciamento de projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Equipe despreparada para auxiliar no controle da Qualidade	Melhoria do gerenciamento de projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Realização de atividades não programadas	Melhoria do gerenciamento de projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 21: Tecnologias selecionadas para solucionar as deficiências/dificuldades

(conclusão)

Deficiências / Dificuldades	Benefício	Tecnologias
Atividades executadas sem sequenciamento	Melhoria da integração	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - FVS Digital - Digitalização a laser e fotogrametria - 3D Laser Scanning (LS) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Ausência de documentação em campo (projetos, fichas de verificação...)	Melhoria do gerenciamento de informações	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - FVS Digital - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT)
Aumento no prazo dos serviços	Aumento da produtividade	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Falta de insumos em estoque	Melhoria do gerenciamento de informações	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - FVS Digital - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT)
Ausência em inspeções de materiais	Melhoria da inspeção	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - BIM (Modelagem da Informação da Construção) - Realidade Aumentada (AR) - Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)
Excesso de insumo em estoque	Melhoria do gerenciamento de informações	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - FVS Digital - Radio Frequency Identification (RFID) - Internet das Coisas (IoT)
Falta de coleta e análise de dados para avaliação da Qualidade	Aprimoramento da coleta de dados	- Dispositivos móveis (smartphone e tablet) - Digitalização a laser e fotogrametria - Radio Frequency Identification (RFID)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tabela 22: Resumo das quantidades apresentadas na Tabela 25

Tecnologia	Quantidade
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)	14
Internet das Coisas (IoT)	12
FVS Digital	11
Radio Frequency Identification (RFID)	11
BIM (Modelagem da Informação da Construção)	10
Realidade Aumentada (AR)	10
Digitalização a laser e fotogrametria	9
3D Laser Scanning (LS)	8
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTs)	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.4.2 COMPARAÇÃO ENTRE O ESTUDO DE CASO E A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Observa-se que alguns conceitos apresentados na revisão bibliográfica estão presentes no estudo de caso, como por exemplo, o controle estatístico e os gráficos de controle que são evidenciados no estudo de caso através dos relatórios gerados pelo AutoLab. Além disso, pode-se observar que algumas dificuldades e deficiências apresentadas na literatura foram evidenciadas durante a aplicação do AutoLab, como por exemplo, uso de mão de obra pouco qualificada (BLUMENSCHNEIN, 2004). Este fato pode ser verificado devido à necessidade de um responsável exclusivo para transferir os resultados dos ensaios obtidos pelos laboratoristas, que eram preenchidos em uma folha, para o *software*, uma vez que os laboratoristas não foram treinados ou não sabiam operar diretamente na plataforma.

Como benefícios, a literatura apresenta que o uso de dispositivos móveis no canteiro de obras tem forte potencial para melhorar o nível de compartilhamento de dados e as práticas de comunicação na indústria da construção, representando oportunidades para inovar os processos existentes de gestão da construção (KIMOTO *et al.*, 2005; KIM *et al.*, 2008; NOURBAKHSI *et al.*, 2012). Este benefício pode ser observado no uso da plataforma AutoLab, pois o compartilhamento de informações entre a empresa executora e a fiscalização é feita em tempo real, facilitando a entrega das informações e desburocratizando o processo.

Em relação à tecnologia *CheckList* Digital, a alta rotatividade existente na construção civil apresentada por Neves (2014) contribui para dificultar a implantação dessa ferramenta, pois devido a este fator, a empresa não conseguiu treinar em tempo

hábil os profissionais da equipe que participariam deste processo. Dessa forma, quanto mais tempo se passava, menos viável tornou-se a aplicação dessa ferramenta, pois se aproximava o fim do período de execução da obra pela empresa.

No que se refere aos benefícios da utilização do *CheckList* Digital, embora a empresa não tenha conseguido implementá-lo, a literatura apresenta como benefícios da utilização de dispositivos móveis como smartphone e tablet o compartilhamento de informações em tempo real e diminuição dos problemas relacionados à excessiva documentação física, que estão em consonância com os benefícios esperados na utilização dessa ferramenta.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, a investigação dos impactos da implementação de tecnologias de apoio ao controle e análise da qualidade nas atividades do canteiro de obras por meio da pesquisa bibliográfica, bibliometria e pesquisa de campo (aplicação de questionário e estudo de caso), com a utilização das ferramentas QFD (Desdobramento da Função Qualidade), FMEA (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos), permitiu a obtenção de um panorama, apresentando como as tecnologias estão se desenvolvendo no meio acadêmico e aplicadas em obras da construção civil.

Na análise quantitativa da bibliometria foi mostrado que nas bases de dados pesquisadas Google Acadêmico, *Scopus* e *Web of Science*, nessas duas últimas, acessadas por meio do Portal de Periódicos CAPES, houve um número significativo de publicações relacionadas a tecnologias de apoio e controle da Qualidade (mais de cem publicações). Nas publicações selecionadas, foram identificadas vinte e quatro tecnologias distintas, que podem ser utilizadas de forma conjunta, fornecendo múltiplos benefícios e aplicações nos canteiros de obra, ou de forma isolada. Além disso, a análise quantitativa permitiu acompanhar a evolução das tecnologias no meio acadêmico, apontando a tendência para a aplicação do BIM (Modelagem da Informação da Construção) e início de estudos para inserção da IoT (Internet das Coisas) nos canteiros de obra. O cenário das pesquisas no meio acadêmico internacional ainda revelou a predominância de publicações de países como Estados Unidos e China em relação aos demais países.

Por meio da análise qualitativa dos artigos selecionados, verificou-se que, dentre as publicações cuja metodologia adotada foi o estudo de caso, onze tecnologias foram mais citadas nos trabalhos científicos, com destaque para o BIM (Modelagem da Informação da Construção) e a utilização de dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*) nos canteiros de obra. Dentre as principais vantagens para implementação destas tecnologias estão: eficiência, gerenciamento do projeto e redução do tempo. Em relação às desvantagens/desafios estão: custo para implementação das tecnologias, baixo conhecimento da tecnologia pelos trabalhadores e necessidade de mais pesquisas sobre as tecnologias.

A coleta de dados por meio da aplicação do questionário mostrou que o perfil dos respondentes e das empresas foi bastante variado, o que contribuiu para uma amostragem diversificada. O questionário forneceu o mapeamento das atividades da

Qualidade executadas no canteiro de obras e promoveu a identificação das dificuldades/deficiências, eficiência, retrabalho, instrumentos de monitoramento, problemas e tecnologias envolvidas no processo, o que subsidiou as análises posteriores como o QFD e o FMEA. Em relação à adoção das tecnologias, as respostas do questionário revelaram que grande parte das empresas, cerca de 63,64%, já as utilizam e que a principal dificuldade observada foi a “resistência à mudança”, o que contribui para que a construção civil continue sendo caracterizada como atrasada tecnologicamente em relação aos demais setores industriais.

Em relação ao estudo de caso, apenas uma tecnologia (*AutoLab*) foi analisada, pois a aplicação da outra tecnologia prevista (*CheckList Digital*) pela empresa não ocorreu em virtude da demora para aquisição da ferramenta e, conseqüentemente, acúmulo de atividades no setor da qualidade inviabilizando os treinamentos necessários à utilização da ferramenta e agravado pela alta rotatividade da equipe. A tecnologia ali implantada, o *AutoLab*, mostrou-se uma ferramenta útil na desburocratização na tramitação dos ensaios, organização das informações e otimização nas análises dos resultados. Entretanto, foi observada uma dificuldade relacionada à adaptação e melhor aproveitamento da ferramenta pelos trabalhadores, uma vez que havia um profissional exclusivo para transferir as informações das fichas manuscritas (feitas pelos laboratoristas) para o meio digital, o que poderia ser eliminado por meio de treinamento dos profissionais responsáveis pelos ensaios para atuar diretamente no *software*.

A análise do QFD mostrou-se útil para comparação das diferentes fontes pesquisadas (bibliometria, coleta de dados – questionário e estudo de caso) relacionadas à implementação das tecnologias, o que contribuiu para o cumprimento do objetivo de classificar os principais benefícios advindos da utilização das tecnologias. Além disso, por meio do QFD foi possível relacionar como cada benefício está atrelado à tecnologia e qual é o grau dessa relação (forte, médio ou fraco). Essas informações auxiliam os gestores na escolha das tecnologias conforme a necessidade e particularidade de cada localidade. Desse modo, o QDF tornou-se uma ferramenta completa, uma vez que permitiu ainda a correlação das tecnologias apontadas na bibliometria com as utilizadas nos canteiros de obra obtidas por meio da aplicação do questionário e estudo de caso, o que permitiu afirmar que as tecnologias pesquisadas ainda não estão sendo amplamente utilizadas na rotina dos profissionais da

Qualidade. Ademais, a partir das diferentes correlações possíveis na utilização do QDF, o resultado da análise realizada embasou a verificação das hipóteses levantadas no início dessa dissertação, comprovando-as ou refutando-as,

O FMEA permitiu analisar como a implementação de tecnologias de apoio e controle da Qualidade podem auxiliar na diminuição ou prevenção das principais dificuldades/deficiências, evidenciadas na aplicação do questionário. Deste modo, a utilização dessa ferramenta também contribuiu para a escolha das tecnologias a serem adotadas nos canteiros de obra por parte da equipe de Qualidade. O resultado do FMEA classificou em ordem de importância quais tecnologias que são capazes de eliminar ou diminuir as principais deficiências/dificuldades existentes nos canteiros de obra. Dessa forma, as três tecnologias com maior capacidade de resolução dos problemas encontradas nesta pesquisa foram: Dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*), *Internet* das Coisas (IoT) e FVS Digital.

Portanto, esta dissertação pode ser útil no objetivo proposto de auxiliar a tomada de decisão dos gestores, principalmente ao que tange à coleta de informações durante o processo construtivo, inserção de tecnologias no controle da qualidade, garantia e cumprimento de prazos e custos estabelecidos no empreendimento. Além disso, ela pode contribuir para o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas futuras relacionadas à inovação, que objetivem diminuir atrasos nos processos da construção civil.

Como sugestão a pesquisas futuras, recomenda-se avaliar de forma detalhada a implementação de tecnologias recentes, como por exemplo a *Internet* das Coisas (IoT), pois observou-se neste trabalho que a partir de 2021 houve um aumento do número de publicações relacionadas à essa tecnologia. Além disso, de acordo com a bibliometria e com análise do FMEA, a IoT mostrou-se útil para eliminação ou diminuição das principais deficiências/dificuldades encontradas no acompanhamento das atividades de Qualidade em canteiros de obra.

REFERÊNCIAS (REFERENCIAL TEÓRICO)

AKINCI, B., BOUKAMP, F., GORDON, C., HUBER, D., LYONS, C., & PARK, K. "A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control." *Autom. Constr.*, 15(2), 124–138,(2006).

ALLBIEN, E.; GROT, U.; SCHNEIDEREIT, U. The new method of the quality system. *Industrial Engineering and Management*, Los Angeles, vol. 5, s/n, 1998.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. *Qualidade na prática: conceitos e ferramentas*. SENAI, 2003.

ASGARI, Z.; RAHIMIAN, F. P. *Advanced Virtual Reality Applications and Intelligent Agents for Construction Process Optimisation and Defect Prevention*. *Procedia Engineering*, n. 196, p. 1130-1137, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001:2015: *Sistemas de gestão da qualidade - requisitos*. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575:2021: *Edificações habitacionais — Desempenho*. Rio de Janeiro, 2021.

AUTOLAB, 2021. <http://rpar.sistema-autolab.com.br/modulos/Login?t=/modulos/inicio>. 28 de setembro de 2021.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 124, n. 1, p. 11-17, 1998.

BLUMENSCHHEIN, R. N. *A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção*. [S.I.] Universidade de Brasília (UnB), 2004.

BÖES, Jeferson Spiering; PATZLAFF, Jeferson Ost. *Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade de obras—estudo de caso*. *Revista de Arquitetura IMED*, v. 5, n. 1, p. 75-92, 2016.

BORGES, Juliana Ferreira Barbosa. *Gestão de projetos na construção civil*. *Revista Especialize On-line Ipog*, Goiânia, v. 1, n. 5, p. 1-16, 2013.

CAMFIELD, Claudio Eduardo Ramos; POLACINSKI, E.; GODOY, L. P. *Estudo dos Impactos da Certificação ISO 9000: o caso de empresas da construção civil*. Bauru-Sp: Simpep, 2006.

CARDOSO, L. da S. P.; LEPIKSON, H. A. *ESTUDO EXPLORATÓRIO DAS TECNOLOGIAS DE CONTROLE DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, AUTOMATIZADAS E INTEGRADAS AO BIM. IV SIINTEC (International Symposium on Innovation and Technology)*. 2018.

CARELLI, L. P. F.; RODRIGUEZ, Carlos Manuel Taboada; RÔA, Larissa Maynara. *Proposta de adequação do processo de inspeção com base nos conceitos*

do lean manufacturing: estudo de caso em um fabricante de equipamentos agrícolas. *Journal of Lean Systems*, Florianópolis, SC, v. 1, n. 4, p. 66-86, 2016.

CARPINETTI, L. C. R. *Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas*. São Paulo: Atlas, 2010.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. *Gestão da Qualidade: Teoria e casos*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier editora, 2012.

CENTURION, V. B. C. Controle estatístico da qualidade aplicado ao gerenciamento de obras de edificações. *Revista On-Line IPOG (Instituto de Pós-Graduação e Graduação – IPOG)*. João Pessoa, 2018.

CHECKLIST DIGITAL, 2021.

DANIEL, É. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento Bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. *Revista do Curso de Administração*. Poços de Caldas/MG: PUC/MG, 2014.

DANILEVICZ, A.M.F. *Gestão da Qualidade de Obras*. MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção, 2014.

DE NEGRI, Fernanda; SQUEFF, Flávia de Holanda Schmidt. *Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil*. 2016.

DEPEXE, M. D. Modelo de análise da prática da Qualidade em Construtoras: focos da Certificação e Custos da Qualidade. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2006.

DEPEXE, M. D., & PALADINI, E. Dificuldades relacionadas à implantação e certificação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras. *Revista Gestão Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/77/74>>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

DO COUTO, Daniel Barroso Rosa Bueno. *O método Seis Sigma aplicado à construção de edificações: aspectos técnicos e metodológicos*. 2020. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DOCUMENTOS DA EMPRESA PESQUISADA. Mariana, 2021.

DOMINGOS, Renata Mansuelo Alves. Identificação e propostas de implementação de conceitos Lean em obras de construção civil. 2018.

DOS SANTOS FÉLIX, F., LOCATELLI, R. L., DE FIGUEIREDO FERNANDES, J., RAMALHO, W. Construção civil no brasil: criando ou destruindo valor? *Revista de Gestão e Projetos*, v. 7, n. 1, p. 70-82, 2016.

DOS SANTOS, Julia Ferrari Rodrigues; POZNYAKOV, Karolina; SANTOS, Bruno Augusto Miranda Lery. *Sistema de gestão da qualidade: Estudo de caso das*

não conformidades e análise das ferramentas de apoio à qualidade em uma obra na baixada fluminense. Boletim do Gerenciamento, v. 20, n. 20, p. 14-24, 2020.

EL-HOMSI, A.; RAMPERSAD, H. K. *Lean Seis Sigma*: ed. Editora Qualitymark, 2009.

FIREMAN, M. C. T. Proposta de Método de Controle Integrado Produção e Qualidade, Com Ênfase na Medição de Perdas Por MakingDo e Retrabalho. Porto Alegre, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FIREMAN, Marcus CT; FORMOSO, Carlos T.; ISATTO, Eduardo L. Integrating Production and Quality Control: monitoring making-do and unfinished work. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21th. 2013. p. 515-525.

FLORIANI, R; BEUREN, I, M; HEIN, N. Indicadores de Inovação nas empresas de construção civil de Santa Catarina que aderiram ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). In: XXV SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. 25., 2008, Brasília – DF. Anais...Brasília: ANPAD, 2008. 16 p.

FONTELLES, M. J., SIMÕES, M. G., FARIAS, S. H., FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. Revista paraense de medicina, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

FORTES, Rita Moura; MERIGHI, João Virgílio. Controle tecnológico e controle de qualidade—um alerta sobre sua importância. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. 2004.

FRAGA, S. V. A qualidade na construção civil: Uma breve revisão bibliográfica do tema e a implementação da ISO 9001 em construtoras de Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.

GUIMARÃES, I. F. G. Estudos sobre qualidade e eficiência na gestão pública. Ouro Preto: UFOP/CEAD, 2010.

HAN, S. H.; CHAE, M. J.; IM, K. S.; RYU, H. D. Six *Sigma*-Based Approach to Improve Performance in Construction Operations. Journal of Management in Engineering, v. 24, n. 1, p. 21–31, 2008.

HARRY, M.; SCHROEDER, R. *Six Sigma*: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. Crown Business, 2006.

HASSAN, Adnan; BAKSH, Mohd Shariff Nabi; SHAHAROUN, Awaluddin M. Issues in quality engineering research. International Journal of Quality & Reliability Management, 2000.

KACZAM, F., DOS SANTOS, R. V., DOS SANTOS, J. A. A., POSSAN, E., SCHMIDT, C. A. P. Avaliação do processo produtivo de blocos cerâmicos por meio do controle estatístico do processo. Revista Técnico-Científica, 2016.

KALYAN, T. S., ZADEH, P. A., STAUB-FRENCH, S., FROESE, T. M. Construction Quality Assessment using 3D as-built Models Generated with Project Tango. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, n. 145, p. 1416 – 1423, 2016.

KIM, Y. S., OH, S. W., CHO, Y. K., SEO, J. W. A PDA and Wireless WebIntegrated System For Quality Inspection and Defect Management of Apartment Housing Projects. Automation in Construction, v. 17, n. 2, p. 163-179, jan. 2008.

KIMOTO, K., ENDO, K., IWASHITA, S., FUJIWARA, M. The Application of PDA as Mobile Computing System on Construction Management. Automation in Construction, v. 14, n. 4, p. 500-511, ago. 2005.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Tech. Report N. 72, CIFE, Stanford Univ., CA. 1992.

KOSKELA, L., HOWELL, G., BALLARD, G., & TOMMELEIN, I. The foundations of lean construction. Design and construction: Building in value, v. 291, p. 211-226m, 2002.

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. Stanford: Stanford university, 1992.

LAZOR, J. D. Failure mode and effects analysis (FMEA) and Fault tree analysis (FTA) (Success tree analysis-STA). Handbook of Reliability Engineering and Management, McGraw-Hill, p. 6.1-6.46, 1995.

LEAL, Ana Carolina Martelleto; DE PAULA RIBEIRO, Maria Izabel. Implantação do Sistema de Qualidade na construção civil com ênfase na inspeção de serviço. Projectus, v. 1, n. 4, p. 84-96, 2017.

LEAL, F.; PINHO, A. F.; ALMEIDA, D. A. Análise de falha através da aplicação do FMEA e da Teoria de Grey. Revista Gestão Industrial, Curitiba, vol. 2, n. 1, 2006.

LEÃO, Cibeli Ferrando; ISATTO, Eduardo Luis; FORMOSO, Carlos Torres. Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade com apoio da computação móvel. Ambiente Construído, v. 16, p. 109-124, 2016.

LIMA, Julianny; RIBEIRO, K. A. IMPLANTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Revista Gestão Empresarial-RGE, v. 6, n. 2, p. 64-81, 2020.

LIMA, Tomás. Gerenciamento de Obras: 8 Erros que podem levar sua gestão ao fracasso. 09 de novembro de 2018. Disponível em <<https://www.sienge.com.br/blog/8-erros-gerenciamento-de-obras>>. Acesso em 29 de maio de 2021.

LONGO, Rose Mary Juliano. Gestão da qualidade: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação. 1996.

LOUZADA, Francisco; Diniz, Carlos A. R.; Ferreira, Paulo H.; Ferreira, Edil L. Controle estatístico de processos – uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MAFRA, N., Os Indicadores da Qualidade do PBQP-H, 2013. Disponível em: <http://certificacaoiso.com.br/os-indicadores-da-qualidade-do-pbqp-h/> Acesso em 24 de maio 2021.

JUNIOR, I. M., ROCHA, A. V., MOTA, E. B., QUINTELLA, O. M. Gestão da Qualidade. 10. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2010.

MARTÍNEZ-ROJAS, M., Marin, N., & Amparo Vila, M. (2012). The role of information technologies to address data handling in construction project management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30 (4), 01–11.

MARZAGÃO, D. S. L.; CARVALHO, M. M. Critical success factors for Six *Sigma* projects. *International Journal of Project Management*, v. 34, n. 8, p. 1505–1518, 2016.

MATSUMOTA, L. Digital Strategy and IT Innovation. Disponível em <<https://leonardo-matsumota.com/2020/05/27/o-roteiro-dmaic-na-melhoria-dos-processos-six-sigma-parte-i/>>, 2020. Acesso em 05/06/2021.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello. Um sistema de indicadores para comparação entre organizações: o caso das pequenas e médias empresas de construção civil. *Gestão & Produção*, v. 15, p. 261-274, 2008.

MESEGUER, A. Controle e garantia da qualidade na construção. São Paulo: Sinduscon, Projeto/PW, 1991,179p.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to statistical quality control. John Wiley & Sons, 2007.

MOSQUEIRA, M. A. Implantação de sistema de gestão da qualidade em construtora de edificações de pequeno porte de acordo com o SiAC/PBQP-H: Estudo de caso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 111. 2018.

MOTA, Michel S.; LOPES, Rafael Gustavo C. Análise de um aplicativo de preenchimento on-line da FVS como parte integrante de um Sistema de Controle do Avanço Físico integrado ao Modelo BIM. 2020.

NAGUMO, Gustavo Kazuo. Desdobramento da função qualidade (QFD) aplicado à produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). 2005.

NASCIMENTO, Luiz Antonio; SANTOS, Eduardo Toledo. A indústria da construção na era da informação. *Ambiente Construído*, v. 3, n. 1, p. 69-81, 2003.

NESE, P. L. Gestão de Qualidade: Manual de Implantação para Empresas de Projetos de Edificações. São Paulo: Pini, 2013.

NEVES, Suzana Andreassa. A qualificação da mão de obra para o aumento da produtividade em obras de construção civil: responsabilidades compartilhadas. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NOURBAKHS, M., ZIN, R. M., IRIZARRY, J., ZOLFAGHARIAN, S., & GHEISARI, M. Mobile Application Prototype For On-Site Information Management in Construction Industry. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 19, n. 5, p. 474-494, 2012.

OLIVEIRA, O. J. Gestão da Qualidade: Tópicos avançados. [S.l.]: Thomson, 2003.

PENEDO, Marcelle Oliveira Ursine; FRANCO, Thais Marchezine; FERREIRA, Daniela Assis Alves. Aplicação da metodologia DMAIC para a redução de retrabalho no setor de contas a receber. Revista Petra, v. 2, n. 2, 2016.

PICCHI, F. A. Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. 1993. 462 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. Sistemas da Qualidade na Construção de Edifícios. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/104: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, 1993.

PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos. Guia PMBOK®. Brazilian Portuguese version of: A guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide. Sexta Edição – EUA: Project Management Institute, 2018.

POZZOBON, Estela Mari Piveta. Aplicação do Controle Estatístico do Processo. Universidade Federal de Santa Maria, 2001.

QUEIROZ, F. C. B. P., FREITAS, M. D. C. D., QUEIROZ, J. V., HÉKIS, H. R., SOUZA, R. P. D. Aplicação de ferramentas de controle estatístico do processo e análise de falhas à melhoria de processos da construção civil. 2013.

RANDALL, Tristan. Construction engineering requirements for integrating laser scanning technology and building information modeling. Journal of construction engineering and management, v. 137, n. 10, p. 797-805, 2011.

RODRIGUES, M.R.; PICCHI, F.A. Análise de experiências de aplicação do lean thinking na construção de edificações no Brasil. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, 2010.

RODRIGUEZ, Marco Antonio Arancibia. Gerenciamento da qualidade e produtividade na execução de serviços na construção civil: um estudo do caso na pré-fabricação e montagem de unidades residenciais. 1992.

ROSSO, S. M. Especial - BIM: quem é quem. AU – Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, v. 208, p. 61-64, jul. 2011.

ROTONDARO, ROBERTO. Seis *Sigma* - Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos ou serviços. São Paulo, Editora Atlas, 2002.375 p.

RUTHES, Sidarta; CERETTA, Paulo Sérgio; SONZA, Igor Bernardi. Seis sigma: melhoria da qualidade através da redução da variabilidade / Six sigma: the quality improvement through the reduction of the variability. Revista Gestão Industrial, v. 2, n. 02, p. 181-199, 2006.

SANCHEZ, Angel Martinez; PÉREZ, Manuela Pérez. Lean indicators and manufacturing strategies. International Journal of Operations & Production Management, 2001.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; Planejamento de Canteiro de Obra e Gestão de Processos/ Tarcisio Abreu Saurin, Carlos Torres Formoso - 3º Edição – Porto Alegre: Editora Antac, 2006.

SCHWARK, M. P. Inovação – porque o desinteresse na indústria da construção civil. Inovação em construção civil Coletânea – 2006. São Paulo: Instituto Uniemp, 2006. p. 17-43.

SIMPEH, E. K., NDIHOKUBWAYO, R., Love, P. E., THWALA, W. D. A rework probability model: a quantitative assessment of rework occurrence in construction projects. International Journal of Construction Management, v. 15, n. 2, p. 109-116, 2015.

SNEE, R. Impact of Six *Sigma* on Quality Engineering. Quality Engineering, v. 12, n. 3, p. 9–14, 2000.

SOUZA JÚNIOR, G.L. de. Elaboração e Análise de Indicadores, 2011. Disponível em: http://www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/apostila_indicadores.pdf. Acesso em 24 de maio 2021.

SOUZA, U. E. L.; Projeto e Implantação do Canteiro/ Ubiraci Espinelli Lemes de Souza - São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2000.

SOUZA, R. D.; MEKBEKIAN, G.; SILVA, M. A. C.; LEITÃO, A.; SANTOS, M. M. D. Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras. São Paulo: PINI, 1995.

THOMAZ, E. Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção. São Paulo: Pini, 2001.

VENANZI, Délvio; LAPORTA, Bruna Pires. Lean six sigma. South American Development Society Journal, v. 1, n. 2, p. 66-84, 2017.

VIEIRA, Elton Simão; DE OLIVEIRA NETO, João Marcelino. Qualidade na Construção Civil: PBQP-H-Análise do Programa Brasileiro de Qualidade e

Produtividade do Habitat. ETIS-Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability, v. 1, n. 1, p. 54-64, 2019.

VOLPATO LF, MENEGHIM MC, TENGAN C, MENEGHIM ZMAP. Avaliação da qualidade: a possibilidade do uso de uma ferramenta de avaliação no serviço de saúde pública. In: Pereira AC, organizador. Tratado de saúde coletiva em odontologia. Nova Odessa: Napoleão Editora; 2009. p. 111-30.

VOLPATO, L. F., MENEGHIM, M. D. C., PEREIRA, A. C., AMBROSANO, G. M. B. Planejamento da qualidade nas unidades de saúde da família, utilizando o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). Cadernos de Saúde Pública, v. 26, p. 1561-1572, 2010.

WATSON, Gregory H. Digital hammers and electronic nails - tools of the next generation. Quality progress, v. 31, n. 7, p. 21, 1998.

WERKEMA, Cristina. Criando a cultura lean seis *sigma*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

YAMAMOTO, L. S. Processo de avaliação de princípios do Seis *Sigma* aplicados em empresas construtoras. 2020. 187 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2021.

YANG, C. C., LIN, W. T., LIN, M. Y., HUANG, J. T. A study on applying FMEA to improving ERP introduction an example of semiconductor related industries in Taiwan. International Journal of Quality & Reliability Management, s/l, vol. 23, n. 3, 2006.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

REFERÊNCIAS (BIBLIOMETRIA)

AHMED, Shakil. A review on using opportunities of augmented reality and virtual reality in construction project management. *Organization, technology & management in construction: an international journal*, v. 10, n. 1, p. 1839-1852, 2018.

ALIZADEHSALEHI, Sepehr; YITMEN, Ibrahim. A concept for automated construction progress monitoring: technologies adoption for benchmarking project performance control. *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 44, n. 5, p. 4993-5008, 2019.

ALIZADEHSALEHI, Sepehr; YITMEN, Ibrahim. The impact of field data capturing technologies on automated construction project progress monitoring. *Procedia engineering*, v. 161, p. 97-103, 2016.

ANWAR, Naveed; IZHAR, Muhammad Amir; NAJAM, Fawad Ahmed. Construction monitoring and reporting using drones and unmanned aerial vehicles (UAVs). In: *The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10)*. 2018. p. 2-4

BAE, JuHyeon; HAN, SangUk. Vision-based inspection approach using a projector-camera system for off-site quality control in modular construction: Experimental investigation on operational conditions. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 35, n. 5, p. 04021012, 2021.

BARBAROSOGLU, BAHADIR V.; ARDITI, David. *MOBILE APPLICATIONS FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY*, 2016.

BASSIER, M., VINCKE, S., DE WINTER, H., VERGAUWEN, M. Drift invariant metric quality control of construction sites using BIM and point cloud data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 9, n. 9, p. 545, 2020.

BENACHIO, Gabriel Luiz Fritz; FREITAS, Maria do Carmo Duarte; SCHEER, Sergio. Tecnologias emergentes para o controle de qualidade da construção civil. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO*, v. 2, p. 1-6, 2019.

BÖES, J. S.; PATZLAFF, J. O. Tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade como forma de assegurar desempenho e atendimento da VUP (Vida Útil de Projeto). 2016.

BÖES, Jeferson Spiering; PATZLAFF, Jeferson Ost. Information and communication technology (ICT) applied to quality control to secure performance and compliance in project lifespan. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2016.

BÖES, Jeferson Spiering; PATZLAFF, Jeferson Ost. Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade de obras—estudo de caso. *Revista de Arquitetura IMED*, v. 5, n. 1, p. 75-92, 2016.

BÖES, Jeferson Spiering; PATZLAFF, Jeferson Ost; GONZÁLEZ, Marco Aurélio. Estudo sobre a gestão da informação no controle de qualidade de obras: uma análise da aplicabilidade da tecnologia da informação e comunicação (TIC). XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), v. 11, 2016.

BOSCHÉ, F., GUILLEMET, A., TURKAN, Y., HAAS, C. T., HAAS, R. Tracking the built status of MEP works: Assessing the value of a Scan-vs-BIM system. *Journal of computing in civil engineering*, v. 28, n. 4, p. 05014004, 2014.

CARNEIRO, Juliana Quinderé; CARNEIRO, André Quinderé; CÂNDIDO, Luis Felipe. Indústria 4.0 e construção enxuta: o caso do sistema AGILEAN. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, v. 2, p. 1-6, 2019.

CHALHOUB, Jad; ALSAFOURI, Suleiman; AYER, Steven K. Leveraging site survey points for mixed reality BIM visualization. In: *Construction Research Congress 2018*. 2018. p. 326-335.

CHEN, K., LU, W., PENG, Y., ROWLINSON, S., HUANG, G. Q. Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. *International journal of project management*, v. 33, n. 6, p. 1405-1416, 2015.

CHEN, Yuan; KAMARA, John M. A framework for using mobile computing for information management on construction sites. *Automation in construction*, v. 20, n. 7, p. 776-788, 2011.

CHENG, Y., CHEN, Y., WEI, R., LUO, H. Development of a construction quality supervision collaboration system based on a SaaS private cloud. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v. 79, n. 3, p. 613-627, 2015.

COELHO, F.P.S. SILVA, A. M. MANIÇOBA, R.F. Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura. 2016. Disponível: <http://www.revistarefas.com.br/index.php/RevFATECZS/article/view/70/97>. Acesso em 03 de janeiro de 2022.

CORREIA, Vera Lúcia. Ferramenta Bim com realidade virtual para verificação da qualidade dos serviços executados em canteiro de obras. 2018.

COSTIN, Aaron M.; TEIZER, Jochen; SCHONER, Bernd. RFID and BIM-enabled worker location tracking to support real-time building protocol and data visualization. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, v. 20, n. 29, p. 495-517, 2015.

DA SILVA DIAS, Leonardo; DE ARAÚJO MACÊDO, Arthur Henrique; CRUZ, Cláudia Patrícia Torres. Aplicativo móvel para otimização de registro do controle de qualidade do concreto em obras. *Brazilian Applied Science Review*, v. 5, n. 2, p. 776-791, 2021.

DAVIES, Richard; HARTY, Chris. Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in construction*, v. 30, p. 15-24, 2013.

DAVIES, Richard; HARTY, Chris. Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in construction*, v. 30, p. 15-24, 2013.

DE GOUVEIA, A. A., DOS SANTOS, J. P., DOS SANTOS, P. N., DOS SANTOS LEITE, Y. G. Inovação tecnológica na construção civil Utilização de drone para gerenciamento de obra. *Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas*, p. 54, 2021.

DING, L., LI, K., ZHOU, Y., LOVE, P. E. An IFC-inspection process model for infrastructure projects: Enabling real-time quality monitoring and control. *Automation in Construction*, v. 84, p. 96-110, 2017.

EDIRISINGHE, Ruwini. Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2019.

FANG, Y., CHO, Y. K., ZHANG, S., PEREZ, E. Case study of BIM and cloud-enabled real-time RFID indoor localization for construction management applications. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 142, n. 7, p. 05016003, 2016.

GUERRIERO, A., KUBICKI, S., BERROIR, F., LEMAIRE, C. BIM-enhanced collaborative smart technologies for LEAN construction processes. In: 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC). IEEE, 2017. p. 1023-1030.

GUO, Jingjing; WANG, Qian. Dimensional quality inspection of prefabricated MEP modules with 3D laser scanning. In: *Computing in Civil Engineering 2019: Data, Sensing, and Analytics*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2019. p. 171-177.

HAMLEDARI, H., SAJEDI, S., MCCABE, B., FISCHER, M. Automation of inspection mission planning using 4D BIMs and in support of unmanned aerial vehicle-based data collection. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 147, n. 3, p. 04020179, 2021.

HAMLEDARI, H., DAVARI, S., AZAR, E. R., MCCABE, B., FLAGER, F., FISCHER, M. UAV-enabled site-to-BIM automation: Aerial robotic and computer vision-based development of as-built/as-is BIMs and quality control. In: *Construction research congress*. 2017. p. 336-346.

HAMLEDARI, Hesam; REZAZADEH AZAR, Ehsan; MCCABE, Brenda. IFCbased development of as-built and as-is BIMs using construction and facility inspection data: Site-to-BIM data transfer automation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 32, n. 2, p. 04017075, 2018.

HAMLEDARI, Hesam; REZAZADEH AZAR, Ehsan; MCCABE, Brenda. IFCbased development of as-built and as-is BIMs using construction and facility inspection data: Site-to-BIM data transfer automation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 32, n. 2, p. 04017075, 2018.

HEGAZY, Tarek; ABDEL-MONEM, Mohamed. Email-based system for documenting construction as-built details. *Automation in Construction*, v. 24, p. 130-137, 2012.

IRIZARRY, Javier; COSTA, Dayana Bastos. Exploratory study of potential applications of unmanned aerial systems for construction management tasks. *Journal of Management in Engineering*, v. 32, n. 3, p. 05016001, 2016.

JASELSKIS, E., SANKAR, A., YOUSIF, A., CLARK, B., CHINTA, V. Using telepresence for real-time monitoring of construction operations. *Journal of Management in Engineering*, v. 31, n. 1, p. A4014011, 2015.

JOSHI, Divyesh; SHAH, Rushabh. Automation in construction industry. *Indian Journal of Advance Research in Engineering, Science and Management*, v. 2, n. 3, p. 1-5, 2015.

KALYAN, T. S., ZADEH, P. A., STAUB-FRENCH, S., FROESE, T. M. Construction quality assessment using 3D as-built models generated with Project Tango. *Procedia Engineering*, v. 145, p. 1416-1423, 2016.

KASIM, N., SHAMSUDDIN, A., ZAINAL, R., KAMARUDIN, N. C. Implementation of RFID technology for real-time materials tracking process in construction projects. In: 2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER). IEEE, 2012. p. 699-703.

KASIM, N., LIWAN, S. R., SHAMSUDDIN, A., ZAINAL, R., KAMARUDDIN, N. C. Improving on-site materials tracking for inventory management in construction projects. In: International conference of technology management, business and entrepreneurship. 2012.

KASIM, Narimah; LATIFFI, Aryani Ahmad; FATHI, Mohamad Syazli. RFID Technology for materials management in construction projects—A Review. *International Journal of Construction Engineering and Management*, v. 2, n. 4A, p. 7-12, 2013.

KESKIN, Basak; OZORHON, Beliz; KOSEOGLU, Ozan. BIM implementation in mega projects: Challenges and enablers in the Istanbul Grand Airport (IGA) project. In: *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*. Springer, Cham, 2019. p. 881-888.

KIM, C., PARK, T., LIM, H., KIM, H. On-site construction management using mobile computing technology. *Automation in construction*, v. 35, p. 415-423, 2013.

KIM, S., KIM, S., TANG, L. C. M., KIM, G. H. Efficient management of construction process using RFID+ PMIS system: a case study. *Applied Mathematics & Information Sciences*, v. 7, n. 1, p. 19-26, 2013.

KOPSIDA, Marianna; BRILAKIS, Ioannis. Markerless BIM registration for mobile augmented reality based inspection. In: *Proceedings of the International Conference on Smart Infrastructure and Construction*. 2016. p. 1-6.

KOPSIDA, Marianna; BRILAKIS, Ioannis; VELA, Patricio Antonio. A review of automated construction progress monitoring and inspection methods. In: Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015. 2015. p. 421-431.

KOSEOGLU, Ozan; NURTAN-GUNES, Elif Tugce. Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. Engineering, Construction and Architectural Management, 2018.

KOSEOGLU, Ozan; NURTAN-GUNES, Elif Tugce. Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. Engineering, Construction and Architectural Management, 2018.

LEÃO, Cibeli Ferrando. Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade utilizando tecnologia de informação. 2014.

LEÃO, Cibeli Ferrando; ISATTO, Eduardo Luis; FORMOSO, Carlos Torres. Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade com apoio da computação móvel. Ambiente Construído, v. 16, p. 109-124, 2016.

LEÃO, Cibeli; ISATTO, Eduardo; FORMOS, C. Proposta de uma modelagem de dados para auxiliar no controle integrado da produção e da qualidade. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 2014), Maceió, 2014.

LEE, J. H., SONG, J. H., OH, K. S., GU, N. Information lifecycle management with RFID for material control on construction sites. Advanced engineering informatics, v. 27, n. 1, p. 108- 119, 2013.

LEOPOLDO, João Victor Charles. Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Rio de Janeiro, 2015.

LI, Nan; BECERIK-GERBER, Burcin. Life-cycle approach for implementing RFID technology in construction: Learning from academic and industry use cases. Journal of Construction Engineering and Management, v. 137, n. 12, p. 1089- 1098, 2011.

LI, Yan; LIU, Chunlu. Applications of multirotor drone technologies in construction management. International Journal of Construction Management, v. 19, n. 5, p. 401-412, 2019.

LIN, J. R., HU, Z. Z., LI, J. L., CHEN, L. M. Understanding On-Site Inspection of Construction Projects Based on Keyword Extraction and Topic Modeling. IEEE Access, v. 8, p. 198503- 198517, 2020.

LIN, Yu-Cheng; CHANG, Jun-Xiong; SU, Yu-Chih. Developing construction defect management system using BIM technology in quality inspection. Journal of civil engineering and management, v. 22, n. 7, p. 903-914, 2016.

LIU, Y., ZHONG, D., CUI, B., ZHONG, G., WEI, Y. Study on real-time construction quality monitoring of storehouse surfaces for RCC dams. Automation in Construction, v. 49, p. 100-112, 2015.

LO, K. C., KWOK, H. W. T., SIU, M. F. F., SHEN, Q. G., LAU, C. K. Internet of Things-Based Concrete Curing Invention for Construction Quality Control. *Advances in Civil Engineering*, v. 2021, 2021.

LONDON, Kerry; PABLO, Zelinna; GU, Ning. Explanatory defect causation model linking digital innovation, human error and quality improvement in residential construction. *Automation in Construction*, v. 123, p. 103505, 2021.

LOREGIAN, Adolfo Calderan. Modelagem da informação visando o planejamento e controle integrado da qualidade e da produção em empreendimentos de edificações. 2017.

LOU, Junying; XU, Jiang; WANG, Kun. Study on construction quality control of urban complex project based on BIM. *Procedia engineering*, v. 174, p. 668-676, 2017.

LU, Weisheng; HUANG, George Q.; LI, Heng. Scenarios for applying RFID technology in construction project management. *Automation in construction*, v. 20, n. 2, p. 101-106, 2011.

MA, Z., CAI, S., MAO, N., YANG, Q., FENG, J., WANG, P. Construction quality management based on a collaborative system using BIM and indoor positioning. *Automation in Construction*, v. 92, p. 35-45, 2018.

MARTÍNEZ-ROJAS, María; MARÍN, Nicolás; VILA, M. Amparo. The role of information technologies to address data handling in construction project management. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 30, n. 4, p. 04015064, 2016.

MATTHEWS, J., LOVE, P. E., HEINEMANN, S., CHANDLER, R., RUMSEY, C., OLATUNJ, O. Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction. *Automation in Construction*, v. 58, p. 38-47, 2015.

MIRSHOKRAEI, Mehrdad; DE GAETANI, Carlo Iapige; MIGLIACCIO, Federica. A web-based BIM-AR quality management system for structural elements. *Applied Sciences*, v. 9, n. 19, p. 3984, 2019.

NEIVA NETO, Romeu; RUSCHEL, Regina C.; PICCHI, Flávio A. Avaliação de ferramentas de tecnologia da informação na construção com funcionalidades móveis compatíveis aos itens da NBR ISO 9001: 2008. *REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 6, n. 1, 2013.

NGUYEN, Cong Hong Phong; CHOI, Young. Comparison of point cloud data and 3D CAD data for on-site dimensional inspection of industrial plant piping systems. *Automation in Construction*, v. 91, p. 44-52, 2018.

NOURBAKSH, M., ZIN, R. M., IRIZARRY, J., ZOLFAGHARIAN, S., GHEISARI, M. Mobile application prototype for on-site information management in construction industry. *Engineering, construction and architectural management*, 2012.

OMAR, Tarek; NEHDI, Moncef L. Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, v. 70, p. 143-155, 2016.

PARK, J.; CHO, Y. K. Use of a mobile BIM application integrated with asset tracking technology over a cloud. In: Proceedings of the 21st International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate. Springer, Singapore, 2018. p. 1535-1545.

PARK, J.; CHO, Y. K.; KIM, K. Field construction management application through mobile BIM and location tracking technology. In: Proceedings of the 33rd 148 ISARC International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Auburn, AL, USA. 2016. p. 18-21.

RANDALL, Tristan. Construction engineering requirements for integrating laser scanning technology and building information modeling. *Journal of construction engineering and management*, v. 137, n. 10, p. 797-805, 2011.

RATAJCZAK, J., SCHWEIGKOFER, A., RIEDL, M., MATT, D. T. Augmented Reality Combined with Location-Based Management System to Improve the Construction Process, Quality Control and Information Flow. In: *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*. Springer, Cham, 2019. p. 289-296.

RAUSCH, C., LU, R., TALEBI, S., HAAS, C. Deploying 3D scanning based geometric digital twins during fabrication and assembly in offsite manufacturing. *International Journal of Construction Management*, p. 1-14, 2021.

REN, Zhaomin; ANUMBA, Chimay J.; TAH, J. H. M. T. RFID-facilitated construction materials management (RFID-CMM)—A case study of water-supply project. *Advanced Engineering Informatics*, v. 25, n. 2, p. 198-207, 2011.

ROCHA, Gabriela Sitja. *Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da Produção e Qualidade com o uso de Dispositivos Móveis*. 2015.

SAFA, M., SHAHI, A., NAHANGI, M., HAAS, C., NOORI, H. Automating measurement process to improve quality management for piping fabrication. In: *Structures*. Elsevier, 2015. p. 71-80.

SALEHI, Sepehr Alizadeh; YITMEN, İbrahim. Modeling and analysis of the impact of BIM-based field data capturing technologies on automated construction progress monitoring. *International Journal of Civil Engineering*, v. 16, n. 12, p. 1669-1685, 2018.

SARDROUD, Javad Majrouhi. Influence of RFID technology on automated management of construction materials and components. *Scientia Iranica*, v. 19, n. 3, p. 381-392, 2012.

SCHALL, Gerhard; ZOLLMANN, Stefanie; REITMAYR, Gerhard. Smart Vidente: advances in mobile augmented reality for interactive visualization of underground infrastructure. *Personal and ubiquitous computing*, v. 17, n. 7, p. 1533-1549, 2013.

SENAI CIMATEC—LARISSA, Larissa da Silva Paes Cardoso; SENAI CIMATEC—HERMAN, Herman Augusto Lepikson. *ESTUDO EXPLORATÓRIO DAS*

TECNOLOGIAS DE CONTROLE DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, AUTOMATIZADAS E INTEGRADAS AO BIM, 2018.

SILVA, C. L. D., SEGOBIA, P. B., SILVA, V. P., DE OLIVEIRA, R. B., CARVALHO, M. T. M., MARCHIORI, R. S. Internet das coisas aplicada à análise e correlação de dados da construção civil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, v. 3, p. 1-11, 2021.

SON, Hyojoo; BOSCHÉ, Frédéric; KIM, Changwan. As-built data acquisition and its use in production monitoring and automated layout of civil infrastructure: A survey. *Advanced Engineering Informatics*, v. 29, n. 2, p. 172-183, 2015.

STAN, L.; MARASCU, K. V.; Techniques to reduce costs sustainable quality in the industrial companies. 8th International DAAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING", April 2012, Tallinn, Estonia.

TANEJA, S., AKINCI, B., GARRETT, J. H., SOIBELMAN, L., ERGEN, E., PRADHAN, A., ANIL, E. B. Sensing and field data capture for construction and facility operations. *Journal of construction engineering and management*, v. 137, n. 10, p. 870-881, 2011.

TEIXEIRA, Laressa Silva. Gestão da qualidade aplicada em obra vertical: um estudo de caso em Goiânia. 2019.

TKÁČ, Matúš; MÉSÁROŠ, Peter. Utilizing drone technology in the civil engineering. *Selected Scientific Papers-Journal of Civil Engineering*, v. 14, n. 1, p. 27-37, 2019.

UCHOA, Marcelo Kraichete de Miranda. Planejamento e controle de obras utilizando tecnologia Bim. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

VÄHÄ, P., HEIKKILÄ, T., KILPELÄINEN, P., JÄRVILUOMA, M., GAMBAO, E. Extending automation of building construction—Survey on potential sensor technologies and robotic applications. *Automation in construction*, v. 36, p. 168-178, 2013.

VILLAMAYOR IBARRA, José Fernando. Integração de Modelos de Processo e Produto na Fase de Construção para o Controle da Produção e da Qualidade com o Apoio de BIM. 2016.

WANG, J., SUN, W., SHOU, W., WANG, X., WU, C., CHONG, H. Y., SUN, C. Integrating BIM and LiDAR for real-time construction quality control. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v. 79, n. 3, p. 417-432, 2015.

WU, H., ZHONG, B., LI, H., GUO, J., WANG, Y. On-site construction quality inspection using blockchain and smart contracts. *Journal of Management in Engineering*, v. 37, n. 6, p. 04021065, 2021.

XU, Jiang. Research on application of BIM 5D technology in central grand project. *Procedia engineering*, v. 174, p. 600-610, 2017.

XU, S., WANG, J., WANG, X., SHOU, W. Computer vision techniques in construction, operation and maintenance phases of civil assets: A critical review. In: ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction. IAARC Publications, 2019. p. 672-679.

YU, Z., PENG, H., ZENG, X., SOFI, M., XING, H., ZHOU, Z. Smarter construction site management using the latest information technology. In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering. Thomas Telford Ltd, 2018. p. 89-95.

ZAK, Josef; MACADAM, Helen. Utilization of building information modeling in infrastructure's design and construction. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2017. p. 1-6.

ZEKAVAT, Payam R.; MOON, Sungkon; BERNOLD, Leonhard E. Securing a wireless site network to create a BIM-allied work-front. International Journal of Advanced Robotic Systems, v. 11, n. 8, p. 132, 2014.

ZHAI, Y., CHEN, K., ZHOU, J. X., CAO, J., LYU, Z., JIN, X., HUANG, G. Q. An Internet of Things-enabled BIM platform for modular integrated construction: A case study in Hong Kong. Advanced Engineering Informatics, v. 42, p. 100997, 2019.

ZHANG, Chengyi; ARDITI, David. Automated progress control using laser scanning technology. Automation in construction, v. 36, p. 108-116, 2013.

ZHANG, Meng. Research on the Application of Intelligent Construction Site in Construction Site Management. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. p. 062005.

ZHENG, Yuan; TÖRMÄ, Seppo; SEPPÄNEN, Olli. An object-based conceptual model for ICT-based situational awareness of the construction process. In: International Workshop on Intelligent Computing in Engineering. Technische Universität Berlin, 2020. p. 481-490.

ZHOU, Ying; LUO, Hanbin; YANG, Yiheng. Implementation of augmented reality for segment displacement inspection during tunneling construction. Automation in Construction, v. 82, p. 112-121, 2017.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE APOIO AO CONTROLE E GESTÃO DA QUALIDADE

A. QUESTIONÁRIO SOBRE *IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE APOIO AO CONTROLE E GESTÃO DA QUALIDADE*

Meu nome é Igor Vinícius Silva Paiva e sou aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia das Construções (MECON) da Universidade Federal de Ouro Preto.

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE APOIO AO CONTROLE E GESTÃO DA QUALIDADE: UMA ANÁLISE NO CANTEIRO DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL”, que tem como objetivo estudar a aplicabilidade de tecnologias no controle da Qualidade adotadas em canteiro de obras, a fim de levantar opiniões acerca da realidade atual, mudanças contemporâneas, percepções, preocupações e vivências.

O Sr.(a) gastará aproximadamente 8 minutos para responder ao questionário. Os resultados da pesquisa, sendo favoráveis ou não, serão apresentados em formato de dissertação, e divulgados em publicações e eventos científicos das áreas de Engenharia e Tecnologia, sempre garantindo o anonimato dos participantes. Caso seja de seu interesse, ao final desta pesquisa os resultados poderão ser enviados para conhecimento.

Ao responder ao questionário, o Sr.(a) concorda com as informações presentes no TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) disponibilizado em anexo durante a abordagem solicitando a participação na pesquisa.

Caso não se sinta confortável em responder qualquer pergunta deste questionário devido à constrangimento ou outro motivo, o participante pode optar pela opção “Outros”, disponíveis nas perguntas do questionário e escrever que não deseja responder à pergunta, sem a necessidade de justificar o motivo.

* Obrigatório

Perfil do Respondente e da Empresa

1) Endereço de e-mail *

2) Qual é o estado em que você trabalha? *

- Bahia
- Ceará
- Distrito Federal
- Espírito Santo
- Goiás

- Minas Gerais
 - Pará
 - Rio de Janeiro
 - Santa Catarina
 - São Paulo
 - Outro:
-

3) Qual é a cidade em que você trabalha? *

4) Qual o cargo que ocupa na empresa? *

- Engenheiro da Qualidade
 - Coordenador Qualidade
 - Técnico Qualidade
 - Laboratorista
 - Auxiliar
 - Encarregado
 - Fiscalização de obra
 - Estagiário
 - Outro:
-

5) Qual o nome da(s) empresa(s) em que você trabalha? (Este dado servirá apenas para organizar as informações e não será divulgado na pesquisa. Sinta-se à vontade caso não queira responder).

6) Qual a sua faixa etária? *

- Abaixo de 20 anos
- De 20 a 25 anos
- De 26 a 35 anos
- De 36 a 45 anos
- De 46 a 55 anos
- Acima de 55 anos

7) Quantos anos de experiência no setor da construção civil? *

- Menos de 1 ano
- De 1 a 2 anos
- De 2 a 3 anos
- De 3 a 5 anos
- De 5 a 7 anos
- Nenhuma experiência
- Outro:

8) Durante 1 (um) ano, para quantas empresas você presta serviço ou quantoscanteiros de obras (dentro da mesma empresa) você acompanha? *

- Apenas uma
- De 2 a 3

- De 4 a 5
- Mais de 5 empresas
- Outro:

9) Qual é o tipo de construção que a(s) empresa(s) onde você trabalha executa? É possível marcar mais de uma. *

- Residencial Unifamiliar (Casa)
- Residencial Multifamiliar (Prédios)
- Conjunto Habitacional
- Comercial de pequeno porte
- Comercial de grande porte
- Industrial Arquitetura de interiores / decoração
- Hospitalar
- Outro: _____

10) Qual é o tamanho da empresa em que você trabalha? Caso tenha trabalhado em mais de uma (nos últimos 12 meses), selecione mais de uma. *

- Microempresa (com até 19 empregados)
- Pequena Empresa (de 20 a 99 empregados)
- Média Empresa (100 a 499 empregados)
- Grande Empresa (mais de 500 empregados)
- Outro:

11) A(s) empresa(s) em que você trabalha possui(em) alguma certificação ou cumpre(m) as normas abaixo? Se sim, quais? *

- ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos)
- PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat)
- ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental - Requisitos)
- NBR 15575 (Desempenho de Edificações Habitacionais)
- BS OHSAS 18001 (Sistema de Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional)
- Nenhuma das anteriores
- Outro: _____

12) Quantas pessoas fazem parte da sua equipe, incluindo você? *

- Não trabalho com outros profissionais
- De 1 a 2 pessoas
- Equipe de 3 a 5 pessoas
- Equipe de 6 a 10 pessoas
- Mais de 10 pessoas
- Outro:

13) Quantas destas pessoas se dedicam somente ao controle e análise da Qualidade? *

- Nenhuma
- De 1 a 2 pessoas
- Equipe de 3 a 5 pessoas
- Equipe de 6 a 10 pessoas
- Mais de 10 pessoas
- Outro: _____

14) Como é formada a equipe de Qualidade na(s) empresa(s) em que você trabalhou/trabalhou? *

- Por profissionais compartilhados (de outros setores que também realizam atividades de Qualidade)
- Por profissionais dedicados (que realizam atividades exclusivas à Qualidade)
- Por um profissional de cada área da empresa (Engenharia, Meio Ambiente, Implantação, Planejamento...)
- Pelos gestores do projeto
- Outro:

Atividades da Qualidade em Canteiro de Obras

15) Quais tipos de serviço relacionados à Qualidade você realiza? É possível marcar mais de uma. *

- Gestão (coordenação de equipe, análise de dados, indicadores...)
- Inspeção civil (durante as etapas de execução dos serviços)
- Análise de perdas e desperdícios por retrabalho
- Controle documental (procedimentos, projetos, fichas de verificação de serviços, cartas traço, relatórios, data book...)
- Ensaios controle tecnológico (concreto, solos, agregados, materiais asfálticos...)
- Inspeção no recebimento de materiais
- Outro: _____

16) Quais ferramentas da Qualidade são utilizadas no acompanhamento diário de suas atividades? É possível marcar mais de uma. *

- Diagrama de causa e efeito de Ishikawa (Diagrama Espinha de Peixe)
- Gráfico ou Diagrama de Pareto
- 5W2H
- Diagrama de Dispersão
- 8D (também conhecido como "8 disciplinas para resolução de problemas")
- Matriz de Riscos (Matriz de Probabilidade e Impacto)
- 5 Porquês
- Matriz GUT (Matriz de Priorização) Árvores Decisórias
- Controle Estatístico do Processo
- 5S (Utilização, Organização, Limpeza, Padronização e Disciplina)
- Fluxograma
- Folha ou Ficha de Verificação
- Histograma
- Ciclo PDCA (Planejamento, Execução, Verificação e Ação)
- Nenhuma das anteriores

- Outro:

17) Quais dificuldades/deficiências você observa durante o acompanhamento de suas atividades? É possível marcar mais de uma. *

- Comunicação interna
- Morosidade para tomada de decisão
- Ausência de documentação em campo (projetos, procedimentos, fichas de verificação de serviço...)
- Realização de atividades não programadas no cronograma
- Ausência de autonomia
- Nenhuma dificuldade

- Outro:

18) Em uma escala de 0 a 10, qual é a sua percepção sobre a eficiência (relação entre rendimento e erros) das atividades que acompanha? *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pouco eficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito eficiente

19) Em uma escala de 0 a 10, qual é a sua percepção sobre o retrabalho das atividades que acompanha? Em que 0 (zero) significa que não há retrabalho e 10 (dez) significa que há retrabalho em toda a atividade. *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem retrabalho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Grande número de retrabalho

20) Quais são as principais dificuldades encontradas na Gestão da Qualidade na(s) localidade(s) em que você trabalha? *

- Falta de acompanhamento dos gestores
- Falta de coleta e análise de dados para avaliação da Qualidade
- Falta de tempo para rever as atividades
- Equipe despreparada para auxiliar no controle da Qualidade
- Falta de comunicação interna
- Falta de tecnologia de apoio ao controle e monitoramento da Qualidade
- Outro:

21) Quais são os principais instrumentos da Qualidade utilizados no monitoramento das atividades em canteiro de obras? É possível marcar mais de uma. *

- Formulários de verificação de serviço (checklist/inspeções)
- Relatórios de não conformidades/desvios
- Ensaio de controle tecnológico (concreto, solos, agregados, materiais asfálticos...)
- Ensaio em materiais (tubulações, aço, peças cerâmicas...)
- Apontamento de custos originados por retrabalho
- Identificação e rastreabilidade de materiais
- Inspeção e recebimento de materiais
- Verificação das revisões de projetos em campo
- Outro: _____

22) Quais são os principais problemas que acontecem em seu ambiente de trabalho que você atribui à falta de acompanhamento e Controle da Qualidade? *

- Desperdício de material
- Aumento no prazo dos serviços
- Falta de insumos em estoque
- Excesso de insumo em estoque
- Atividades executadas sem sequenciamento
- Ausência em inspeções de materiais
- Ausência de realização de ensaios
- Retrabalho nas atividades
- Execução em desconformidade com o projeto
- Aditivos contratuais (prazo e valor)
- Outro:

23) Quais são os instrumentos de acompanhamento e Controle da Qualidade que você visualiza em sua localidade de trabalho? *

- Fluxograma
 - Software para visualização e análise de dados (Power BI, Orange, Knime Analytics...)
- Gráfico de tendência
- 5S
 - Compartilhamento de informações em tempo real com a utilização de smartphones
 - Drones e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para tarefas como inspeção e documentação
- 5W2H (conjunto de questões utilizado para compor planos de ação)
- Gráfico de Pareto
- Carta de controle
- Kanban
- Outro: _____

24) Quais tecnologias você acredita que traria maior confiabilidade e segurança nas atividades de Controle da Qualidade nas obras que você costuma executar? *

- Modelagem de Informação de Construção (BIM)
 - Ficha ou Folha de Verificação de Serviço digital (aplicativos em tablets ou smartphones...)
 - Machine Learning (sistemas de aprendizado baseado em dados para tomada de decisões)
 - Drones e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para tarefas como inspeção e documentação
 - Identificação de radiofrequência (RFID) nos materiais para rastreabilidade em obra
- Outro: _____

Tecnologias de Apoio ao Controle e Análise da Qualidade

25) Quais tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade a empresa adota nas atividades em canteiro de obras? É possível marcar mais de uma. *

- Checagem das etapas de execução das atividades (Ficha de Verificação de Serviço) em formato digital
- Captação e otimização de dados relacionados a inspeções civis
- Software de lançamento e análise de resultados para o Controle Tecnológico
- Coleta de dados e registro fotográfico em campo (aplicativo em smartphones, tablets...)
 - Software para controle de distribuição e revisões de projetos em campo (AutoDoc,SAP...)
- Inspeção civil com a utilização de Drones, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)
- Nenhuma destas
- Outro:

26) Quando houve a inserção das tecnologias de apoio ao Controle da Qualidade na(s) empresa(s) em que você trabalha? *

- Anterior ao ano 2000
- Entre 2000 e 2011
- Entre 2011 e 2016
- Em 2016
- Em 2017
- Em 2018
- Em 2019
- Em 2020
- Em 2021
- Ainda não foi implementado

27) Caso a empresa ainda não tenha implementado, existe uma pretensão de adoção de tecnologias para auxiliar no controle e acompanhamento da qualidade? Se sim, em quanto tempo isso é possível em sua realidade? *

- Em menos de 1 ano
- De 1 a 2 anos
- De 2 a 3 anos
- De 3 a 4 anos
- Mais de 4 anos
- Não há pretensão de adoção de tecnologias para a Qualidade
- A empresa já adota alguma tecnologia

28) Caso tenha adotado algumas destas tecnologias, quais as dificuldades e/ou impeditivos você percebeu na utilização? É possível marcar mais de uma opção. *

- Resistência a mudança
- Tempo e custo para treinamento
- Dificuldade em relação ao processo e ferramentas
- Inviabilidade econômica
- Aumento da carga de trabalho inicial para implantação
- Conhecimento inadequado entre os trabalhadores
- Investimento em softwares e computadores
- Falta de comprometimento da alta administração
- Falta de interesse, pois as ferramentas utilizadas já são eficientes
- Falta de conhecimento em tecnologia pela equipe de trabalho
- Alta rotatividade da equipe
- Nenhuma dificuldade
- Ainda não foi implementada tecnologias
- Outro:

29) Na adoção de tecnologias de apoio ao controle e gestão da Qualidade, quais benefícios foram observados por você e por sua equipe de trabalho? É possível marcar mais de uma.

*

- Previsibilidade na identificação de desvios
- Celeridade no processo de tomada de decisão
- Transparência das informações de campo (sem distorções)
- Diminuição de retrabalho nas atividades
- Melhoria na gestão do canteiro e no controle de execução
- Desburocratização (simplificação e agilidade dos serviços)
- Confiabilidade no processo e na equipe de trabalho
- Melhoria das atividades
- Cumprimento ao prazo contratual
- Nenhum benefício
- Outro: _____

30) A respeito de outras tecnologias aplicadas ao controle da Qualidade em canteiro de obras, quais você já ouviu falar e gostaria de aplicar em suas atividades? É possível marcar mais de uma. *

- Modelagem de Informação de Construção (BIM)
 - Detecção de luz e alcance (LiDAR) para medir distâncias e construir modelos em 3D a partir da realidade
- Compartilhamento de informações em tempo real com a utilização de smartphones
 - Ficha ou Folha de Verificação de Serviço digital (aplicativos em tablets ou smartphones...)
- Scanners a laser tridimensionais (3D)
- Identificação de radiofrequência (RFID) nos materiais para rastreabilidade em obra
 - Drones e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para tarefas como inspeção e documentação
- Software para visualização e análise de dados (Power BI, Orange, Knime Analytics...)
 - Machine Learning (sistemas de aprendizado baseado em dados para tomada de decisões)
- Manufatura aditiva (impressoras 3D, protótipos...)
- Nenhuma das anteriores
- Outro: _____

31) Por quais motivos, você considera que as tecnologias apresentadas na questão anterior ainda não foram inseridas no seu ambiente de trabalho? *

- Resistência a mudança
- Tempo e custo para treinamento
- Dificuldade em relação ao processo e ferramentas
- Inviabilidade econômica
- Aumento da carga de trabalho inicial para implantação
- Conhecimento inadequado entre os trabalhadores
- Investimento em softwares e computadores
- Falta de comprometimento da alta administração
- Falta de interesse, pois as ferramentas utilizadas já são eficientes
- Falta de recursos complementares
- Falta de interesse dos gestores, pois as ferramentas utilizadas já são eficientes
- Falta de conhecimento em tecnologia pela equipe de trabalho
- Alta rotatividade da equipe

- Outro: _____

32) Que tipo de conhecimento, relacionado à implantação das novas tecnologias, você considera ser essencial ou em quais áreas você gostaria de ter mais entendimento? *

- Modelagem da Informação da Construção (BIM)
- Software de análise de dados e Machine Learning (Power BI, Orange, Knime Analytics...)
- Identificação de radiofrequência (RFID)
- Aplicativos para Folha de Verificação de Serviço digital
- Inspeção civil com uso de Drones e VANTs
- Software para o gerenciamento de resultados ensaios (solos, concreto...)
- Outro: _____

33) Além dos recursos apresentados nesta pesquisa, você, sua equipe de trabalho ou empresa teria sugestões de implementação de outras tecnologias? *

34) Escreva seus comentários/sugestões ao tema ou à pesquisa:

35) Você deseja receber o resultado da pesquisa via e-mail? *

- Sim
- Não

B. OBJETIVOS DAS PERGUNTAS E EXPECTATIVAS PARA AS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Perfil do Respondente e da Empresa

Essa seção tem por objetivo mapear as localidades em que os profissionais atuam com o intuito de verificar se há predominância em determinadas características como região, cargo, faixa etária, anos de experiência no setor da construção, número de empresas/canteiros de obras que os profissionais atuam, tipo de construção, porte da empresa, certificações e número de profissionais da equipe para o uso das tecnologias. A partir destes dados busca-se inferir se há respostas que convergem para determinados tipos de características e perfis.

Ao mesmo tempo, é possível examinar em quais perfis a adoção de tecnologias de apoio ao controle da Qualidade corrente é satisfatório e quais localidades esse processo precisa ser aprimorado.

Atividades da Qualidade no Canteiro de Obras

Quais tipos de serviço relacionados à Qualidade você realiza?

Nesta pergunta é questionado quais tipos de serviços o profissional realiza. Com essa pergunta, busca-se observar em quais atividades há inserção das tecnologias.

Quais ferramentas da Qualidade são utilizadas no acompanhamento diário de suas atividades?

Em relação às ferramentas da Qualidade, o objetivo da pergunta é analisar se dentre as ferramentas usuais da Qualidade haverá, nas seções posteriores, alguma tecnologia envolvida.

Quais dificuldades/deficiências você observa durante o acompanhamento de suas atividades?

Sobre as dificuldades existentes durante o acompanhamento das atividades, o objetivo é constatar, nas seções posteriores, se com a adoção das tecnologias houve diminuição ou redução dessas dificuldades e como as tecnologias podem auxiliar nessa situação.

Em uma escala de 0 a 10, qual é a sua percepção sobre a eficiência (relação entre rendimento e erros) das atividades que acompanha?

A percepção sobre a eficiência (relação entre rendimento e erros) das atividades que acompanha tem como intuito promover uma autoavaliação de como o profissional avalia suas atividades se o auxílio das tecnologias.

Em uma escala de 0 a 10, qual é a sua percepção sobre o retrabalho das atividades que acompanha?

Sobre o retrabalho, a pergunta também tem o intuito de promover uma autoavaliação/reflexão do profissional sobre o grau de retrabalho que normalmente é gerado em suas atividades. Além disso, pelas perguntas posteriores será possível observar como o grau de retrabalho está associado à adoção das tecnologias.

Quais são as principais dificuldades encontradas na Gestão da Qualidade na(s) localidade(s) em que você trabalha?

Em relação às dificuldades encontradas na Gestão da Qualidade, o propósito da questão é mapear como a Gestão da Qualidade é conduzida nos canteiros de obra e novamente se a adoção das tecnologias é capaz de solucionar as principais dificuldades apontadas.

Quais são os principais instrumentos da Gestão da Qualidade utilizados no monitoramento das atividades no canteiro de obras?

Sobre os principais instrumentos da Gestão da Qualidade utilizados no monitoramento das atividades, o objetivo é mapear como o controle da Qualidade é feito no canteiro de obras. A possibilidade de utilização dessa resposta consiste na comparação dos principais instrumentos com as novas tecnologias adotadas, correlacionando-as.

Quais são os principais problemas que acontecem em seu ambiente de trabalho que você atribui à falta de acompanhamento e Controle da Qualidade?

Em relação aos principais problemas que acontecem no ambiente de trabalho, a pergunta tem como intuito obter a percepção do profissional sobre como a falta de acompanhamento e Controle da Qualidade afeta à obra. Novamente, o levantamento destes dados proporciona meios para verificar como a adoção das tecnologias impactará na resolução dos problemas relacionados à falta de acompanhamento e Controle da Qualidade.

Quais são os instrumentos de acompanhamento e Controle da Qualidade que você visualiza em sua localidade de trabalho?

O questionamento sobre quais instrumentos de acompanhamento e Controle da Qualidade é visualizado pelo profissional em sua localidade de trabalho, objetiva identificar

se estes instrumentos estão embutidos em outras áreas e setores, caso o profissional seja de outra área ou como as ferramentas da Qualidade são apresentadas nos locais de trabalho. Novamente, com base nas respostas das próximas seções, é possível comparar se já há adoção de tecnologias com essas características.

Quais tecnologias você acredita que traria maior confiabilidade e segurança nas atividades de Controle da Qualidade nas obras que você costuma executar?

A última pergunta dessa seção, tem como intuito levantar as expectativas dos profissionais sobre quais tecnologias trariam maior confiabilidade e segurança nas atividades de Controle da Qualidade nas obras. Essa pergunta servirá como um levantamento da visão que estes profissionais têm das tecnologias. Pelas respostas e comparação com a análise bibliográfica será possível observar quais tecnologias sub e superestimada pelos profissionais e se essa visão corresponde aos benefícios observados nos trabalhos científicos publicados.

Tecnologias de Apoio ao Controle e Análise da Qualidade

Quais tecnologias de apoio ao controle e análise da Qualidade a empresa adota nas atividades no canteiro de obras?

O objetivo dessa pergunta é levantar se já há adoção de tecnologias nos canteiros de obra. Pelas opções de resposta é possível obter o grau de complexidade dessas tecnologias e nas perguntas seguintes quais foram os principais ganhos observados.

Quando houve a inserção das tecnologias de apoio ao Controle da Qualidade na(s) empresa(s) em que você trabalha?

O intuito dessa pergunta é verificar o quão inovadora é a empresa e se houve preocupação em incluir tecnologias na área da Qualidade.

Caso a empresa ainda não tenha implementado, existe uma pretensão de adoção de tecnologias para auxiliar no controle e acompanhamento da qualidade? Se sim, em quanto tempo isso é possível em sua realidade?

Essa pergunta objetiva avaliar a possibilidade de inserção das tecnologias aplicadas à

Qualidade nos controles da empresa.

Caso tenha adotado algumas destas tecnologias, quais as dificuldades e/ou impeditivos você percebeu na utilização?

Os principais fatores que provocam objeção à implementação das tecnologias. As respostas podem ser comparadas com os estudos de casos e trabalhos científicos realizados.

Na adoção de tecnologias de apoio ao controle e gestão da Qualidade, quais benefícios foram observados por você e por sua equipe de trabalho?

Pelas respostas obtidas será possível comparar se os benefícios observados contribuem para a diminuição ou eliminação das dificuldades apresentadas na seção **“Atividades da Qualidade no Canteiro de Obras”**.

A respeito de outras tecnologias aplicadas ao controle da Qualidade no canteiro de obras, quais você já ouviu falar e gostaria de aplicar em suas atividades?

Com essa pergunta objetiva-se avaliar se os profissionais estão informados e atualizados sobre as novas tecnologias existentes de acompanhamento das atividades no canteiro e obras.

Por quais motivos, você considera que as tecnologias apresentadas na questão anterior ainda não foram inseridas no seu ambiente de trabalho?

Pelas respostas será possível obter os motivos, de acordo com a percepção dos profissionais, para a não implementação das tecnologias na Qualidade. Busca-se avaliar se há um motivo predominante e se esse motivo tem alguma justificativa plausível baseado em pesquisas bibliográficas.

Que tipo de conhecimento, relacionado à implantação das novas tecnologias, você considera ser essencial ou em quais áreas você gostaria de ter mais entendimento?

Pelas opções de resposta será possível identificar em quais áreas os profissionais consideram que deveriam ser capacitados para lidar com a adoção de tecnologias de apoio e controle da Qualidade.

APÊNDICE B – PUBLICAÇÕES UTILIZADAS NA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
1	RFID Technology for Materials Management in Construction Projects – A Review	Tecnologia RFID para gerenciamento de materiais em projetos de construção - uma revisão	Narimah Kasim, Aryani Ahmad Latiffi, Mohamad Syazli Fathi	RFID	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Malásia	2013	International Journal of Construction Engineering and Management	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 1
2	Extending automation of building — Survey on potential sensor technologies and robotic applications	Ampliação da automação da construção civil - Pesquisa sobre tecnologias de sensores em potencial e aplicações robóticas	Pentti Vähä, Tapio Heikkilä, Pekka Kilpeläinen, Markku Järviluoma, Ernesto Gambao	Sistemas de imagem, medição de forma e scanners: como scanners a laser, radar a laser, detecção e alcance de laser (LADAR) ou luz sistemas de detecção e alcance (LIDAR); sistemas de medição de forma fotogramétrica; scanners de luz estruturados; sensor Kinect.	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Espanha	2013	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 2
3	Improving on-site materials tracking for inventory management in construction projects	Melhorando o rastreamento de materiais no local para gerenciamento de estoque em projetos de construção	Narimah Kasim , Siti Radziah Liwan, Alina Shamsuddin, Rozlin Zainal, and Naadira Che Kamaruddin	RFID	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Malásia	2012	Proceedings International Conference of Technology Management, Business and Entrepreneurship 2012 (ICTMBE2012)	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 3
4	A Review on Using Opportunities of Augmented Reality and Virtual Reality in Construction Project Management	Uma revisão sobre o uso de oportunidades de realidade aumentada e realidade virtual no gerenciamento de projetos de construção	Shakil Ahmed	Augmented reality (AR)	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Bangladesh	2018	Organization, Technology and Management in Construction: Sciendo	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 4

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
5	The Impact of Field Data Capturing Technologies on Automated Construction Project Progress Monitoring	O impacto das tecnologias de captura de dados de campo no monitoramento automatizado do andamento do projeto de construção	Sepehr Alizadehsalehia, Ibrahim Yitmen	Tecnologias de captura de dados de campo (FDCT) em combinação com modelagem de informações de construção (BIM): Image-based modelling; 3D Laser Scanning (LS); Radio Frequency Identification (RFID); Código de barras; Ultra-Wideband (UWB); Global Positioning System (GPS); Wireless Sensor Network (WSN).	Levantamento / Estudo de caso	Canteiro de obras	Turquia	2016	Procedia Engineering: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 5
6	Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project	Implementando 'Site BIM': Um estudo de caso de inovação em TIC em um grande projeto de hospital	Richard Davies, Chris Harty	Ferramentas habilitadas para BIM para permitir trabalhadores do local usando computadores pessoais tablets móveis para acessar informações de design e capturar a qualidade do trabalho e dados de progresso no local	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido	2013	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 6
7	On-site construction management using mobile computing technology	Gestão de construção no local usando tecnologia de computação móvel	Changyoon Kim, Taeil Park, Hyunsu Lim, Hyoungkwan Kim	Sistema de monitoramento do local, tarefa gerenciamento e compartilhamento de informações em tempo real por meio de tecnologia de computação móvel (smartphones)	Estudo de caso	Canteiro de obras	Coreia do Sul	2013	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 7
8	Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site	Implementação de BIM móvel e interação enxuta no canteiro de obras	Ozan Koseoglu, Elif Tugce Nurtan-Gunes	Implementação de BIM móvel	Estudo de caso	Canteiro de obras	Turquia	2018	Engineering, Construction and Architectural Management: Emerald Publishing Limited	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 8

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
9	Applications of multirotor drone technologies in construction management	Aplicações de tecnologias de drones multirotoros na gestão de construção	Yan Li, Chunlu Liu	Drone	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Austrália	2018	INTERNATIONAL JOURNAL OF CONSTRUCTION MANAGEMENT: Taylor & Francis Group	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 9
10	Study on Construction Quality Control of Urban Complex Project Based on BIM	Estudo de Controle de Qualidade da Construção de Empreendimento Urbano com base em BIM	Junying Lou, Jiang Xu, Kun Wang	BIM e AR (Augmented reality)	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	China	2017	Procedia Engineering: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 10
11	Construction quality management based on a collaborative system using BIM and indoor positioning	Gestão da qualidade da construção com base em um sistema colaborativo usando BIM e posicionamento interno	Zhiliang Ma, Shiyao Cai, Na Mao, Qiliang Yang, Junguo Feng, Pengyi Wang	Aplicação integrada de modelagem de informações de construção (BIM) e tecnologia de posicionamento interno	Estudo de caso	Canteiro de obras	China	2018	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 11
12	Influence of RFID technology on automated management of construction materials and components	Influência da tecnologia RFID na gestão automatizada de materiais e componentes de construção	Javad Majrouhi Sardroud	Identificação de Radiofrequência (RFID), Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistema de Rádio de Pacote Geral (GPRS)	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Irã	2012	Scientia Iranica: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 12
13	Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction	Gerenciamento de progresso em tempo real: processos de reengenharia para BIM baseado em nuvem na construção	Jane Matthews, Peter E.D. Love, Sam Heinemann, Robert Chandler, Chris Rumsey, Oluwole Olatunj	BIM baseado em nuvem na construção	Estudo de caso	Canteiro de obras	Austrália	2015	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 13

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
14	Mobile application prototype for on-site information management in construction industry	Protótipo de aplicativo móvel para gerenciamento de informações no local na indústria da construção	Mehdi Nourbakhsh, Rosli Mohamad Zin, Javier Irizarry, Samaneh Zolfagharian e Masoud Gheisari	Aplicativo móvel para gerenciamento de informações	Levantamento / Estudo de caso	Canteiro de obras	Malásia Estados Unidos	2012	Emerald Insight	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 14
15	Implementation of augmented reality for segment displacement inspection during tunneling construction	Implementação de realidade aumentada para inspeção de deslocamento de segmento durante a construção de túneis	Ying Zhou, Hanbin Luo, Yiheng Yang	Realidade Aumentada (AR)	Estudo de caso	Canteiro de obras / Construção túneis	China	2017	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 15
16	Tracking the Built Status of MEP Works: Assessing the Value of a Scan-vs.-BIM System	Rastreando o status de construção de obras de MEP: avaliando o valor de um sistema Scan-vs.-BIM	Frédéric Bosché, Adrien Guillemet, Yelda Turkan, Carl T. Haas, Ralph Haas	Objeto Scan-versus-BIM, digitalização a laser tridimensional e modelos BIM 3D / 4D de projeto	Estudo de caso	Canteiro de obras	Estados Unidos	2014	Journal of computing in civil engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 16
17	IFC-Based Development of As-Built and As-Is BIMs Using Construction and Facility Inspection Data: Site-to-BIM Data Transfer Automation	Desenvolvimento baseado em IFC de BIMs as-built e as-is usando dados de inspeção de construção e instalações: Automação de transferência de dados de local para BIM	Hesam Hamledari, Ehsan Rezazadeh Azar, Brenda McCabe	Automação de transferência de dados de inspeção de construção e instalações para BIM	Estudo de caso	Canteiro de obras	Estados Unidos	2018	Journal of computing in civil engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 17
18	Utilizing drone technology in the civil engineering	Utilizando tecnologia de drones na engenharia civil	Matúš Tkáč, Peter Mésáro	Drone	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Eslováquia	2019	SSP - JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING V: Sciendo	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 18
19	Markerless BIM Registration for Mobile Augmented Reality Based Inspection	Registro BIM sem marcadores para inspeção baseada em realidade aumentada móvel	Marianna Kopsida, Ioannis Brilakis	BIM e realidade aumentada (AR) móvel	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido	2016	Proceedings of the International Conference on Smart Infrastructure and Construction	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 19

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
20	Developing construction defect management system using BIM technology in quality inspection	Desenvolvimento de sistema de gerenciamento de defeitos de construção usando tecnologia BIM na inspeção de qualidade	Yu-Cheng LIN, Jun-Xiong, CHANG, Yu-Chih SU	Building Information Modeling (BIM) para inspeção de qualidade e gerenciamento de defeitos	Estudo de caso	Canteiro de obras	Taiwan	2014	JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 20
21	Computer Vision Techniques in Construction, Operation and Maintenance Phases of Civil Assets: A Critical Review	Técnicas de visão computacional nas fases de construção, operação e manutenção de ativos civis: uma revisão crítica	S. Xu, J. Wang, X. Wang e W. Shou	Digitalização a laser e fotogrametria.	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	China Austrália	2019	36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019)	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 21
22	Information lifecycle management with RFID for material control on construction sites	Gerenciamento do ciclo de vida da informação com RFID para controle de materiais em canteiros de obras	Ju Hyun Lee, Jeong Hwa Songy, Kun Soo Oh, Ning Gu	RFID	Estudo de caso	Canteiro de obras	Coreia do Sul Austrália	2013	Journal Advanced Engineering Informatics: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 22
23	Scenarios for applying RFID technology in construction project management	Cenários para aplicação da tecnologia RFID na gestão de projetos de construção	Weisheng Lu, George Q. Huang, Heng Li	RFID	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Hong Kong	2011	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 23
24	A framework for using mobile computing for information management on construction sites	Uma estrutura para o uso de computação móvel para gerenciamento de informações em canteiros de obras	Yuan Chen, John M. Kamara	Implementação de computação móvel em canteiros de obras	Estudo de caso	Canteiro de obras	China Reino Unido	2011	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 24

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
25	Comparison of point cloud data and 3D CAD data for on-site dimensional inspection of industrial plant piping systems	Comparação de dados de nuvem de pontos e dados CAD 3D para inspeção dimensional no local de sistemas de tubulação de plantas industriais	Cong Hong Phong Nguyen, Young Choi	Materiais terrestres varredura a laser (TLS) para aquisição de dados e crescimento de região baseado em normal e eficiente consenso de amostra aleatória (RANSAC) para processamento de dados de nuvem de pontos	Estudo de caso	Planta industrial	Coreia do Sul	2018	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 25
26	Smart Vidente: advances in mobile augmented reality for interactive visualization of underground infrastructure	Smart Vidente: avanços em realidade aumentada móvel para visualização interativa de infraestrutura subterrânea	Gerhard Schall, Stefanie Zollmann, Gerhard Reitmayr	Realidade aumentada (AR)	Estudo de caso	Arquitetura, engenharia e construção	Áustria	2012	Pers Ubiquit Comput: Springer	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 26
27	Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project	Pesquisa sobre a aplicação da tecnologia BIM 5D no Grande Projeto Central	Jiang Xu	BIM	Estudo de caso	Canteiro de obras	China	2017	Procedia Engineering: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 27
28	Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site	Pele digital do canteiro de obras: tecnologias de sensores inteligentes para o futuro canteiro de obras inteligente	Ruwini Edirisinghe	Realidade aumentada (AR), construção visualização baseada em modelo de informação, rastreamento de mão de obra, rastreamento da cadeia de suprimentos, gestão de segurança, dispositivos móveis rastreamento de equipamentos e monitoramento de cronograma e progresso	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Austrália	2018	Engineering, Construction and Architectural Management Emerald Publishing Limited	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 28
29	Automation in construction industry	Automação na indústria da construção	Divyesh Joshi, Rushabh Shah	Tecnologias de automação, como novas máquinas, dispositivos eletrônicos etc.	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Índia	2015	Indian Journal of Advance Research in Engineering, Science and Management	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 29

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
30	A concept for automated construction progress monitoring: technologies adoption for benchmarking project performance control	Um conceito para monitoramento automatizado do progresso da construção: adoção de tecnologias para benchmarking de controle de desempenho do projeto	Sepehr Alizadehsalehi, Ibrahim Yitmen	Tecnologias de coleta e captura de dados no controle de monitoramento de progresso automatizado	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Arábia Saudita	2018	Arabian Journal for Science and Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 30
31	Modeling and analysis of the impact of BIM-based field data capturing technologies on automated construction progress monitoring	Modelagem e análise do impacto de tecnologias de captura de dados de campo baseadas em BIM no monitoramento automatizado do progresso da construção	Sepehr Alizadeh Salehi, Ibrahim Yitmen	Tecnologias de captura de dados de campo baseadas em BIM no monitoramento automatizado do progresso do projeto comparando o modelo 3D e os fluxos de trabalho BIM	Levantamento / Estudo de caso	Canteiro de obras	Irã	2018	International Journal of Civil Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 31
32	Utilization of building information modeling in infrastructure's design and construction	Utilização de modelagem de informações de construção no projeto e construção de infraestrutura	Josef Zak and Helen Macadam	Uso, aplicações e potenciais benefícios e desvantagens associados à implementação dos princípios do BIM na preparação e construção de projetos de infraestrutura	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	República Tcheca Reino Unido	2017	IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 32
33	Construction monitoring and reporting using drones and unmanned aerial vehicles (UAVs)	Monitoramento e relatórios de construção usando drones e veículos aéreos não tripulados (UAVs)	Naveed Anwar, Muhammad Amir Izhar, Fawad Ahmed Najam	Drones e veículos aéreos não tripulados (UAV)	Estudo de caso	Canteiro de obras	Tailândia Paquistão	2018	The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10)	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 33
34	BIM implementation in mega projects: Challenges and enablers in the Istanbul Grand Airport (IGA) project	Implementação do BIM em megaprojetos: Desafios e facilitadores no projeto do Grande Aeroporto de Istambul (IGA)	Basak Keskin, Beliz Ozorhon, and Ozan Koseoglu	Building Information Modeling (BIM)	Estudo de caso	Canteiro de obras / Projeto Infraestrutura	Turquia	2019	I. Mutis and T. Hartmann (eds.), Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 34

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
35	Exploratory study of potential applications of unmanned aerial systems for construction management tasks	Estudo exploratório de aplicações potenciais de sistemas aéreos não tripulados para tarefas de gerenciamento de construção	Javier Irizarry, Dayana Bastos Costa	Sistemas aéreos não tripulados (UASs), o uso específico e o valor dos ativos visuais (fotografias ou vídeo) coletados com UASs	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil Estados Unidos	2016	Journal of Management in Engineerin	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 35
36	Mobile Applications for the Construction Industry	Aplicativos móveis para o Indústria de construção	David Arditi, Bahadir Barbarosoglu	Aplicativos de smartphones	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2016	Proceedings of the First European and Mediterranean Structural Engineering and Construction Conference	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 36
37	As-built data acquisition and its use in production monitoring and automated layout of civil infrastructure: A survey	Aquisição de dados as-built e seu uso no monitoramento da produção e layout automatizado de infraestrutura civil: Um levantamento	Hyojoo Son, Frédéric Bosché, Changwan Kim	Coleta e análise de dados sobre o estado de construção tridimensional (3D) da infraestrutura civil	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras / Projeto Infraestruturara	Coréia do Sul Reino Unido	2015	Journal Advanced Engineering Informatics: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 37
38	An Internet of Things-enabled BIM platform for modular integrated construction: A case study in Hong Kong	Uma plataforma BIM habilitada para Internet das coisas para construção modular integrada: um estudo de caso em Hong Kong	Yue Zhaia, Ke Chenb, Jason X. Zhouc, Jin Caod, Zhongyuan Lyue, Xin Jinc, Geoffrey Q.P. Shenc, Weisheng Lud, George Q. Huang	Plataforma BIM habilitada para Internet das Coisas (IBIMP) para o projeto MiC (Construção Integrada Modular).	Estudo de caso	Canteiro de obras	China Hong Kong	2019	Journal Advanced Engineering Informatics: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 38
39	An IFC-inspection process model for infrastructure projects: Enabling real-time quality monitoring and control	Um modelo de processo de inspeção da IFC para projetos de infraestrutura: possibilitando o monitoramento e controle de qualidade em tempo real	Lieyun Dinga, Kaiman Lia, Ying Zhoua, Peter E.D. Love	Modelo de Processo de Inspeção baseado em Classes de Fundamentos Industriais (IFC-IPM) para permitir que os requisitos de troca de informações para que as informações relacionadas à qualidade ocorram em tempo real durante a construção	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	China Austrália	2017	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 39

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
40	Automated progress control using laser scanning technology	Controle de progresso automatizado usando tecnologia de varredura a laser	Chengyi Zhang, David Ardit	Tecnologia de varredura a laser	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2013	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 40
41	Securing a wireless site network to create a BIM-allied work-front	Protegendo uma rede local sem fio para criar uma frente de trabalho aliada ao BIM	Payam R. Zekavat, Sungkon Moon, Leonhard E. Bernold	Comunicação wireless integrada com BIM, GPS e Internet para a criação de sistemas inteligentes, apoiando o designer em seu escritório e também os trabalhadores na frente de trabalho	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	AustráliaChile	2014	International Journal of Advanced Robotic Systems	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 41
42	The role of information technologies to address data handling in construction project management	O papel das tecnologias de informação para lidar com o manuseio de dados no gerenciamento de projetos de construção	María Martínez-Rojas, Nicolás Marín and M. Amparo Vila	Tecnologias de informação e comunicação (TIC) para fornecer acesso aos dados e aproveitar esse acesso para gerenciar questões cruciais no gerenciamento de projetos, como custos, planejamento, riscos, segurança, monitoramento do progresso e controle de qualidade	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2015	Journal of Computing in Civil Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 42
43	Using telepresence for real-time monitoring of construction operations	Usando telepresença para monitoramento em tempo real das operações de construção	Edward Jaselskis, Arvind Sankar, Ahmad Yousif, Brett Clark and Viswa Chinta	Streaming vinculado para vídeo e áudio ao vivo de câmeras móveis em qualquer lugar em um canteiro de obras para membros da equipe localizados fora do local (inspeções de qualidade)	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2015	Journal of Management in Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 43

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
44	Study on real-time construction quality monitoring of storehouse surfaces for RCC dams	Estudo sobre monitoramento em tempo real da qualidade da construção de superfícies de armazéns para barragens RCC	Yuxi Liu, Denghua Zhong, Bo Cui, Guiliang Zhong, Yongxin Wei	Sistema de posicionamento global (GPS) e sistema de navegação global por satélite (GLONASS), tecnologia de sensor e tecnologia de transmissão de rede para um sistema de monitoramento da qualidade da construção em tempo real	Estudo de caso	Canteiro de obras	China	2015	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 44
45	Automating measurement process to improve quality management for piping fabrication	Automatizando o processo de medição para melhorar a gestão da qualidade para a fabricação de tubulações	Mahdi Safa, Arash Shahi, Mohammad Nahangi, Carl Haas, Hamid Noori	Fotogrametria e digitalização a laser	Estudo de caso	Indústria	Canadá	2015	Journal Structures: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 45
46	Use of a mobile BIM application integrated with asset tracking technology over a cloud	Uso de um aplicativo BIM móvel integrado com tecnologia de rastreamento de ativos em uma nuvem	Park, J; Cho, Y.K.	Plataforma BIM móvel virtual para uma aplicação on-site integrando os três sistemas: Modelagem de informações de construção (BIM), Bluetooth Low Energy (BLE) e unidades de medição inercial (IMU)	Estudo de caso	Canteiro de obras	Cingapura	2016	Proceedings of the 21st International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 46

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
47	A review of automated construction progress monitoring and inspection methods	Uma revisão dos métodos automatizados de monitoramento e inspeção do progresso da construção	Marianna Kopsida, Ioannis Brilakis, Patricio Antonio Vela	Métodos de monitoramento de progresso de última geração em termos de (a) aquisição de dados, como em tecnologias que são usadas para capturar as cenas as-built, (b) recuperação de informação, como na extração das informações necessárias dos dados executados, (c) estimativa do progresso, que inclui a comparação entre o modelo executado e planejado para definir o status do progresso e (d) visualização dos resultados.	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Reino Unido Estados Unidos	2015	Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 47
48	Email-based system for documenting construction as-built details	Sistema baseado em e-mail para documentar detalhes de construção as-built	Tarek Hegazy, Mohamed Abdel-Monem	Utilização de ferramentas de comunicação prevalentes (e-mail) para desenvolver um sistema de todo o projeto para rastreamento do progresso e comunicação bidirecional entre os participantes do projeto e a matriz	Estudo de caso	Canteiro de obras	Canadá	2012	Journal Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 48
49	IFC-Based Development of As-Built and As-Is BIMs Using Construction and Facility Inspection Data: Site-to-BIM Data Transfer Automation	Rastreamento o status de construção de obras de MEP: avaliando o valor de um sistema Scan-vs.-BIM	Hesam Hamledari, Ehsan Rezazadeh Azar and Brenda McCabe	Utilização do esquema de classes de base da indústria (IFC) para atualização automática de BIM conforme projetado com base em observações do local para elementos de construção inspecionados	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Estados Unidos	2018	J. Comput. Civ. Eng	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 49

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
50	Construction Quality Assessment using 3D as-built Models Generated with Project Tango	Avaliação da qualidade da construção usando modelos 3D as-built Gerado com o Projeto Tango	T. Sri Kalyana, Puyan A. Zadehb, Sheryl Staub-Frenchc, Thomas M. Froesed	Utilização de uma nova tecnologia de modelagem acessível, fácil de usar e mais rápida (Projeto Tango) para produzir modelos 3D as-built para facilitar o processo de controle de qualidade da construção	Estudo de caso	Canteiro de obras	Canadá	2016	Procedia Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 50
51	Implementation of RFID technology for real-time materials tracking process in construction projects	Implementação de tecnologia RFID para processo de rastreamento de materiais em tempo real em projetos de construção	Narimah Kasim, Alina Shamsuddin, Rozlin Zainal e Naadira Che Kamarudin	RFID para gerenciamento de materiais em projetos de construção	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Malásia	2012	2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER)	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 51
52	Augmented Reality Combined with Location-Based Management System to Improve the Construction Process, Quality Control and Information Flow	Realidade Aumentada combinada com sistema de gestão baseado em localização para melhorar o processo de construção, controle de qualidade e fluxo de informações	Julia Ratajczak, Alice Schweigkofler, Michael Riedl, and Dominik T. Matt	Aplicativo móvel - AR4Construction para integração de tecnologias como BIM e AR com sistema de gerenciamento baseado em localização	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Suíça	2019	Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 52
53	Case study of BIM and cloud-enabled real-time RFID indoor localization for construction management applications	Estudo de caso de localização interna RFID em tempo real habilitada para BIM e nuvem para aplicativos de gerenciamento de construção	Yihai Fang, Yong K. Cho, Sijie Zhang and Esau Perez	Sistema de localização de modelagem de informações de construção (BIM) e identificação por radiofrequência (RFID) habilitado para nuvem	Estudo de caso	Canteiro de obras	Estados Unidos	2016	Journal of Construction Engineering and Management	Google Acadêmico	I (A-F)	GA I 53

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
54	Data acquisition technologies for construction progress tracking	Tecnologias de aquisição de dados para rastreamento do andamento da construção	Tarek Omar, Moncef L. Nehdi	Tecnologias de coleta automatizada e eletrônica de dados de construção.	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Canadá	2016	Journal of Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 54
55	Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project	Implementação de BIM móvel e interação enxuta no canteiro de obras: um estudo de caso de um projeto complexo de aeroporto	Ozan Koseoglu, Elif Tugce Nurtan-Gunes.	Interações enxutas resultantes de processos BIM móveis por meio de uma estrutura com foco nas transformações digitais realizadas no canteiro de obras	Estudo de caso	Canteiro de obras	Turquia	2018	Engineering, Construction and Architectural Management	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 55
56	Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project	Implementando 'Site BIM': Um estudo de caso de inovação em TIC em um grande projeto de hospital	Richard Davies, Chris Harty	Implementação de um sistema 'Site BIM' com ferramentas habilitadas para BIM para permitir que os trabalhadores do local usando computadores pessoais tablet móveis acessem informações de design e capturem dados de progresso e qualidade do trabalho no local.	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido	2013	Journal of Automation in Construction: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 56
57	RFID-facilitated construction materials management (RFID-CMM)—A case study of water-supply project	Gerenciamento de materiais de construção facilitado por RFID (RFID-CMM) - um estudo de caso de projeto de abastecimento de água	Z. Ren, C.J. Anumba, J. Tah	Sistema de gerenciamento de materiais de construção facilitado por RFID (Radio Frequency Identification System)	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido Estados Unidos	2011	Journal Advanced Engineering Informatics: Elsevier	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 57

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
58	Sensing and field data capture for construction and facility operations	Detecção e captura de dados de campo para operações de construção e instalação	Saurabh Taneja; Burcu Akinci; James H. Garrett; Lucio Soibelman; Esin Ergen; Anu Pradhan; Pingbo Tang; Mario Berges; Guzide Atasoy; Xuesong Liu; Seyed Mohsen Shahandashti; and Engin Burak Anil	Aplicações de tecnologias de captura automatizada de dados de campo em trabalhos de campo de construção e instalações: tecnologias de captura de imagem, como scanners a laser e câmeras de vídeo; tecnologias de identificação automatizada, como códigos de barras e etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID); tecnologias de rastreamento, como Sistema de Posicionamento Global (GPS) e rede local sem fio (LAN); e tecnologias de monitoramento de processos, como instrumentos de bordo (OBI).	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2011	JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 58
59	Construction engineering requirements for integrating laser scanning technology and building information modeling	Requisitos de engenharia de construção para integração de tecnologia de digitalização a laser e modelagem de informações de construção	Tristan Randall	Digitalização a laser para aquisição rápida de dados espaciais	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2011	JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 59
60	Life-cycle approach for implementing RFID technology in construction: Learning from academic and industry use cases	Abordagem do ciclo de vida para a implementação da tecnologia RFID na construção: aprendendo com casos de uso acadêmicos e da indústria	Nan Li and Burcin Becerik-Gerber	Identificação por radiofrequência (RFID) para coleta de dados automatizada	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2011	JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 60

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
61	RFID and BIM-enabled worker location tracking to support real-time building protocol and data visualization	RFID e BIM habilitado para rastreamento de localização do trabalhador para suportar protocolo de construção em tempo real e visualização de dados	Aaron M. Costin, Jochen Teizer, Bernd Schoner	Integração passiva de RFID (Radio Frequency Identification) e Building Information Modeling (BIM) para rastreamento de pessoal em tempo real	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Estados Unidos	2015	Journal of Information Technology in Construction	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 61
62	Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework	Unindo BIM e construção: de uma revisão da literatura a uma estrutura conceitual integrada	Ke Chen, Weisheng Lu, Yi Peng, Steve Rowlinson, George Q. Huang	Ponte entre BIM e construção (BBB) que sincroniza informações entre o BIM e os processos de construção da vida real	Pesquisa Ex-Post Facto	Canteiro de obras	China Hong Kong	2015	International Journal of Project Management	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 62
63	BIM-enhanced collaborative smart technologies for LEAN construction processes	Tecnologias inteligentes colaborativas aprimoradas com BIM para processos de construção LEAN	Annie Guerriero, Sylvain Kubicki, Fabrice Berroir, Clément Lemaire	Building Information Modeling (BIM)	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Luxemburgo	2017	International Conference on Engineering, Technology and Innovation	Google Acadêmico	I (A-H)	GA I 63
64	Estudo exploratório das tecnologias de controle da qualidade na construção civil, automatizadas e integradas ao BIM	Estudo exploratório das tecnologias de controle da qualidade na construção civil, automatizadas e integradas ao BIM	Carla dos Santos de Oliveira Passos, Larissa da Silva Paes Cardoso, Herman Augusto Lepikson	Scanners a Laser, Realidade Aumentada, Sensores 3D, fotogrametria	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2018	IV SIINTEC	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 64
65	Aplicativo móvel para otimização de registro do controle de qualidade do concreto em obras	Aplicativo móvel para otimização de registro do controle de qualidade do concreto em obras	Leonardo da Silva Dias, Arthur Henrique de Araújo Macêdo, Cláudia Patrícia Torres Cruz	Desenvolvimento de um aplicativo móvel para automação e melhoria no processo de registro do controle de qualidade do concreto	Revisão bibliográfica / Levantamento / Pesquisação	Canteiro de obras	Brasil	2021	Brazilian Applied Science Review	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 65

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
66	Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação	Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação	Cibeli Ferrando Leão	Uso de dispositivos móveis no controle da produção e qualidade	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2014	Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 66
67	Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade de obras – Estudo de caso	Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade de obras – Estudo de caso	Jeferson Spiering Bões, Jeferson Ost Patzlaf	Emprego de um software, no controle de qualidade, utilizando tablets para aplicação das Fichas de Verificação de Serviço (FVS)	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2016	Revista de Arquitetura IMED	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 67
68	Tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade como forma de assegurar desempenho e atendimento da VUP (Vida Útil de Projeto)	Tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade como forma de assegurar desempenho e atendimento da VUP (Vida Útil de Projeto)	J. S. Bões, J. O. Patzlaff	Software utilizado para coleta das informações em campo e realização de inspeções, registro de não conformidades e formulários	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2016	Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 68
69	Estudo sobre a gestão da informação no controle de qualidade de obras: uma análise da aplicabilidade da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Estudo sobre a gestão da informação no controle de qualidade de obras: uma análise da aplicabilidade da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	J. S. Bões, J. O. Patzlaff, González, Marco Aurélio	Uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na aplicação de FVS	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2016	XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 69

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
70	Indústria 4.0 e construção enxuta: o caso do sistema AGILEAN	Indústria 4.0 e construção enxuta: o caso do sistema AGILEAN	Juliana Quinderé Carneiro, André Quinderé Carneiro, Luis Felipe Cândido	Sistema AGILEAN, plataforma que integra os princípios da construção Enxuta e da Indústria 4.0, como RFID e Internet das Coisas, para melhorar a gestão da construção	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2019	SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 70
71	Proposta de uma modelagem de dados para auxiliar no controle integrado da produção e da qualidade	Proposta de uma modelagem de dados para auxiliar no controle integrado da produção e da qualidade	Cibeli Ferrando Leão, Carlos T. Formoso, Eduardo Luis Isatto	Modelagem de dados para auxiliar no controle integrado da produção e da qualidade com o uso de tablets	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2016	XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 71
72	Ferramenta BIM com realidade virtual para verificação da qualidade dos serviços executados em canteiro de obras	Ferramenta BIM com realidade virtual para verificação da qualidade dos serviços executados em canteiro de obras	Vera Lúcia Correia	Aplicação de uma ferramenta BIM com Realidade Virtual em uma edificação unifamiliar para realizar a verificação da qualidade dos seus serviços executados	Estudo de caso	Edificação unifamiliar	Brasil	2018	Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 72
73	Tecnologias emergentes para o controle de qualidade da construção civil	Tecnologias emergentes para o controle de qualidade da construção civil	Gabriel Luiz Fritz Benachio, Maria do Carmo Duarte Freitas, Sergio Scheer	Realidade Virtual, Realidade Aumentada, tecnologias de rastreamento em tempo real e veículos aéreos não tripulados (VANTs) para controle de qualidade da construção civil	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Brasil	2019	2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 73

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
74	Avaliação de ferramentas de tecnologia da informação na construção com funcionalidades móveis compatíveis aos itens da NBR ISO 9001: 2008	Avaliação de ferramentas de tecnologia da informação na construção com funcionalidades móveis compatíveis aos itens da NBR ISO 9001: 2008	Romeu da S. Neiva Neto; Regina C. Ruschel; Flávio A. Picchi	Ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para a construção civil especificamente no que se refere a tecnologia móveis, e sua aplicabilidade como facilitadoras de práticas de controle decorrentes de exigências de itens da norma NBR/ISO 9001:2008.	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2013	Revista Eletrônica de Engenharia Civil (REEC)	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 74
75	Internet das coisas aplicada à análise e correlação de dados da construção civil	Internet das coisas aplicada à análise e correlação de dados da construção civil	Catharina Luiza Dias Silva, Pedro Bonfim Segobia, Vitor Pereira Silva, Roberta Bastos de Oliveira, Michele Tereza Marques Carvalho, Raissa Seichi Marchiori	Inovações na construção civil com o uso de IoT	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Brasil	2021	SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 75
76	Planejamento e controle de obras utilizando tecnologia BIM	Planejamento e controle de obras utilizando tecnologia BIM	Marcelo Kraichete De Miranda Uchoa	BIM 5D no gerenciamento de qualidade	Revisão bibliográfica / Levantamento	Canteiro de obras	Brasil	2017	Dissertação de mestrado Programa PósGraduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 76
77	Modelagem da informação visando o planejamento e controle integrado da qualidade e da produção em empreendimentos de edificações	Modelagem da informação visando o planejamento e controle integrado da qualidade e da produção em empreendimentos de edificações	Adolfo Calderan Loregian	Integração entre o Planejamento, Controle da Produção e o Sistema de gestão da qualidade através do uso de dispositivos móveis e Building Information Modeling (BIM)	Revisão bibliográfica / Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Brasil	2017	Trabalho de Diplomação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 77

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
78	Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade	Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade	João Victor Charles Leopoldo	BIM e Laser Scanner	Revisão bibliográfica / Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2015	Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 78
79	Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade com apoio da computação móvel	Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade com apoio da computação móvel	Cibeli Ferrando Leão Eduardo Luis Isatto Carlos Torres Formoso	Modelo de controle integrado da produção e da qualidade, vinculado ao Sistema Last Planner, com o apoio da computação móvel	Estudo de caso	Habitação	Brasil	2016	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 79
80	Integração de Modelos de Processo e Produto na Fase de Construção para o Controle da Produção e da Qualidade com o Apoio de BIM	Integração de Modelos de Processo e Produto na Fase de Construção para o Controle da Produção e da Qualidade com o Apoio de BIM	José Fernando Villamayor Ibarra	Modelo para a integração entre processos gerenciais, representados pelos sistemas de planejamento e controle da produção e de gestão da qualidade e um modelo BIM	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Brasil	2016	Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 80
81	Gestão da qualidade aplicada em obra vertical: um estudo de caso em Goiânia	Gestão da qualidade aplicada em obra vertical: um estudo de caso em Goiânia	Laressa Silva Teixeira Natália Marinho Barbosa	FVS Digital	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2018	Trabalho de Final de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni – ANHANGUERA.	Google Acadêmico	P (A-F)	GA P 81
82	Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da Produção e Qualidade com o uso de Dispositivos Móveis	Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da Produção e Qualidade com o uso de Dispositivos Móveis	Gabriela Sitja Rocha	Modelo de controle integrado da produção com uso de dispositivos móveis	Estudo de campo	Canteiro de obras	Brasil	2015	Dissertação mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Google Acadêmico	P (A-H)	GA P 82

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
83	Inovação tecnológica na construção civil - Utilização de drone para gerenciamento de obra	Inovação tecnológica na construção civil - Utilização de drone para gerenciamento de obra	Alan Apolinário de Gouveia José Palheta dos Santos Patricia Nascimento dos Santos Ygor Geann dos Santos Leite	Uso de Drone como ferramenta de inovação tecnológica na construção civil	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Brasil	2021	Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas	Google Acadêmico	P (A-H)	GA P 83
84	Sensing and Field Data Capture for Construction and Facility Operations	Deteção e captura de dados de campo para construção e operações de instalação	Saurabh Taneja; Burcu Akinci; James H. Garrett, P.E.; Lucio Soibelman; Esin Ergen; Anu Pradhan; Pingbo Tang; Mario Berges; Guzide Atasoy; Xuesong Liu; Seyed Mohsen Shahandashti and Engin Burak Anil.	Aplicações de tecnologias de captura automatizada de dados de campo em trabalhos de campo de construção e instalações	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	Brasil	2011	JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT	Scopus	I (A-F)	SC I 84
85	Leveraging Site Survey Points for Mixed Reality BIM Visualization	Aproveitando os pontos de pesquisa do site para visualização BIM de realidade mista	Jad Chalhoub; Suleiman Alsafouri and Steven K. Ayer	Realidade virtual (VR) e realidade mista (MR) para visualizar o design sobreposto aos recursos existentes em sua localização final pretendida	Estudo de caso	Canteiro de obras	Estados Unidos	2018	Construction Research Congress	Scopus	I (A-F)	SC I 85
86	An object-based conceptual model foar ICT-based situational awareness of the construction process	Um modelo conceitual baseado em objetos para a consciência situacional baseada em TIC do processo de construção	Yuan Zheng, Seppo Törmä, Olli Seppänen	Estabelecimento de um sistema SA (consciência situacional) baseado em TIC para o processo de construção	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Finlândia	2021	Conference: EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering	Scopus	I (A-F)	SC I 86
87	Efficient management of construction process using RFID+PMIS system: A case study	Gestão eficiente do processo de construção usando o sistema RFID + PMIS: um estudo de caso	Sangyong Kim; Seungho Kim; Llewellyn Chun Ming Tang and Gwang-Hee Kim	Tecnologia do RFID + PMIS (sistema de informações de gerenciamento de projetos) para monitorar recursos humanos (RH) e concreto pré-misturado (RMC)	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido Coréia do Sul	2013	Applied Mathematics & Information Sciences An International Journal	Scopus	I (A-F)	SC I 87

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
88	Smarter construction site management using the latest information technology	Gerenciamento mais inteligente de canteiros de obras usando a tecnologia da informação mais recente	Zhenbao Yu, Hongtao Peng, Xianyi Zeng, Massoud Sof, Hui Xing, Zhiyuan Zhou	Gestão inteligente de locais baseado em BIM que combina internet, digitalização tridimensional, modelos digitais de construção, realidade virtual e realidade aumentada	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Austrália China	2019	Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Civil Engineering	Scopus	I (A-F)	SC I 88
89	Utilization of building information modeling in infrastructure's design and construction	Utilização de modelagem de informações de construção no projeto e construção de infraestrutura	Josef Zak and Helen Macadam	Building Information Modeling (BIM)	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	República Tcheca Reino Unido	2017	IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering	Scopus	I (A-F)	SC I 89
90	Research on the Application of Intelligent Construction Site in Construction Site Management	Pesquisa de Aplicação de Canteiro de Obras Inteligente na Gestão de Canteiros de Obras	Meng Zhang	Redução dos problemas de qualidade e segurança no canteiro de obras com o auxílio do conceito de canteiro de obras inteligente usando a tecnologia da informação	Revisão bibliográfica	Canteiro de obras	China	2019	IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering	Scopus	I (A-F)	SC I 90
91	On-Site Construction Quality Inspection Using Blockchain and Smart Contracts	Inspeção de qualidade de construção no local usando blockchain e contratos inteligentes	Haitao Wu; Botao Zhong; Heng Li; Jiadong Guo and Yuhang Wang	Inspeção da qualidade da construção no local com a utilização de <i>blockchain</i>	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Estados Unidos	2021	Journal of Management in Engineering	Scopus	I (A-F)	SC I 91
92	UAV-Enabled Site-to-BIM Automation: Aerial Robotic- and Computer Vision-Based Development of As-Built/As-Is BIMs and Quality Control	Automação Site-to-BIM habilitada para UAV: Desenvolvimento de Robótica Aérea e Visão Computacional de BIMs As-Built / As-Is e Controle de Qualidade	Hesam Hamledari; Shakiba Davari; Ehsan Rezazadeh Azar; Brenda McCabe; Forest Flager and Martin Fischer	Verificação de conformidade e controle de qualidade automatizados usando dados consultados de BIMs e realidade capturada por UAV na forma de imagens	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Canadá Estados Unidos	2018	Construction Research Congress	Scopus	I (A-F)	SC I 92

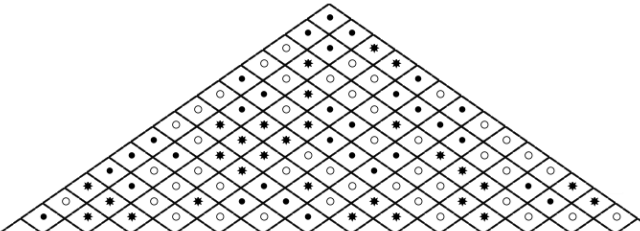
Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
93	A Web-Based BIM-AR Quality Management System for Structural Elements	Um sistema de gerenciamento de qualidade BIM-AR baseado na web para elementos estruturais	Mehrdad Mirshokraei, Carlo Iapige De Gaetani and Federica Migliaccio	Integração da tecnologia de modelagem de informações de construção (BIM) e realidade aumentada (AR) para gerenciamento da qualidade (QM) durante a fase de execução de elementos estruturais	Estudo de caso	Canteiro de obras	Itália	2019	Applied Sciences	Scopus	I (A-F)	SC I 93
94	Dimensional Quality Inspection of Prefabricated MEP Modules with 3D Laser Scanning	Inspeção de qualidade dimensional de módulos MEP pré-fabricados com digitalização a laser 3D	Jingjing Guo; Qian Wang	Tecnologia de inspeção de qualidade dimensional automatizada para estimar as propriedades geométricas de módulos MEP usando digitalização a laser 3D	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Cingapura	2019	Computing in Civil Engineering	Scopus	I (A-F)	SC I 94
95	Information and communication technology (ICT) applied to quality control to secure performance and compliance in project lifespan	Tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade para garantir o desempenho e conformidade na vida útil do projeto	Jeferson Spiering Bões, Jeferson Ost Patzlaff	Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no Controle de Qualidade para garantia da VUP (Vida útil de projeto) de edificação	Estudo de caso	Canteiro de obras	Brasil	2016	Journal of Building Pathology and Rehabilitation	Scopus	I (A-F)	SC I 95
96	Development of a Construction Quality Supervision Collaboration System Based on a SaaS Private Cloud	Desenvolvimento de um Sistema de Colaboração para Supervisão de Qualidade de Construção Baseado em Nuvem Privada SaaS	Yuping Cheng, Yan Chen, Ran Wei, Hanbin Luo	Sistema de Colaboração de Supervisão de Qualidade de Construção (CQSCS) baseado em nuvem privada SaaS por meio de software e modelos de aplicativos da nuvem privada SaaS para fortalecer a supervisão e o gerenciamento da qualidade da construção	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	China	2015	Journal of Intelligent & Robotic Systems	Scopus	I (A-F)	SC I 96

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
97	Drift Invariant Metric Quality Control of Construction Sites Using BIM and Point Cloud Data	Controle de qualidade métrica invariante de deriva de canteiros de obras usando BIM e dados de nuvem de pontos	Maarten Bassier, Stan Vincke, Heinder De Winter and Maarten Vergauwen	Uso de sensoriamento remoto por meio de aplicativo embutido em um software BIM nativo	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Bélgica	2020	ISPRS International Journal of Geo-Information	Scopus	I (A-F)	SC I 97
98	Field Construction Management Application through Mobile BIM and Location Tracking Technology	Aplicativo de gerenciamento de construção de campo por meio de BIM móvel e tecnologia de rastreamento de localização	J. Parka, Y.K. Chob and K. Kimc	Integração entre o BIM e a tecnologia de rastreamento de localização para o gerenciamento do campo da construção	Estudo de caso	Canteiro de obras	Estados Unidos	2016	International Symposium on Automation and Robotics in Construction	Scopus	I (A-F)	SC I 98
99	Understanding On-Site Inspection of Construction Projects Based on Keyword Extraction and Topic Modeling	Compreendendo a inspeção no local de projetos de construção com base na extração de palavras-chave e modelagem de tópicos	Jia-Rui Lin, Zhen-Zhong Hu, Jiu-Lin Li And Li-Min Chen	Mineração de texto com base na extração de palavras-chave e modelagem de tópicos para melhorar a compreensão das informações ocultas em registros de inspeção	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	China	2020	IEEE Access	Scopus	I (A-F)	SC I 99
100	Integrating BIM and LiDAR for Real-Time Construction Quality Control	Integrando BIM e LiDAR para controle de qualidade de construção em tempo real	Jun Wang, Weizhuo Sun, Wenchi Shou, Xiangyu Wang, Changzhi Wu, Heap-Yih Chong, Yan Liu, Cenfei Sun	Sistema integrado de Modelagem de Informações de Construção (BIM) e Detecção e Variação de Luz (LiDAR) para obter informações de qualidade no local em tempo real e processamento para o controle de qualidade da construção	Revisão bibliográfica / Estudo de caso	Canteiro de obras	Austrália China	2015	Journal of Intelligent & Robotic Systems	Scopus	I (A-F)	SC I 100

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
101	Automation of Inspection Mission Planning Using 4D BIMs and in Support of Unmanned Aerial Vehicle-Based Data Collection	Automação do planejamento da missão de inspeção usando 4D BIMs e no apoio à coleta de dados baseada em veículos aéreos não tripulados	Hesam Hamledari, Seyedomid Sajedi, Brenda McCabe and Martin Fischer	Utilização de modelos de informações de construção (BIM) quadridimensionais (4D) para projetar automaticamente planos de missão UAV otimizados para inspeção	Pesquisa-ação	Canteiro de obras	Estados Unidos	2021	Journal of Construction Engineering and Management	Scopus	I (A-H)	SC I 101
102	Vision-Based Inspection Approach Using a Projector-Camera System for Off-Site Quality Control in Modular Construction: Experimental Investigation on Operational Conditions	Abordagem de inspeção baseada na visão usando um sistema de projetor-câmera para controle de qualidade fora do local em construção modular: investigação experimental em condições operacionais	JuHyeon Bae; SangUk Han	Visão para inspeção de qualidade fora do local que reconstrói (tridimensional) nuvens de pontos 3D usando um sistema de projetor-câmera e calcula os desvios entre as varreduras e o modelo virtual para gerar mapas de erro para avaliação de qualidade	Estudo de caso	Canteiro de obras	Estados Unidos Coréia do Sul	2021	Journal of Computing in Civil Engineering	Scopus	I (A-H)	SC I 102
103	Explanatory defect causation model linking digital innovation, human error and quality improvement in residential construction	Modelo explicativo de causalidade de defeito ligando inovação digital, erro humano e melhoria da qualidade na construção residencial	Kerry London, Zelinna Pablo e Ning Gu	Uso da tecnologia digital móvel na melhoria da qualidade na construção de moradias para redução de defeitos na entrega	Estudo de caso	Edificação unifamiliar	Austrália	2021	Automation in Construction	Scopus	I (A-H)	SC I 103
104	Tracking MEP installation works	Rastreamento de trabalhos de instalação MEP	F. Bosché, Y. Turkan, C.T. Haas, T. Chiamone, G. Vassena and A. Ciribini	Uso de sistemas "Scan-vs-BIM" para obras de MEP	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido Estados Unidos Canadá Itália	2013	Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction	Scopus	I (A-H)	SC I 104

Referência	Título Original	Título Traduzido	Autores	Tecnologia	Metodologia	Local de aplicação	País	Ano	Meio de publicação	Base de Dado	Critério de pesquisa	Código
105	Internet of Things-Based Concrete Curing Invention for Construction Quality Control	Invenção de cura de concreto baseada na Internet das coisas para controle de qualidade de construção	King-Chi Lo, Heung-Wing Terry Kwok, Ming-Fung Francis Siu, Qiping Geoffrey Shen and Chi-Keung Lau	Sistema de controle de cura de concreto baseado em IoT com base em tecnologias de sensores inventadas para monitorar e controlar o teor de umidade do concreto endurecido até os níveis apropriados para um concreto endurecido de boa qualidade	Estudo de caso	Canteiro de obras	China	2021	Hindawi: Advances in Civil Engineering	Web Of Science	I (A-F)	WOS I 105
106	Deploying 3D scanning based geometric digital twins during fabrication and assembly in offsite manufacturing	Implantar gêmeos digitais geométricos baseados em digitalização 3D durante a fabricação e montagem na fabricação externa	Christopher Rausch, Ruodan Lu, Saeed Talebi and Carl Haas	Desenvolvimento de uma estrutura para implantar e comparar três abordagens distintas de gDT para uso durante a fabricação e montagem em OSM: (1) uma abordagem scan-vs-BIM, (2) uma abordagem scan-to-BIM e (3) uma abordagem de atualização BIM paramétrica.	Estudo de caso	Canteiro de obras	Reino Unido Canadá	2021	International Journal of Construction Management	Web Of Science	I (A-F)	WOS I 106

APÊNDICE C – MATRIZ QFD



Necessidades dos clientes / Quês	Requisitos de projeto / Comos														Benchmarking Externo			
	Melhoria do gerenciamento de projeto	Melhoria do gerenciamento de informações	Aprimoramento da tomada de decisão	Redução de desperdícios, defeitos e retrabalho	Redução de tempo	Monitoramento em tempo real	Melhoria da eficiência	Melhoria da inspeção	Colaboração mais efetiva	Melhoria da comunicação	Melhoria da integração	Redução de custo da obra	Identificação de desvios / não conformidades	Aumento da produtividade	Aprimoramento da coleta de dados	Tecnologias adotadas nas empresas (questionário)	Tecnologias que desejariam adotar nas empresas (questionário)	Tecnologias utilizadas no estudo de caso
Dispositivos móveis (smartphone e tablet)	●	●	○	○	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	5	5	5
BIM (Modelagem da Informação da Construção)	●	○	●	●	●	△	●	●	○	●	●	●	●	○	○	1	5	1
FVS Digital	●	●	●	●	●	●	●	○	△	●	●	△	△	△	△	5	4	5
Digitalização a laser e fotogrametria	●	△	○	△	●	●	●	○	●	△	●	●	●	○	●	1	3	1
3D Laser Scanning (LS)	●	△	○	△	●	●	●	○	●	△	●	●	●	○	△	1	3	1
Radio Frequency Identification (RFID)	●	●	△	△	●	○	●	△	△	△	△	●	△	●	●	1	2	1
Internet das Coisas (IoT)	●	●	○	○	●	△	●	○	○	△	●	●	△	●	○	1	3	1
Realidade Aumentada (AR)	●	○	△	△	●	●	●	○	○	○	●	●	△	●	○	1	1	1
Drones e veículos aéreos não tripulados (VANTS)	●	○	△	△	○	●	●	●	△	△	●	●	△	●	○	4	4	1
Realidade Virtual (VR)	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△	△	1	1	1
Sistema de Posicionamento Global (GPS)	○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	1	1	1
Importância Absoluta	489	299	245	219	475	353	487	297	211	277	449	423	251	345	267			
Importância Relativa	1	8	13	14	3	6	2	9	15	10	4	5	12	7	11			
Benchmarking Interno	5	5	3	4	1	4	1	4	2	5	1	1	4	1	5			

Comos vesus Comos
 Fortemente positivo ●
 Positivo ○
 Negativo *
 Fortemente negativo ◇

Quês vesus Comos
 Relações fortes ● - 9
 Relações médias ○ - 3
 Relações fracas △ - 1